

Guía de Verificación de Servicios Complementarios

Partida Autónoma y Aislamiento Rápido

Versión 1

Junio 2020

Guía de Verificación de Servicios Complementarios
Partida Autónoma y Aislamiento Rápido

Rev.	Fecha	Comentario	Realizó	Revisó / Aprobó
1	01.06.2020	Documento Base	Eduardo González Raicit Guevara Nelson Jiménez Cristian Reyes	Gretchen Zbinden Rodrigo Espinoza

Contenido

1. PARTIDA AUTÓNOMA (PA)	4
1.1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO	4
1.2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS	4
1.3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA	5
1.4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS	5
1.5. ENSAYOS A EJECUTAR	6
1.5.1. Independencia Operativa de la Unidad Generadora	6
1.5.2. Tiempo de Establecimiento en Vacío con la Unidad Aislada	7
1.5.3. Tiempo de Estabilización de Carga con la Unidad Operando en Isla.	8
1.5.4. Medición del Gradiente de Toma de Carga (máxima)	9
1.5.5. Determinación del Tiempo de Detención Máximo para Arranque en Caliente (para unidades térmicas)	9
1.5.6. Medir el Tiempo de Partida en Frío	10
1.5.7. Tiempo de Autonomía	11

2. AISLAMIENTO RÁPIDO (AR)	12
2.1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO	12
2.2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS	12
2.3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA	13
2.4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS	13
2.5. ENSAYOS A EJECUTAR	14
2.5.1. Ensayos del Sistema de (By-Pass)	14
2.5.2. Pruebas de Funcionamiento Estable de la Unidad Aislada de la Red	15
2.5.3. Prueba de Escalón en la Referencia de Frecuencia con la Unidad Aislada de la Red	15
2.5.4. Ensayo de Escalón de Carga con Máquina Aislada (con modelo homologado)	15
2.5.5. Ensayo de Escalón de Carga con la Unidad Generadora en Isla	16
2.5.6. Verificación de Limitación por Control por Temperatura en Turbinas a Gas	16

3. INFORME TÉCNICO	18
---------------------------	-----------

4. ANEXO A: INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES	19
---	-----------

5. ANEXO B: LISTADO DE VARIABLES	22
---	-----------

1. PARTIDA AUTÓNOMA (PA)

1.1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO

Partida Autónoma corresponde a la capacidad de una unidad generadora o sistema de almacenamiento que, encontrándose fuera de servicio, puede iniciar el proceso de partida de sus instalaciones, energizar líneas y tomar carga, sin contar con suministro de electricidad externo.

1.2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS

La prueba tiene por objetivo verificar la capacidad de la unidad generadora o sistema de almacenamiento de energía de disponer de las condiciones técnicas que permitan frente a una situación de apagón del sistema interconectado (SI), la partida de la unidad generadora sin contar con alimentación eléctrica desde el SI y encender la unidad, sincronizar y tomar carga hasta la potencia máxima disponible, conforme a las exigencias establecidas en el TITULO 3-9 de la NT de SSCC y al Estudio para Plan de Recuperación de Servicio.

Las unidades que presten el SC de PA se dividen en dos categorías:

- a) Las que requieren de equipamiento adicional para su partida como grupos electrógenos o banco de baterías y
- b) Unidades de combustión interna que son capaces de realizar su proceso sin equipamiento adicional de partida.

Las instalaciones deberán ser a los menos capaces de:

- a) Dispone de capacidad de operación independiente del resto del Sistema Eléctrico.
- b) Dispone de todo el equipamiento necesario para una adecuada implementación del requerimiento que defina el Coordinador.
- c) Es capaz de operar de forma estable con el controlador velocidad –potencia en el modo control de carga.

Para la verificación de los recursos técnicos cada instalación para participar en el servicio de partida autónoma del PRS, se deberá demostrar capacidad de:

- i. Partir desde cero tensiones, sin alimentación de servicios auxiliares desde el Sistema Eléctrico.
- ii. Partir en un tiempo máximo específico definido conforme a su tecnología, la factibilidad de sus instalaciones, y de acuerdo con lo señalado por el fabricante y las pruebas efectuadas.
- iii. Operar a plena carga después de un tiempo máximo específico y definido conforme a su tecnología, la factibilidad de sus instalaciones, y a lo señalado por el fabricante y las pruebas efectuadas.
- iv. Mantenerse operando a plena carga durante un tiempo mínimo específico definido por el Coordinado conforme a sus características técnicas, así como al combustible declarado disponible para autoabastecerse, o la disponibilidad de su recurso primario para generación. Los alcances y requerimientos de este SSCC se encuentran indicadas en el Estudio para Plan de Recuperación de Servicio.

El propietario prestador del servicio deberá tener disponible toda la información técnica necesaria y cualquier otra que el experto técnico que realiza las pruebas requiera para verificar que la unidad generadora dispone de capacidad de operación independiente (partida, sincronización a la red, toma de carga y operación a plena carga) sin requerir energía de la red del SI, para la realización del protocolo de pruebas para la verificación de las capacidades de las distintas instalaciones para realizar partida Autónoma en cualquiera de sus modos, siendo al menos necesaria la siguiente documentación:

- a) Información técnica de las instalaciones, acorde a lo definido en Anexo A.
- b) Información técnica relativa a los modos de operación de la instalación, especificando las características y condiciones en que cada uno es usado.
- c) Disponibilidad de combustibles e insumos requeridos para una segura operación.

1.3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

Todos los equipos de medición de variables eléctricas a ser utilizados en los procesos de verificación deben ser de Clase 0,5 o superior, adicionalmente como mínimo el equipamiento utilizado deberá ser capaz de:

- a) Almacenar los valores capturados en unidades de medida (por ejemplo: V, mA) sin ser afectados por escalas, filtros u otras adaptaciones.
- b) Registrar las variables medidas con una frecuencia de muestreo tal, que garantice la legibilidad del proceso observado.
- c) Poseer una resolución mayor o igual a 12 bits.
- d) Presentar un error máximo a fondo de escala de 0.5%.

En los casos en que los sistemas de control sean de tecnología digital, se podrán utilizar los registros tomados directamente del sistema de control, siempre y cuando se verifique que la frecuencia de muestreo y la resolución con que se almacenan los valores, cumplen con lo requerido para la prueba.

Los equipos de medición de variables de proceso involucradas en la verificación deberán estar calibrados y disponibles para poder analizar los datos que permitan asegurar que la unidad cumple con los requerimientos de estabilidad, tiempo y seguridad en operación y durante una partida autónoma.

En el Anexo B se indica el listado de parámetros que deberán estar disponibles para el análisis, no siendo limitados a estos datos.

Al culminar la verificación en campo, el Coordinado entregará al Experto técnico la totalidad de los datos en formato digital para su adecuado procesamiento, e impresos para su verificación inicial, conteniendo el archivo al menos, nombre de la variable, Tag, escala, unidad de medida, fecha y hora.

1.4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS

Antes del inicio de los ensayos deben realizarse las verificaciones de los principales sistemas de control, sistemas y equipos de medida, protecciones y equipos e instrumentos relevantes a fin de garantizar su correcto desempeño durante las pruebas, por lo que se debe realizar y documentar las siguientes actividades:

- a) Se debe verificar visualmente que, el cableado e identificación de equipos estén conforme a plano y diseño de ingeniería implementado en cada uno de los circuitos involucrados, como son:

- i. Circuitos de medición y/o adquisición.
 - ii. Circuitos de control y operación de equipos.
 - iii. Esquemas de control y comunicación.
- b)** Se debe verificar en sitio, que se disponga de los recursos necesarios para establecer la verificación de los equipos y variables controladas requeridas para la prueba.
- i. PC y Software.
 - ii. Cables de conexión.
 - iii. Equipos o maleta de prueba (registros de planta o externos).
 - iv. Personal con conocimiento para la operación de estos equipos.
 - v. Comprobar que la documentación de planta entregada corresponde a las condiciones de terreno y son las vigentes.

1.5. ENSAYOS A EJECUTAR

Los ensayos que se detallan en esta sección tienen por finalidad evaluar la capacidad de partida de la unidad, las características técnicas disponibles para esta partida, la respuesta del controlador potencia-frecuencia, tiempos involucrados en sus procesos durante la partida autónoma, ajuste de protecciones, y servicios auxiliares de la unidad generadora, a efectos de determinar las características de la capacidad de Partida Autónoma de la misma, luego de un apagón parcial o total del SI.

Para otras tecnologías, el Experto Técnico y el Coordinado deben evaluar las condiciones particulares a verificar en cada ensayo y especificar esto en el protocolo específico de la instalación, debiendo ser validado por el Coordinador.

1.5.1. Independencia Operativa de la Unidad Generadora

El Coordinado debe realizar las maniobras operativas necesarias a efectos de demostrar que la unidad generadora o Sistema de Almacenamiento de Energía dispone de capacidad de operar independiente del resto de las instalaciones de generación y/o almacenamiento de energía.

El Coordinado debe poner en servicio sus equipos y hacer partir la unidad sin alimentación del SI, o Sistema de Almacenamiento de Energía desde tensión cero, sin alimentación de servicios auxiliares desde el Sistema Eléctrico.

Durante las pruebas de puesta en servicio se registrarán al menos los siguientes parámetros:

- i. Tiempo requerido para disponer de alimentación eléctrica a los servicios auxiliares mínimos necesarios para hacer partir la unidad generadora (bombas, compresores, ventilación, sistemas de control y protecciones, entre otros.). Tiempo de arranque del generador de respaldo, estabilización de tensión y frecuencia hasta cierre de alimentación interna de la central.
- ii. Tiempo requerido para la disponibilidad de los servicios auxiliares mínimos para el arranque de la unidad medidos desde cero tensiones.
- iii. Tiempo total de energización de la barra de media tensión.

- iv. Tiempo de verificación y alimentación eléctrica a los auxiliares de la unidad generadora principal
- v. Tiempo hasta la orden de partida de la unidad generadora principal (desde la detección de falta de tensión en barras de media tensión).
- vi. Tiempo de partida de la unidad generadora principal, desde la orden de partida hasta alcanzar velocidad de sincronismo a barra muerta (FSNL: full speed no load).
- vii. Tiempo de cierre del interruptor en condición de barra muerta y energización de la red de alta tensión.
- viii. Tiempo desde la sincronización de la unidad hasta alcanzar mínimo técnico.
- ix. Tiempo desde mínimo técnico a potencia máxima disponible comprometida.
- x. Para unidades que por restricciones de carácter ambiental declaran en la operación MT ambiental, deben indicar los tiempos intermedios desde MT a MT ambiental.

1.5.2. Tiempo de Establecimiento en Vacío con la Unidad Aislada

Se debe evaluar la calidad del control de frecuencia que tiene la unidad durante la operación en red aislada. Además, evaluar la estabilidad del lazo de control de frecuencia (calidad) frente a un pequeño escalón en la consigna de frecuencia, con la unidad generadora o Sistema de Almacenamiento de Energía operando en red aislada.

- i. Con la unidad generadora operando aisladamente del SI a una frecuencia de 49,5 Hz, y con la turbina girando en vacío, se aplica un pequeño escalón ($\approx 2\%$) en la consigna de velocidad registrando el comportamiento de la frecuencia/velocidad de la unidad generadora. Sobre los registros obtenidos se mide el sobrevalor y el tiempo de establecimiento ($\pm 10\%$) en torno al valor final esperado de la velocidad, una vez aplicado el escalón en la referencia de velocidad

Para este ensayo, partiendo de una velocidad correspondiente a 50 Hz, debe modificarse la consigna de velocidad a 49,5 Hz y esperar que la frecuencia se establezca durante algunos minutos. Posteriormente se debe incrementar la consigna de velocidad de 49,5 a 50,5 Hz en un único paso (escalón), registrando el comportamiento de la frecuencia o velocidad. Como resultado se obtienen registros como el de la figura 1.

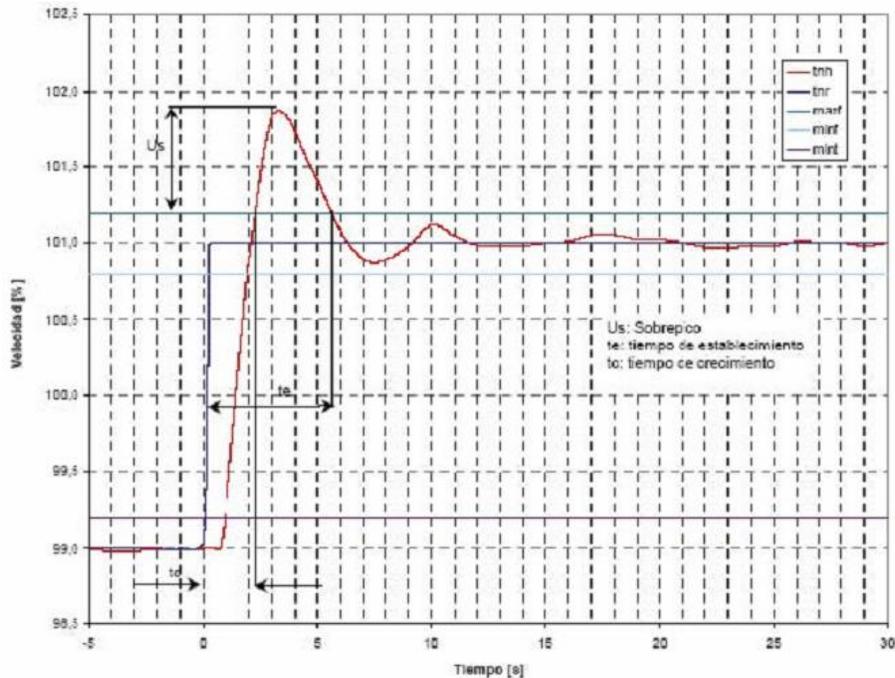


Figura 1

Como ejemplo: A partir del registro de velocidad medida y de referencia de velocidad de Figura 11, se calcularon los siguientes parámetros: Tiempo de establecimiento ≈ 6 segundos, Tiempo de crecimiento ≈ 2 segundos.

Siendo el Tiempo de crecimiento (T_r) y establecimiento (T_s) medidos sobre la respuesta en potencia (T_r : tiempo que demora la señal en pasar del 10 % al 90 % del valor final; T_s : tiempo necesario para que la señal ingrese dentro de una banda de ± 10 % alrededor del valor final deseado).

1.5.3. Tiempo de Estabilización de Carga con la Unidad Operando en Isla.

De ser factible, se coordinará con el centro de control del Coordinado y el CDC la alimentación de una carga aislada del SI desde la unidad generadora en ensayo.

Con la unidad con carga y partiendo de una velocidad correspondiente a 50 Hz, debe modificarse la consigna de velocidad equivalente a 49,5 Hz y esperar que la frecuencia se estabilice durante algunos minutos.

Posteriormente se debe incrementar la consigna de velocidad de 49,5 a 50,5 Hz en un único paso (escalón), registrando el comportamiento de la frecuencia o velocidad con un tiempo de muestreo máximo de 0.5 segundos, hasta la estabilización de esta última en un rango de $\pm 5\%$ de la carga alimentada durante el ensayo.

En el caso de motores, los ensayos se realizarán sobre el conjunto de unidades que se hayan instruido a la prestación del SC.

1.5.4. Medición del Gradiente de Toma de Carga (máxima)

Este ensayo tiene la finalidad de verificar que la unidad generadora puede aumentar en forma controlada su generación. Se registrará su comportamiento para evaluar la estabilidad y gradiente de toma de carga del controlador de velocidad para su control de carga, frente a un pequeño incremento de generación.

Si la unidad dadas sus características técnicas y su tecnología pudiera tener tasas de toma carga diferentes en distintos niveles de operación conforme a lo indicado por el fabricante, estos deberán ser ensayados en forma independiente desde MT a potencia Máxima.

- i. Se hace operar la unidad a su potencia declarada de Mínimo Técnico y el operador accionara manualmente la carga o seleccionara un set point de carga mayor de manera de que el controlador de carga aumente la carga en la unidad (apertura gradual de válvulas de combustible para turbinas a gas, válvulas de vapor para turbinas a vapor, válvulas o distribuidores de unidades hidráulicas; para motores de combustión interna no aplica), a efectos de verificar cual es la tasa de toma de carga mínima y máxima en [MW/min] de la misma.

Se registrará conforme al anexo B, las variables necesarias para el análisis del comportamiento estable y seguro de la unidad, como son, posición de válvulas, salida del controlador si está disponible la señal, carga de la unidad, y todas variables que permitan verificar el comportamiento dinámico de la unidad.

- ii. Se deberá adicionalmente registrar las variables eléctricas como, la tensión terminal en los bornes del generador (V_t), potencia activa, potencia reactiva, frecuencia, y toda variable que permita verificar el comportamiento estable de la unidad durante la de toma de carga.

1.5.5. En el caso de motores, los ensayos se realizarán sobre el conjunto de unidades que se hayan instruido a la prestación del SC.Determinación del Tiempo de Detención Máximo para Arranque en Caliente (para unidades térmicas)

Se define como “Tiempo de detención máximo para arranque en caliente” al lapso máximo desde la detención del eje de la unidad generadora (condición velocidad: 0 % RPM) durante el cual la máquina puede ser nuevamente arrancada sin necesidad de una rotación previa (virado o similar), (típico 20 minutos).

- i. Con la unidad generadora operando a mínimo técnico, se opera un rechazo de carga (unidad en MT o carga a definir en acuerdo con el CDC), hasta constatar la detención completa del rotor (condición velocidad: 0%). A partir de este instante se contabilizará el tiempo en que la unidad puede partir nuevamente.
- ii. Transcurrido el lapso declarado por el Coordinado como “Tiempo de detención máximo para arranque en caliente”, se procederá a la secuencia normal de partida de la unidad.
- iii. Se registrará el tiempo transcurrido desde la orden de partida hasta el sincronismo con el SI como “Tiempo de partida en caliente sin virado”.

a) Verificación del Tiempo Mínimo de Virado

Si durante el ensayo descrito anteriormente, la detención del eje de la máquina ha ocurrido (condición velocidad: 0 % RPM) y ha transcurrido un tiempo superior al “Tiempo de detención máximo para arranque en

caliente” desde la detención del eje, no deberá intentarse un arranque sin un virado previo durante el tiempo determinado por los manuales del fabricante y la experiencia previa del Coordinado operador de la unidad, el cual será informado previamente por el Coordinado (típico 2 horas) para la realización de las pruebas para todas las configuraciones de la unidad.

Este parámetro se verificará del informe de parámetros de partida y detención vigente para la unidad, sin perjuicio de esto, para unidades en revisión de parámetros y para las nuevas unidades que presten este SC, deberán ejecutar el siguiente ensayo:

- i. Para verificar este parámetro se deben repetir las maniobras detalladas en 1.5.5, literal a) de este documento o bien realizarlo durante una detención programada de la unidad generadora, donde el tiempo sea superior al tiempo de detención máximo para arranque en caliente.

En estas condiciones, el operador procederá a la secuencia normal de arranque a la máxima velocidad posible, registrando el tiempo mínimo del proceso de virado. Se registrará el tiempo transcurrido desde la orden de arranque hasta el sincronismo con el SI.

b) Medir el Tiempo de Partida en Caliente

Este parámetro se verificará del informe de parámetros de partida y detención vigente para la unidad, sin perjuicio de la información disponible, para unidades en revisión de parámetros y para las nuevas unidades que presten este SC, deberán ejecutar el ensayo para determinar los tiempos de arranque de la unidad en estado térmico caliente, siendo este tiempo menor al declarado para condición fría.

El ensayo de verificación de este parámetro consiste en realizar una partida de la unidad en condición caliente. Después de una detención programada de la unidad generadora con el tiempo de detención necesario para que la unidad no alcance el estado para una partida en frío conforme a las definiciones del fabricante.

En estas condiciones, el operador procederá a la secuencia normal de partida de la unidad hasta sincronizar, alcanzar mínimo técnico y posteriormente alcanzar la potencia máxima, contabilizando los parámetros conforme al Anexo de Determinación de Parámetros de Partida y Detención en Unidades Generadoras .

Estos ensayos no aplican para motores de combustión interna en forma aislada, sino, para la central completa con todos los motores en funcionamiento.

1.5.6. Medir el Tiempo de Partida en Frío

Este parámetro se verificará del informe de parámetros de partida y detención vigente para la unidad, sin perjuicio de la información disponible, para unidades en revisión de parámetros y para nuevas unidades se debe ejecutar el ensayo para determinar los tiempos de arranque de la unidad en estado térmico frío.

- i. El ensayo de verificación de este parámetro consiste en realizar una partida de la unidad en condición fría. Después de una detención programada de la unidad generadora con el tiempo de detención necesario para que la unidad alcance el estado para una partida en frío conforme a las definiciones del fabricante.
- ii. En estas condiciones, el operador procederá a la secuencia normal de partida de la unidad hasta sincronizar, alcanzar mínimo técnico y posteriormente alcanzar la potencia máxima, contabilizando

los parámetros conforme al Anexo de Determinación de Parámetros de Partida y Detención en Unidades Generadoras.

1.5.7. Tiempo de Autonomía

Este parámetro se determinará estableciendo el tiempo máximo que la unidad puede operar a plena carga conforme a sus características técnicas, así como al combustible declarado disponible para autoabastecerse, o la disponibilidad de su recurso primario para generación, medido en horas desde que la unidad alcance la potencia máxima para esta condición de operación.

Para ello, se usarán los parámetros operacionales vigentes a la fecha de la verificación. En caso que alguno de los parámetros operacionales claves para este cálculo sea modificado, deberá actualizarse el tiempo de autonomía.

2. AISLAMIENTO RÁPIDO (AR)

2.1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO

Definición de Aislamiento Rápido:

Corresponde a la capacidad de una unidad generadora o sistema de almacenamiento para continuar operando en forma aislada, alimentando sólo sus servicios auxiliares, tras su desconexión intempestiva del sistema a consecuencia de un apagón total o parcial.

2.2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS

El objetivo de los ensayos relativos a este SC, es el de verificar que las unidades generadoras, o sistema de almacenamiento, sus equipos e instalaciones, tengan la capacidad técnica de cumplir con los requisitos establecidos en el Informe de SSCC vigente, tras su desconexión intempestiva del sistema a consecuencia de una situación de interrupción del servicio eléctrico (apagón total o parcial), manteniendo su operación de forma aislada, alimentando solo sus servicios auxiliares a través de la actuación del controlador potencia-frecuencia (GOV), protecciones y servicios auxiliares de la unidad.

Las unidades que presten el SC de AR, deberán al menos establecer el tiempo mínimo en el cual la instalación puede operar en forma estable alimentado solo sus servicios auxiliares, como también aquellos aspectos técnicos referidos a la coordinación de protecciones y automatismos para la operación en isla.

Las instalaciones deberán ser a los menos capaces de:

- a) Demostrar la capacidad de mantener la alimentación de sus servicios auxiliares ante una desconexión intempestiva producto de apagón total o apagón parcial del Sistema Eléctrico.
- b) Verificar la correcta operación del sistema de “by-pass” y/o conmutación de alimentación de servicios auxiliares de la unidad generadora o Sistema de Almacenamiento de Energía.
- c) Verificar la coordinación de las protecciones y automatismos de la unidad o Sistema de Almacenamiento de Energía con otras protecciones del Sistema Eléctrico.
- d) Demostrar la capacidad de operar en forma estable alimentando sólo sus servicios auxiliares durante un tiempo máximo específico.
- e) Para el caso de turbinas a vapor, realizar ensayos del lazo de control automático de velocidad/carga de la unidad generadora, a efectos de identificar con precisión la respuesta dinámica de este sistema de control incluyendo automatismos asociados, como el cierre rápido de válvulas (fast valving) o reducción controlada de generación (RCG), frente a rechazos de carga superiores al 50 % de la potencia nominal.
- f) Mantener frecuencia estable para lo cual se efectuará la evaluación de la estabilidad del lazo de control de frecuencia frente a un pequeño escalón en la consigna de frecuencia, con la unidad generadora o Sistema de Almacenamiento de Energía operando en red aislada.
- g) Para el caso de turbinas a gas se evaluará de la estabilidad del lazo de Control de Frecuencia (velocidad-carga) frente a un abrupto descenso o aumento de la frecuencia.

Al culminar la verificación en campo, el Coordinado entregará al Experto técnico la totalidad de los datos en formato digital para su adecuado procesamiento, e impresos para su verificación inicial.

Para la verificación de los recursos técnicos cada instalación para participar en el servicio de partida autónoma del PRS, deberá demostrar su capacidad de AR, realizando al menos los siguientes ensayos.

2.3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

Todos los equipos de medición de variables eléctricas a ser utilizados en los procesos de verificación deben ser de Clase 0,5 o superior, adicionalmente como mínimo el equipamiento utilizado deberá ser capaz de:

- a) Almacenar los valores capturados en unidades de medida (por ejemplo: V, mA) sin ser afectados por escalas, filtros u otras adaptaciones.
- b) Registrar las variables medidas con una frecuencia de muestreo tal, que garantice la legibilidad del proceso observado.
- c) Poseer una resolución mayor o igual a 12 bits.
- d) Presentar un error máximo a fondo de escala de 0.5%.

En los casos en que los sistemas de control sean de tecnología digital, se podrán utilizar los registros tomados directamente del sistema de control, siempre y cuando se verifique que la frecuencia de muestreo y la resolución con que se almacenan los valores, cumplen con lo requerido para la prueba.

Los equipos de medición de variables de proceso involucradas en la verificación deberán estar calibrados y disponibles para poder analizar los datos que permitan asegurar que la unidad cumple con los requerimientos de estabilidad, tiempo y seguridad en operación y durante una partida autónoma.

En el Anexo B se indica el listado de parámetros que deberán estar disponibles para el análisis, no siendo limitados a estos datos.

Al culminar la verificación en campo, el Coordinado entregará al Experto técnico la totalidad de los datos en formato digital para su adecuado procesamiento, e impresos para su verificación inicial, conteniendo el archivo al menos, nombre de la variable, Tag, escala, unidad de medida, fecha y hora.

2.4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS

Antes del inicio de los ensayos deben realizarse las verificaciones de los principales sistemas de control, sistemas y equipos de medida, protecciones y equipos e instrumentos relevantes a fin de garantizar su correcto desempeño durante las pruebas, por lo que se debe realizar y documentar las siguientes actividades:

- a) Se debe verificar visualmente que, el cableado e identificación de equipos estén conforme a plano y diseño de ingeniería implementado en cada uno de los circuitos involucrados, como son:
 - i. Circuitos de medición y/o adquisición.
 - ii. Circuitos de control y operación de equipos.
 - iii. Esquemas de control y comunicación.

- b) Se debe verificar en sitio, que se disponga de los recursos necesarios para establecer la verificación de los equipos y variables controladas requeridas para la prueba.
- i. PC y Software.
 - ii. Cables de conexión.
 - iii. Equipos o maleta de prueba (registros de planta o externos).
 - iv. Personal con conocimiento para la operación de estos equipos.
 - v. Comprobar que la documentación de planta entregada corresponde a las condiciones de terreno y son las vigentes.

2.5. ENSAYOS A EJECUTAR

2.5.1. Ensayos del Sistema de (By-Pass)

Esta prueba se relaciona con la conmutación a aislamiento del generador alimentando sus Servicios Auxiliares y la operación de válvulas de control de carga.

Dado lo anterior, esta prueba se aplica a aquellas instalaciones de generación que disponen del automatismo que les permite mantener o conmutar la alimentación de servicios auxiliares desde la red a servicios de alimentación propios, válvulas de control rápido (válvulas del tipo “fast-valving” o “early valve actuation”) que permiten descargar la unidad y con sistemas de control ajustados para mantenerse en servicio en forma aislada del SI u operando la unidad alimentado un pequeño sistema en isla.

- i. Mediante el rechazo de la totalidad de la carga conectada a la unidad operando a potencia máxima se debe verificar la aptitud técnica de los sistemas de “by pass” y servomecanismos previstos para soportar la desconexión de la unidad generadora de la red y reducir carga muy rápidamente, manteniendo el suministro a sus propios servicios auxiliares, operando de forma estable pudiendo mantener la unidad operando en alguna de las siguientes condiciones:
 - Unidad en servicio alimentando un sistema aislado previamente definido y recuperar y/o mantener carga.
 - Unidad en servicio alimentando sus servicios auxiliares propios desconectada de la red y mantenerse por un tiempo definido en espera de conectarse nuevamente a la red y recuperar carga conforme a los requerimientos del Coordinador.
- ii. Para el caso de turbinas a vapor se debe probar la respuesta mediante un ensayo al sistema de cierre rápido de válvulas o “fast-valving” provocando un rechazo de carga cercano al 100 % de la potencia nominal de la unidad y verificar la adecuada respuesta y el mantenimiento de la unidad en servicio.
- iii. Para unidades Hidráulicas se debe probar la respuesta de la unidad ante un rechazo de carga con la unidad operando a su potencia máxima (o cargas definidas por el fabricante o el operador de la unidad) y verificar la correcta operación de los deflectores y/o mecanismo de reducción de carga rápidos de manera de mantener la unidad en servicio tal como se señala en litera i).
- iv. Se deberá verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos asociados al controlador de la unidad gobernador y elementos primarios de control (posición de válvulas, flujo de combustible, vapor, etc.) y la coordinación con otros sistemas de control y las protecciones propias de la unidad.

- v. El Coordinado deberá entregar el estudio y ajustes de coordinación de protecciones y automatismos para la operación segura, conforme a las características de su configuración en el SI al encontrarse bajo cualquier condición de operación (aislado, isla).

Para la totalidad de las pruebas se debe verificar la correcta coordinación de las protecciones asociadas al sistema de red y la unidad de manera de asegurar la operación segura ante un evento de desconexión intempestiva.

Para demostrar la capacidad de operar en forma estable alimentando sólo sus servicios auxiliares durante un tiempo específico, se establecerá conforme a la información del fabricante, y pruebas empíricas, el tiempo máximo en que la unidad puede operar en la condición aislada.

2.5.2. Pruebas de Funcionamiento Estable de la Unidad Aislada de la Red

Con la unidad operando aislada de la red, operando estable y alimentando únicamente sus servicios auxiliares, se registrará la tensión por al menos 30 minutos en bornes del generador, la frecuencia, potencia activa y reactiva, y los parámetros críticos de la unidad (temperaturas, presión, posición válvulas, flujos, etc.) para verificar el funcionamiento estable de la unidad conforme a los estándares del fabricante y los ajustes esperados del controlador de la unidad.

Se debe verificar la operación estable de la excitación de la unidad y que la tensión en bornes permanezca en la banda de $\pm 1\%$, y el gobernador de la unidad deberá mantener la frecuencia en la banda de $\pm 0.1\text{Hz}$.

Para motores de combustión interna, el tiempo de operación en vacío será establecido conforme a lo recomendado por el fabricante.

2.5.3. Prueba de Escalón en la Referencia de Frecuencia con la Unidad Aislada de la Red

El objetivo del ensayo es evaluar la calidad del control de frecuencia que tiene la unidad durante la operación en red aislada.

- i. Estando la unidad operando en forma estable en 50 Hz, conforme a los requerimientos del numeral 2.5.2, se realizará una modificación de la consigna de velocidad desde 50 Hz a 49.5 Hz.
- ii. Una vez lograda la estabilidad de la unidad se debe variar la velocidad desde 49,5 Hz a aproximadamente 50,5 Hz en un salto único (escalón).
- iii. Para ambos casos, se debe registrar el comportamiento de la frecuencia/velocidad de la unidad y el tiempo de establecimiento.

2.5.4. Ensayo de Escalón de Carga con Máquina Aislada (con modelo homologado)

Se requiere evaluar la respuesta del GOV y turbina para el caso que la unidad generadora opere aislada, alimentando una carga local de potencia constante.

- i. El ensayo consiste en la simulación de un aumento del 5% de la potencia eléctrica demandada y se debe registrar la evolución de la velocidad rotórica y la potencia entregada por la turbina medida en los bornes del generador.

- ii. Esta simulación se realizará utilizando el modelo homologado del GOV, para cada modo de operación del GOV.

En el caso de motores, los ensayos se realizarán sobre el conjunto de unidades que se hayan instruido a la prestación del SC.

2.5.5. Ensayo de Escalón de Carga con la Unidad Generadora en Isla

Esta es una prueba efectiva, la que debe ser realizada en coordinación con el CDC. Dado lo anterior, se coordinará con el Centro de Control del Coordinado y el CDC, la alimentación de una carga aislada del SI desde la unidad generadora en ensayo.

- i. El CDC solicitará incrementar la carga de la unidad con escalones de carga inferiores al 5% de la potencia nominal de turbina con una rampa de ascenso no superior al gradiente normal de toma de carga de la unidad.
- ii. El Operador de la Central deberá verificar las condiciones de Frecuencia y Tensión de la barra de salida, luego de cada conexión de Carga, y comunicar la situación, en comunicación a teléfono abierto con el centro de control del Transmisor y el CDC.
- iii. El experto técnico registrará todas las variables primarias de la prueba de manera de verificar estabilidad de la unidad, tiempos de respuesta, tasa de toma de carga, y todas las variables relevantes para verificar el comportamiento estable y seguro de la unidad. (tensión y frecuencia en bornes, tensión en barra, frecuencia en barra, potencia reactiva, tensión y corriente de campo, variables de proceso, etc.).

2.5.6. En el caso de motores, los ensayos se realizarán sobre el conjunto de unidades que se hayan instruido a la prestación del SC. Verificación de Limitación por Control por Temperatura en Turbinas a Gas

Este ensayo tiene la finalidad de verificar el adecuado funcionamiento del lazo de control de temperatura de la turbina, a efectos de garantizar que el grupo turbina-generador no será desconectado por la protección de temperatura máxima (combustión y/o escape) durante grandes caídas de la frecuencia en el SI. Para ello se inyecta una señal de error de frecuencia en la turbina a gas, para verificar la limitación del control por temperatura.

Con la unidad generadora operando al 95% de la potencia máxima de la unidad, operando en modo regulación de frecuencia (control de velocidad/carga), se introduce una señal “escalonada” (conforme a la tabla 1), en la referencia de frecuencia del GOV de la TG. La señal de frecuencia a inyectar debe aproximarse a lo indicado en la tabla siguiente:

Tabla 1

TIEMPO	ERROR EN LA FRECUENCIA
0	0
2 seg.	-2 Hz
30 -40 seg.	-1 Hz
100 seg.	-1Hz
105 – 110 seg.	0

Se deben registrar al menos los siguientes parámetros, la perturbación aplicada, las señales que compiten por el control de la válvula de admisión de combustible a la cámara de combustión (salidas de los controles de velocidad, temperatura, carga y aceleración), posición de las válvulas de combustible, caudal de aire de entrada al compresor, temperatura de gases de escape, temperatura de combustión, potencia eléctrica, frecuencia, y toda otra variable necesaria para verificar el comportamiento de la unidad y sus protecciones asociadas (y/o homologar el modelo del GOV de la TG apto para grandes variaciones de la frecuencia en el SI).

3. INFORME TÉCNICO

En la fecha definida en el calendario de entrega de informes el experto técnico enviará al Coordinador y a la Empresa Generadora el acta de la prueba y un informe técnico para la prueba de Partida Autónoma o Aislamiento Rápido que respalda los datos informados por el Coordinado, consistirá en un documento que describa los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, que contendrá la memoria de cálculo, análisis, registros de las mediciones consignadas en el acta de la prueba y las conclusiones obtenidas. Posterior a la entrega por parte del experto técnico, el informe y el acta serán revisados y analizados para su posterior publicación en el sitio web del Coordinador.

El informe técnico deberá contener, como mínimo, los siguientes puntos y datos:

- a) Antecedentes técnicos de la unidad.
- b) Recomendaciones del fabricante de operación en PA o AR.
- c) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- d) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.
- e) Responsable o responsables del ensayo, cuya firma deberá constar al final del mismo y en las hojas de cálculo.
- f) Objeto del ensayo
- g) Descripción técnica de los equipos principales
- h) Descripción del ensayo
- i) Memoria técnica del procedimiento: condiciones del ensayo, metodología e instrumental empleado.
- j) Desarrollo matemático del cálculo del punto de ensayo correspondiente a los resultados obtenidos
- k) Hojas de cálculo completas del ensayo.
- l) Tabla de resumen de valores de datos obtenidos.
- m) Anexos: certificados de calibración (contraste de instrumentos), protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, características y efectos de condiciones ambientales, esquemas de balances térmicos y toda información adicional que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe.

4. ANEXO A: INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES

El propietario prestador del servicio de SSCC deberá tener disponible toda la información técnica necesaria para llevar a cabo las pruebas con el fin de cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en la guía de verificación de Servicios Complementarios, teniendo disponibilidad de al menos de la siguiente documentación técnica de la unidad y equipos de almacenamiento:

- Manual del fabricante, Manual de Mantenimiento, Manual de Operación, Procedimiento interno de Partida Autónoma, diagrama unilíneal de las instalaciones, incluyendo la conexión de los SS/AA y grupo electrógeno, manual grupo electrógeno, pruebas de interruptor a barra muerta.
- Información técnica del generador, turbina, transformador de potencia, servicios auxiliares de media tensión, servicios auxiliares baja tensión, grupo electrógeno auxiliar.

A. Unidades Generadoras, Información General

1. Nombre Empresa.
2. Nombre de la instalación.
3. Cantidad de unidades generadoras.
4. Puntos de conexión al SI a través de los cuales inyecta energía.
5. Potencia Aparente Máxima [MVA].
6. Potencia máxima Bruta [MW], para cada tipo de combustible con el que pueda operar.
7. Consumos propios como porcentaje de la potencia máxima bruta [%].
8. Capacidad máxima, potencia neta efectiva [MW].
9. Potencia mínima técnica [MW], para cada tipo de combustible con el que pueda operar.
10. Sistemas de protecciones propias del generador y sus ajustes.
11. Tipo de máquina (turbina hidráulica, turbina de vapor, turbina de gas, motor de combustión interna, entre otras) indicando, si corresponde, combustible primario utilizado.
12. Principales características técnicas (marca, fabricante, año de fabricación, potencia nominal, potencia máxima y mínima técnica, velocidad nominal en [rpm], sobre velocidad máxima admisible, curvas características dadas por el fabricante).
13. En caso de que la instalación/equipo no se encuentre en servicio: fecha de entrada en servicio o año proyectado de entrada en servicio, mes y año.

B. Turbinas de Generación:

Turbinas Hidroeléctricas:

1. Principales características técnicas, incluyendo capacidades máximas del sistema de aducción hidráulica (memoria descriptiva, diagrama con la vista en corte longitudinal y dimensiones físicas de la tubería de aducción, conducción forzada, distribuidor y difusor).
2. Esquema hidráulico de afluentes, canales o túneles de aducción, canales de riego, embalse y/o estanque de regulación.

3. En el caso de existir canales de riego se deben indicar los compromisos de riego que afecten la producción, como también cualquier otro compromiso o restricción, ambiental u otra, que afecte la disponibilidad de agua de la unidad.
4. Para el caso de canales y túneles de aducción se debe informar las capacidades máximas y mínimas expresadas en metros cúbicos por segundo [m³/s], además de limitaciones de llenado, vaciado y otras en los canales.
5. En el caso de embalses se debe proporcionar la curva de embalse en volumen [hm³] o [dam³] y energía [GWh] en función de la cota expresada en metros sobre el nivel del mar [msnm].
6. En el caso de estanques de regulación se debe indicar su volumen máximo [m³] y su equivalente en energía [MWh].
7. Potencia Bruta en [MW], en función del caudal turbinado (curva y valor medio) y, si corresponde, en función de la cota del embalse.
8. Caudales máximos y mínimos de turbinación [m³/s].

Turbina a Vapor:

1. Diagrama de bloques de la turbina con sus respectivos parámetros.
2. Fracción de potencia desarrollada en cada etapa (HP, IP, LP).
3. Constantes de tiempo del vapor en cada etapa (HP, IP, LP).
4. Curvas características de la turbina.
5. Gradiente máximo de toma de carga y de reducción de carga [MW/min].
6. Modo de Operación (caldera sigue o turbina sigue).
7. Principales características técnicas de la caldera (marca, fabricante, año de fabricación, memoria descriptiva del proceso de producción de vapor, tipo de combustible).
8. Tiempos de estabilidad térmica frente a variaciones de carga.
9. Estados de operación restringidos (entrada/salida de quemadores, apertura de válvulas parcializadoras, niveles de vibración inadmisibles, entre otras).

Turbina a Gas:

1. Diagrama de bloques de la turbina con sus respectivos parámetros.
2. Constantes de tiempo (dinámica de la turbina, combustor, compresor y gases de escape).
3. Curvas características de la turbina.
4. Gradiente máximo de toma de carga y de reducción de carga [MW/min].
5. Tipo de combustible y consumo específico.

Turbinas Eólicas:

1. Curva característica de la potencia de salida en función de la velocidad del viento.
2. Tipo de tecnología.
3. Tasa mínima y máxima de toma de carga.

4. Número de aerogeneradores.
5. Disposición física.
6. Distribución de frecuencia para velocidad del viento.
7. Potencia y energía generable.
8. Estadísticas de vientos con detalle horario en el lugar de emplazamiento del parque eólico para el último año anterior a la puesta en servicio de las unidades.

Plantas Fotovoltaicas:

1. Disposición física.
2. Número de paneles o módulos solares.
3. Número de inversores.
4. Fabricante celda FV.
5. Modelo o tipo
6. Tasa mínima y máxima de toma de carga.
7. Potencia nominal [kW]
8. Potencia máxima [kW]
9. Potencia mínima [kW]
10. Corriente de cortocircuito máxima [kAcc]
11. Curva característica I/V y P/V de cada inversor y la curva equivalente de todos los inversores del parque.
12. Diagrama PQ.
13. Curva característica de la potencia en función de la radiación solar.
14. Potencia y energía generable mensual con probabilidad de excedencia 20%, 50% y 80%, con distribución horaria.

5. ANEXO B: LISTADO DE VARIABLES

A. Variables relevantes generales

1. Potencia activa eléctrica neta y bruta
2. Potencia reactiva
3. Frecuencia
4. Velocidad de la unidad
5. Posición interruptor de sincronismo
6. Posición interruptor de SSAA
7. Potencia eléctrica SSAA

B. Variables Relevantes en Diferentes Sistemas de Centrales

Centrales Térmicas a Carbón:

1. Salida de control de carga
2. Posición de Válvulas de control.
3. Vacío del Condensador.
4. Temperatura de vapor principal y recalentado.
5. Presión de vapor principal y recalentado
6. Detectores de llama
7. Nivel del Domo.
8. Nivel de Estanque de Agua Alimentación.
9. Nivel del Condensador.
10. Temperatura de agua enfriamiento condensador. (Agua de circulación)
11. Flujo de agua de alimentación y condensado
12. Flujo de aire.
13. Flujo de Vapor principal y recalentado.
14. Flujo de carbón (velocidad de alimentador de carbón).

Centrales Turbinas a Gas:

1. Flujo de Aire.
2. Flujo de Diesel o gas.
3. Modo de control carga/temperatura/frecuencia.
4. Temperatura ambiente.

5. Altura Geográfica.
6. Presión Barométrica.
7. Diferencial Filtro Succión.
8. Temperatura de Gases Salida.

Centrales Hidráulicas:

1. Caudal de Agua.
2. Temperatura atmosférica
3. Cota embalse
4. Posición válvulas de aguja, difusores, etc.

Centrales Eólicas:

1. Flujo del Viento
2. Velocidad del Viento
3. Temperatura Atmosférica.
4. Presión atmosférica.

Centrales Solares:

1. Radiación Solar. (Nublado o despejado)
2. Polución del Aire.
3. Velocidad del Viento.