

# Reservas del Sistema Eléctrico

Oscar Medina

## Introducción

A diferencia de otros bienes que están en el comercio, la energía eléctrica presenta ciertas singularidades que es preciso tener presente y que actúan como condicionantes fácticos en el momento de su utilización.

De esos condicionantes, tal vez el más importante sea el hecho de que la energía eléctrica no puede almacenarse como un bien durable, salvo que se la someta a un proceso de conversión a otra forma de energía (ej. en energía potencial en centrales de bombeo).

Es por ello que la energía eléctrica debe ser generada en el mismo instante en que es demandada por los usuarios.

La energía eléctrica en gran escala se obtiene básicamente a través de equipos generadores que la producen a partir de un fenómeno físico cuya complejidad no viene al caso describir. Lo relevante es que un generador transforma en energía eléctrica la energía mecánica aplicada a la rotación de uno de sus componentes. Dicha rotación puede obtenerse a partir de diversos medios que usualmente se utilizan para caracterizar su "fuente": turbinas de vapor, turbinas de gas, centrales hidroeléctricas, centrales nucleares, motores diesel o generadores eólicos.

Las máquinas generadoras tienen un índice de indisponibilidad para el sistema ya sea para mantenimiento estacional, para mantenimiento correctivo o por falta de combustible o agua del río (para el caso de las centrales hidroeléctricas). Además, cualquiera sea la fuente de generación, las máquinas pueden salir de servicio durante la operación diaria ya sea por fallas intempestivas o por roturas diversas.

Es por ello que para que la gestión de un sistema eléctrico de potencia sea confiable, seguro y para mantener los más elevados estándares de calidad de servicio, se deben tener presentes estas indisponibilidades de las máquinas generadoras y el sistema deberá contar con reservas suficientes en generación, transmisión y distribución para garantizar el normal abastecimiento de la demanda y la calidad de servicio.

En este artículo nos ocuparemos de las reservas eléctricas de generación de corto y mediano plazo. Las primeras, están asociadas con la operación diaria de un sistema de potencia, mientras que las segundas tienen que ver con la operación anual del parque generador de un sistema.

## Reservas Eléctricas de Corto Plazo y Mediano Plazo

Las reservas de corto y mediano plazo son las requeridas en la operación por los requerimientos de calidad y seguridad del servicio. Incluye los siguientes tipos de reserva, que se diferencian por las características y velocidad de respuesta:

### Reservas de Corto Plazo

- Reserva instantánea.
- Reserva para Regulación de Frecuencia.
- Reserva operativa de CINCO (5) minutos.
- Reserva de DIEZ (10) minutos.
- Reserva fría de VEINTE (20) minutos.
- Reserva térmica de CUATRO (4) horas.

### Reserva de Mediano Plazo

- Reserva de confiabilidad

En el Anexo 36 de LOS PROCEDIMIENTOS [1] de CAMMESA, se establece claramente que el OED (Organismo Encargado de Despacho) deberá asignar las reservas señaladas dentro de los niveles requeridos y de acuerdo con los criterios y metodologías de ofertas y disponibilidad que se definen en dicho Anexo.

El OED no podrá forzar generación para obtener la reserva requerida excepto para cumplir con el requerimiento mínimo de reserva para Regulación Primaria de Frecuencia (RPF), de

acuerdo con lo que establece el Anexo 23 de LOS PROCEDIMIENTOS [2].

En cada instante, el requerimiento de potencia para satisfacer la demanda a abastecer con la calidad y seguridad pretendida necesita que:

- Se genere la potencia para cubrir la demanda, teniendo en cuenta las pérdidas de transporte y red de distribución.
- Se mantenga, adicionalmente dentro de la demanda y/o el parque de generación del MEM en su conjunto, un nivel de reserva de corto plazo en caliente o en frío pero lista para estar rápidamente en servicio como reserva, para garantizar el seguimiento de las fluctuaciones de la demanda, la operatividad del sistema eléctrico, la calidad del servicio y la capacidad de respuesta rápida en caso de contingencias menores.
- Se mantenga, adicionalmente dentro de la demanda y/o el parque de generación del MEM en su conjunto, un nivel de reserva de corto plazo de reserva fría de VEINTE (20) minutos y reserva de CUATRO (4) horas disponible para entrar en servicio en un plazo no mayor que el indicado para cada tipo de reserva, para cubrir apartamientos prolongados, ya sea en la oferta como en la demanda.
- Se mantenga, adicionalmente dentro

del parque de generación una reserva de confiabilidad con capacidad de entregar potencia firme durante el horario de punta para la demanda no contingente del sistema.

### Reservas de Corto Plazo

- **Reserva Instantánea.** Es la reserva que aportan los relés de alivio de carga u otros elementos equivalentes. Es aportada por la demanda en su conjunto, de acuerdo con los criterios y procedimientos establecidos en los Anexos 35 y 41 de LOS PROCEDIMIENTOS.
- **Reservas para Regulación de Frecuencia.** Se consideran las siguientes:

**Regulación Primaria de Frecuencia (RPF):** Es la regulación rápida, con un tiempo de respuesta menor a 30 segundos, destinada a equilibrar los apartamientos respecto del despacho previsto, principalmente por los requerimientos variables de la demanda, cuando el sistema eléctrico se encuentra en régimen de operación normal. Se realiza a través de equipos instalados en las máquinas que permiten modificar en forma automática su producción.

Este valor debe cubrir la salida de servicio intempestiva de la máquina generadora más grande que esté rotando en el sistema. En la actualidad esta máquina es el generador de la Central Nuclear de Embalse, con 640 MW.

Generalmente esta regulación es del 5% de la potencia del parque térmico (excluyendo las nucleares) y del 10% del parque hidráulico que está entregando energía en sincronismo instante a instante.

**Regulación Secundaria de Frecuencia (RSF):** Es la acción manual o automática sobre los variadores de carga de un grupo de máquinas dispuestas para tal fin, que compensan el error final de la frecuencia resultante de la RPF.

Su función principal es absorber las variaciones de la demanda con respecto a la pronosticada para el sistema eléctrico en régimen normal. Dichas variaciones habrán sido absorbidas en primera instancia por las máquinas que participan en la RPF. La RSF permite llevar nuevamente a dichas máquinas a los valores asignados por el despacho, anulando así los desvíos de frecuencia al producirse nuevamente el balance entre generación y demanda.

Su tiempo de respuesta es del orden de varios minutos para, de ser posible de acuerdo con la magnitud de la perturbación, recuperar el valor nominal de la frecuencia.

Este valor debe ser de igual valor al de la Regulación Primaria, ya que ésta debe suplir a la misma para normalizar una situación y recuperar márgenes de regulación Primaria una vez producida una anomalía

como la salida intempestiva de servicio de un generador.

Generalmente esta regulación es del 10% de la potencia del parque hidráulico que está entregando energía en sincronismo instante a instante.

#### **Reservas Rotantes para Regulación:**

Margen de potencia rotando en reserva en una máquina térmica o central hidroeléctrica habilitada y disponible para la REGULACIÓN DE FRECUENCIA (RF) y que se puede destinar a la regulación de frecuencia.

- **Reserva Operativa de 5 Minutos.** Es la reserva rápida en máquinas, de respuesta menor o igual que CINCO (5) minutos, que permite realizar el seguimiento de demanda, complementando el servicio de Regulación de Frecuencia y garantizando la operatividad del sistema.

El nivel de reserva operativa requerido por tipo de día se determinará en la Programación Estacional que realiza CAMMESA [3] teniendo en cuenta las características de la demanda, de acuerdo con los requerimientos para mantener la operatividad del sistema eléctrico y el nivel de calidad pretendido.

Junto con la Programación Semanal de CAMMESA [3], los Generadores presentarán sus ofertas para brindar el servicio de reserva operativa estando la máquina parada. Podrán

presentar ofertas para cada máquina térmica e hidráulica habilitada para brindar este servicio estando parada. Una máquina o central será habilitada a aportar reserva operativa cuando no está generando, si demuestra su capacidad de arrancar y entregar carga dentro de un plazo no mayor que CINCO (5) minutos.

El compromiso asociado es entregar la potencia ofertada en un plazo no mayor que CINCO (5) minutos, de serle requerido por el OED deberá recomponer los valores de regulación primaria y secundaria y poder mantenerlo durante una hora.

Generalmente esta reserva la aporta el parque hidráulico que está parado fuera de sincronismo pero que está disponible para entrar en servicio en cualquier momento.

- **Reserva Operativa de 10 Minutos.** Es la reserva de respuesta menor o igual que DIEZ (10) minutos, cubierta por capacidad de generación de libre disponibilidad y/o demanda interrumpible, que permite tomar apartamientos de mayor duración y seguir los desvíos en la demanda, complementando el servicio de reserva operativa para la calidad del servicio pretendida.

El criterio para definir el nivel de reserva de DIEZ (10) minutos se determinará en la Programación Estacional, en función de las características de la demanda y la calidad

pretendida.

Diariamente, el OED determinará la necesidad de este tipo de reserva por bloques de una o más horas del día de acuerdo con el nivel de reserva operativa asignado, la forma de la curva de carga, la aleatoriedad probable de la demanda y los requerimientos de punta.

Junto con la Programación Semanal, los Generadores presentarán su oferta para brindar el servicio de reserva de DIEZ (10) minutos estando la máquina parada. Podrán presentar ofertas para cada máquina térmica e hidráulica habilitada para brindar este servicio estando parada. Una máquina o central será habilitada a aportar reserva de DIEZ (10) minutos cuando no está generando, si demuestra su capacidad de arrancar y entregar carga dentro de un plazo no mayor que DIEZ (10) minutos. El compromiso asociado es entregar la reserva ofertada (generando la reserva comprometida para el caso de máquinas o reduciendo la demanda en caso de Grandes Usuarios Interrumpibles) en un plazo no mayor que DIEZ (10) minutos de serle requerido por el OED y poder mantenerlo durante una hora.

Este valor, junto a la reserva operativa de 5 minutos, deberá recomponer los valores de regulación primaria y secundaria dentro los 10 minutos de haberse producido alguna anormali-

dad, y deberá entregar energía al SADI por la potencia comprometida durante por lo menos 1 hora.

Generalmente esta reserva la aporta el parque hidráulico que está parado fuera de sincronismo pero que está disponible para entrar en servicio en cualquier momento.

- **Reserva Fría de 20 Minutos.** Será cubierta con máquinas térmicas de punta paradas, incluyendo los grupos turbogas de los ciclos combinados, que puedan entrar en servicio y alcanzar la potencia comprometida en un tiempo no mayor que VEINTE (20) minutos y/o por Grandes Usuarios Interrumpibles que comprometen reducir su demanda en un plazo no mayor que VEINTE (20) minutos. Su objeto es contar con reserva para tomar apartamientos prolongados ante contingencias u otro tipo de imprevistos importantes.

El nivel de reserva fría se determinará en la Programación Estacional, en función de los requisitos de reserva para aleatorios prolongados y contingencias.

Junto con la Programación Semanal, los Generadores presentarán su oferta para brindar el servicio de reserva fría. Podrán presentar ofertas para cada máquina térmica de punta habilitada para ello.

Una máquina térmica de punta será habilitada a aportar reserva fría si

demuestra su capacidad de arrancar y entregar carga dentro de un plazo no mayor de VEINTE (20) minutos.

El compromiso asociado es entregar la potencia ofertada (generando la reserva comprometida para el caso de máquinas o reduciendo la demanda en caso de Grandes Usuarios Interrumpibles) en un plazo no mayor que VEINTE (20) minutos de ser requerido el arranque o reducción por el OED y poder mantenerlo durante cinco horas.

Esta reserva cumple la misma función que las reservas de 5 y 10 minutos, con la diferencia que la misma puede entrar en servicio dentro de los 20 minutos y deberá entregar energía al SADI por la potencia comprometida durante por lo menos 5 horas.

Generalmente esta reserva la aporta el parque hidráulico que está parado fuera de sincronismo pero que está disponible para entrar en servicio en cualquier momento y las turbinas de gas (TG) que cumplen con las mismas condiciones mencionadas anteriormente.

- **Reserva Térmica de 4 Horas.** Será adjudicada por el OED a las unidades Turbo Vapor (TV) y Turbo Gas (TG), o Ciclo Combinados (CC), y/o por Grandes Usuarios Interrumpibles que comprometen reducir su demanda en un plazo no mayor que una hora y por el horario de punta.

La reserva de CUATRO (4) horas será

cubierta con máquinas térmicas paradas disponibles o rotando pero fuera de sincronismo, que puedan entrar en servicio y alcanzar la potencia comprometida en el tiempo requerido.

Su objeto es contar para las bandas horarias de punta con reserva para cubrir la punta del sistema ante contingencias u otro tipo de imprevistos (restricciones de combustible, salidas intempestivas de unidades, fuera de servicio de líneas, etc.).

Las unidades habilitadas deben ser capaces de generar la potencia comprometida durante todo el período de la banda horaria de punta, ante el requerimiento del OED realizado con una anticipación de cuatro horas.

Con el envío de datos para la programación semanal los Generadores presentarán su oferta para brindar el servicio de reserva de CUATRO (4) horas. Junto con la Programación Semanal, el OED determinará el requerimiento de reserva para esa semana, pudiendo ser CERO (0). Los generadores podrán presentar ofertas para cada máquina térmica habilitada para ello. Una máquina térmica será habilitada a aportar reserva de cuatro horas si demuestra su capacidad de arrancar y entregar carga dentro en los plazos fijados precedentemente.

El compromiso asociado es entregar

la potencia ofertada (generando la reserva comprometida para el caso de máquinas o reduciendo la demanda en caso de Grandes Usuarios) en un plazo no mayor que el establecido y poder mantenerlo durante cinco horas.

Este valor debe cubrir la salida de servicio intempestiva de la máquina generadora más grande que esté rotando en el sistema o la salida de servicio intempestiva de una línea de 500 kV. En la actualidad ese evento representaría la salida de servicio de 1200 MW.

La reserva térmica de 4 horas debe cubrir durante las cinco horas de pico el faltante de energía producido por la mencionada falla intempestiva.

Generalmente estas reservas las aporta el parque térmico (excluyendo las nucleares) que están fuera de sincronismo pero disponible para entrar en servicio en las horas de pico. Si las máquinas son del tipo Turbinas de Vapor (TV), éstas están rotando en arranque a una velocidad reducida mientras no se produzca ninguna anomalía.

### Reserva de Mediano Plazo

**Reservas de Confiabilidad.** Es la reserva de generación en condiciones de operar durante los picos del sistema, para cubrir la demanda máxima del mismo.

El nivel de reserva requerido para cada

mes se determinará conforme lo establezca expresamente la Secretaría de Energía, donde la generación hidráulica podrá ofertar hasta su potencia máxima mensual neta en condiciones de mantener durante el horario de punta de un día con el NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%) de probabilidad de excedencia. La generación térmica y cogeneración podrá ofertar su potencia efectiva neta. Las máquinas o centrales con potencia comprometida en contratos de exportación no podrán ofertar reserva de confiabilidad por la potencia comprometida en exportación.

Junto con la programación de invierno y con la base de datos estacional los generadores hidroeléctricos y térmicos, así como los cogeneradores, podrán ofertar para cada mes del año la potencia y el precio al cual están dispuestos a brindar este servicio.

El compromiso asociado es mantener el equipamiento de generación disponible durante las horas que se remunera potencia y estar en condiciones de entregar la potencia ofertada en un plazo no mayor que el tiempo de arranque y parada de la base de datos del sistema y poder mantenerlo, para las centrales hidráulicas durante cinco horas y para las térmicas durante las horas de pico.

Para elaborar una hipótesis en esta materia, se requiere que con anterioridad se determine la demanda pico máxima anual y la composición relativa

de la oferta de generación para abastecer dicha demanda. Esto responde a dos cosas: al impacto que en estas reservas provocan un escenario alta o baja de hidráulicidad de los ríos en las centrales hidroeléctricas que se consideren y al índice de indisponibilidad que suele

presentar el parque térmico (actualmente ronda el 25%).

No obstante, en una primera aproximación, se puede decir que un 12% de la oferta total debería ser destinada a reservas de mediano plazo.

## Conclusiones

Un sistema eléctrico moderno debe contar con un margen importante de reservas en generación, transmisión y distribución para ser seguro, confiable y mantener buenos estándares de calidad de servicio.

En lo que respecta a generación, el autor estima que un 12% de la potencia demandada total debería ser destinada como reservas de corto plazo, las cuales tienen que ver con la operación diaria del sistema.

De ese valor, el 7,2% deberá ser utilizado como reserva para regulación de frecuencia (tanto primaria como secundaria) y el 4,8% debería ser destinado como reserva operativa de 5,

10 y 20 minutos.

Además, se considera pertinente disponer de 1200 MW como reserva térmica de 4 horas para cubrir (en horas pico) la salida de servicio intempestiva de la máquina generadora más grande que esté rotando en el sistema o la salida de servicio intempestiva de una línea de 500 kV.

En lo que comprende a las reservas de mediano plazo, en una primera aproximación se puede decir que un 12% de la oferta total sería suficiente para cubrir más que nada el alto índice de indisponibilidad térmica que en la actualidad llega a ser del 25% promedio.

## Referencias

- 1 - Anexo 36 de LOS PROCEDIMIENTOS CAMMESA
- 2 - Anexo 23 de LOS PROCEDIMIENTOS CAMMESA
- 3 - CAMMESA - <http://www.cammesa.com.ar/>