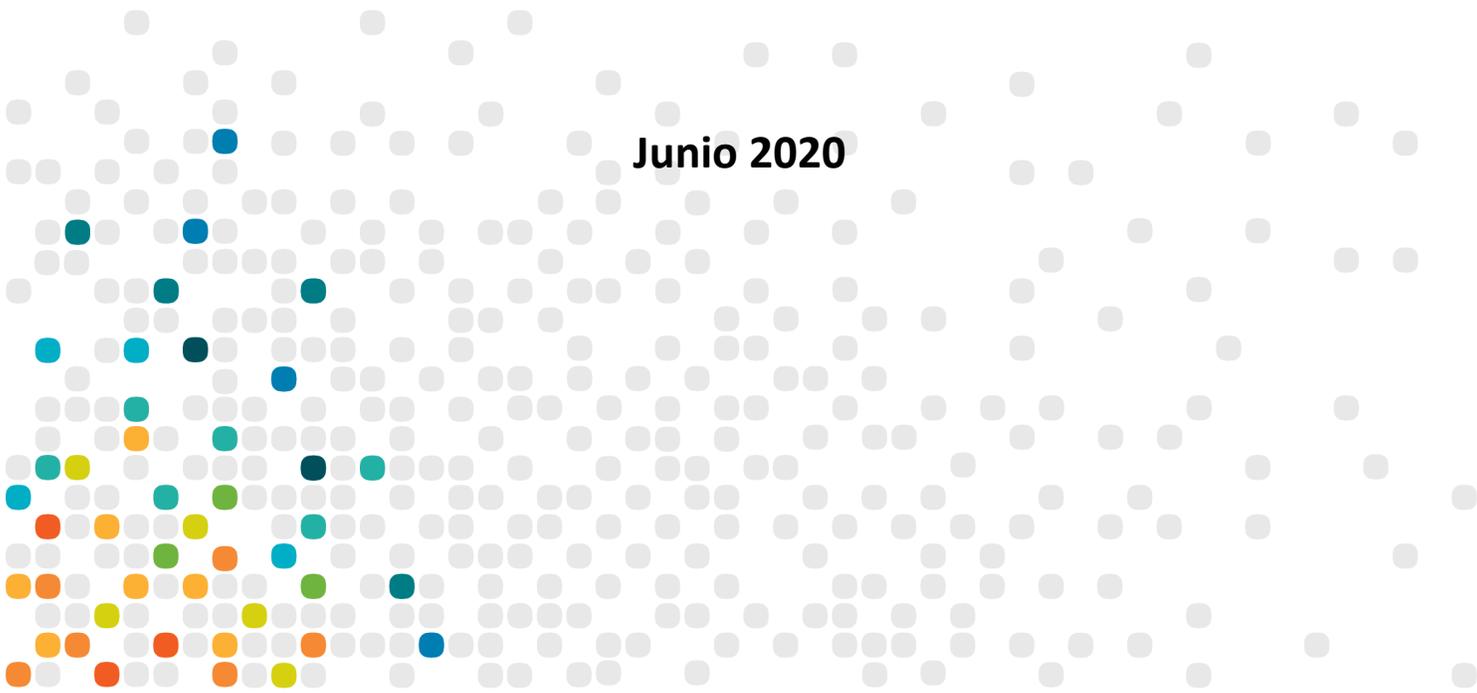


Guía de Verificación de Servicios Complementarios Equipos de Vinculación

Versión 1

Junio 2020



Guía de Verificación de Servicios Complementarios Equipos de Vinculación

| 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. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO | 4 |
| 2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS | 4 |
| 3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA | 4 |
| 4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS | 5 |
| 5. ENSAYOS A EJECUTAR | 5 |
| 5.1. Inspección de los Ajustes Asociados a la Función de Sincronismo | 7 |
| 5.2. Prueba de Verificación de Errores de Medida | 7 |
| 5.3. Prueba de Sincronismo en Condiciones de Barra Viva – Línea Viva | 8 |
| 5.3.1. Parámetro Tensión | 8 |
| 5.3.2. Parámetro Ángulo de Desfase | 9 |
| 5.3.3. Parámetro Frecuencia | 10 |
| 5.4. Prueba de Cierre del Interruptor y Señalización | 11 |
| 5.5. Prueba del Cargador de Baterías | 12 |
| 5.6. Prueba de Baterías | 12 |
| 6. INFORME TÉCNICO | 12 |
| 7. ANEXO A: INFORMACIÓN TÉCNICA DE INSTALACIONES | 14 |

1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO

El SC de del PRS, Equipos de Vinculación (EV), corresponde a la prestación que dan los equipos que permiten sincronizar dos zonas del sistema eléctrico que se hayan mantenido operando en forma de islas independientes.

Adicionalmente, se considera oportuna la participación de un equipo de vinculación, si ante una instrucción, el Equipo de Vinculación (EV) de islas eléctricas permite la sincronización efectiva de dos o más sistemas energizados, incluso si esos sistemas están aislados eléctricamente, toda vez que se presenten las condiciones sistémicas que permitan realizar la vinculación de islas eléctricas, en forma permanente hasta que el Coordinador dé por concluida la recuperación de servicio de acuerdo a lo establecido en el Estudio de Plan de Recuperación de Servicio (PRS) vigente

2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS

El objetivo de los ensayos asociados a los Equipos de Vinculación, se basa en lo establecido en el artículo 48 del Anexo Técnico de Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC, siendo este verificar el ajuste y correcta operación de los mismos.

Dado lo anterior, el fin es verificar la selectividad y tiempos de respuesta de las protecciones, así como comprobar el correcto estado de funcionamiento de accionamientos, servicios auxiliares, aparatos de maniobras, equipos de sincronización y sistemas de comunicaciones en condiciones operativas críticas luego de un colapso parcial o total del Sistema Eléctrico.

Para la verificación de los recursos técnicos asociados a una instalación que solicite participar en el PRS de EV, se deberán realizar ensayos y/o mediciones a efectos de verificar que:

- a) Se dispone de los equipamientos necesarios para comunicaciones, supervisión y control de las instalaciones afectadas al PRS, conforme a los requerimientos del Artículo 7-35 de la NTSyCS.
- b) Las protecciones cumplen con los requisitos mínimos de seguridad, selectividad y velocidad, conforme a lo establecido en el artículo 8-4 de la NTSyCS, para la correcta operación del EV.
- c) La instalación dispone de los equipos de verificación de sincronismo.

3. REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

Como mínimo el equipamiento utilizado en la verificación deberá ser capaz de:

- a) Almacenar los valores capturados en unidades de medida (tensión, fase, ángulo, frecuencia) sin ser afectados por escalas, filtrado u otras adaptaciones.
- b) Registrar las variables medidas con una frecuencia de muestreo tal que garantice la legibilidad y análisis del proceso observado. En general el tiempo entre muestras deberá ser menor que tres veces la menor constante de tiempo del sistema físico bajo ensayo.
- c) Poseer una resolución mayor o igual a 12 bits.
- d) Presentar un error máximo a fondo de escala de 0.5%.

- e) Presentar certificados de calibración vigentes de los equipos de pruebas utilizados, según las especificaciones dadas por el fabricante de cada equipo.

En cada caso, el solicitante deberá indicar el equipamiento utilizado para las pruebas, justificando las diferencias respecto de estos requerimientos, si las hubiera.

4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS

- 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 cierre de interruptores.
 - iii. Esquemas de comunicación.
- b) Se debe verificar en sitio, que se disponga de los recursos necesarios para establecer la comunicación con los relés involucrados.
 - i. PC y Software.
 - ii. Cables de conexión.
 - iii. Equipo o maleta de prueba.
 - iv. Personal con conocimiento para la operación de estos equipos.
 - v. Comprobar que el Estudio de Coordinación y Ajuste de Protecciones entregado es el vigente.

5. ENSAYOS A EJECUTAR

El experto técnico deberá efectuar prueba a los equipos en terreno, mediciones y registros, para verificar el desempeño de las protecciones eléctricas, y de las instalaciones asociadas al equipo que interviene en el PRS de EV, según lo indicado en el artículo 49 del anexo técnico que rige el proceso.

Para la verificación de cada instalación y/o equipamiento para participar en el SC de PRS de EV se debe realizar al menos lo siguiente:

- a) Realizar las maniobras operativas que se requieran, a efectos de demostrar la aptitud técnica del equipamiento que participará del PRS de EV.
- b) Evaluación del desempeño de las comunicaciones, equipamiento de supervisión y control de las instalaciones afectadas al PRS de EV, para cumplir con todos los requerimientos indicados en la NTSSCC y en el Artículo 7-35 de la NTSyCS.
- c) Inspección de los ajustes y medición de los tiempos de actuación de las protecciones de las instalaciones que participarán en el PRS de EV.
- d) La verificación de la calidad y cantidad de los sistemas de alimentación de corriente continua por baterías; y

- e) Pruebas al equipamiento de sincronización y los enlaces de datos y comunicaciones entre el Coordinador y los Centros de Control que correspondan, tanto en condiciones normales como de emergencia.

A fin de cumplir con estos requerimientos, en la siguiente tabla se resume los ensayos a realizar, a efectos de facilitar el proceso de verificación de los equipos de vinculación de las instalaciones de los Coordinados que participan en la prestación de este servicio.

En la columna “Ensayo/Inspección” se describen las inspecciones y pruebas de campo, mientras que en la columna “Evaluación” se presenta la descripción de la acción (es) a realizar para cada ensayo/inspección.

Tabla 1. Ensayos/Inspecciones a Realizar

| Ensayo/Inspección | | Evaluación |
|-------------------|---|---|
| A | Inspección de Ajustes de parámetros de la función de sincronismo. | - Verificar ajustes del relé conforme al ECAP o ajustes entregados. |
| B | Prueba de verificación de errores de las entradas analógicas del equipo que contiene la función de sincronismo. | - Evaluar si las entradas analógicas del relé se encuentran dentro del rango de error permitido por el fabricante. |
| C | Prueba de sincronismo, en condiciones de Barra Viva – Línea Viva, parámetros tensión, desfase y frecuencia. | - Verificar la respuesta del relé de sincronismo ante el cumplimiento de las condiciones de cierre, por diferencia de tensión, desfase y frecuencia máxima. |
| D | Prueba de cierre del interruptor y Señalizaciones. | - Verificar el cierre efectivo del interruptor al recibir la orden de cierre manual desde el centro de control respectivo. - Verificar el tiempo de cierre del interruptor desde la recepción de la orden de cierre del equipo de vinculación, al recibir la orden de cierre manual desde el centro de control respectivo y tener simuladas las condiciones de cierre en el relé de sincronismo. - Verificar la correcta señalización y comunicación en el proceso de cierre real del interruptor con los diferentes actores involucrados en la maniobra. |
| E | Prueba del Cargador de Baterías. | - Verificar la operatividad del cargador de baterías, tensión de entrada y salida del cargador de baterías (inversor), tensión de flotación, corriente CC de flotación, etc. |
| F | Pruebas al Banco de Baterías. | - Verificar la magnitud de la tensión de salida del banco de baterías, y de cada una de las baterías que lo conforman, de acuerdo con las características técnicas del banco. - Verificar cantidad de baterías en buen estado. - Verificar el tiempo de independencia del banco de baterías, a través de la realización de las pruebas de carga y descarga del Banco de baterías, medición de resistencia interna. |

Los resultados de estos ensayos deben dar cuenta de:

- a) Los ajustes del relé de sincronismo deben ser los indicados en el Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones (ECAP) vigente y en el respectivo print out entregado al Coordinador.

- b) Las entradas analógicas del relé deben estar dentro del rango de error permitido por el fabricante.
- c) Cuando la diferencia tensión, desfase o frecuencia de los extremos del equipo de vinculación entre en el rango de ajuste para sincronismo, el relé de sincronismo debe permitir la orden de cierre del interruptor asociado. Tiempos de respuesta del relé en la emisión de la orden de cierre al interruptor, una vez cumplidas las condiciones de sincronismo.
- d) Verificar el cierre efectivo del interruptor al recibir la orden de cierre manual desde el centro de control respectivo.
- e) Verificar el tiempo de cierre del interruptor desde la recepción de la orden de cierre del equipo de vinculación, estando simuladas condiciones de cierre en el relé de sincronismo.
- f) Verificar la correcta señalización y comunicación en el proceso de cierre real del interruptor con los diferentes actores involucrados en la maniobra.
- g) Tensión de entrada y salida del inversor, acorde a sus antecedentes técnicos.
- h) Magnitud de la tensión de salida del banco de baterías, y de cada una de las baterías que lo conforman de acuerdo con las características técnicas del banco. Cantidad de baterías en buen estado.
- i) Tiempo de independencia de baterías conforme a los antecedentes técnicos entregados y pruebas efectuadas.

5.1. Inspección de los Ajustes Asociados a la Función de Sincronismo

A partir de los antecedentes técnicos entregados por el Coordinado, se deberá comprobar que los ajustes parametrizados en los equipos dedicados para la prestación de este servicio coincidan con los ajustes propuestos por el Coordinado y aprobados por el Coordinador en los respectivos estudios de protecciones acorde a la prestación del servicio de EV.

De existir alguna desviación, el Coordinado deberá normalizar los ajustes antes del inicio de los ensayos.

5.2. Prueba de Verificación de Errores de Medida

En este punto se abordan las pruebas de verificación de errores de medida de las entradas analógicas de tensión del equipo o relé de sincronismo:

- a) Se conecta el equipo de prueba calibrado al equipo que posee la función de sincronismo.
- b) Se inyecta una señal de tensión nominal a las entradas analógicas de tensión del relé de sincronismo.
- c) Se obtienen las señales de tensión del relé y se comparan con las inyectadas con el equipo de prueba.
- d) Se calcula el error entre estas medidas. Si es mayor a la tolerancia dada por el fabricante del equipo o relé de sincronismo, no podrá efectuarse la prueba, siendo necesario la normalización del hallazgo previo a la continuación del ensayo.

Si el error es menor a lo reportado por el equipo o relé de sincronismo, se concluye exitosa la prueba y se procederá a la realización del ensayo.

En caso de equipos electrónicos o analógicos, donde no puedan ejecutarse los ensayos propuestos, se deberá adjuntar al protocolo los certificados de calibración de los equipos vigentes, según lo recomendado por el fabricante, y debiendo cumplir las tolerancias indicadas por el mismo.

5.3. Prueba de Sincronismo en Condiciones de Barra Viva – Línea Viva

- Confirmar con el operador de guardia de la Subestación que el interruptor este despejado, abierto y disponible para pruebas.
- Conectar el equipo de prueba al relé de sincronismo, como se muestra en la imagen 1.

A: Barra Viva

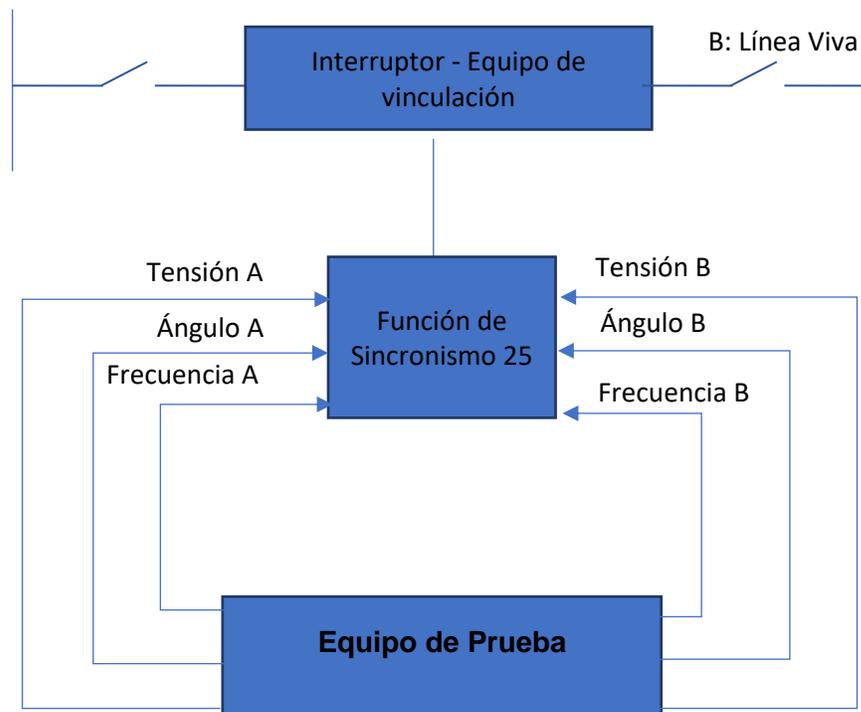


Imagen 1: Disposición de equipos para la realización de pruebas al equipo de sincronismo (25)

5.3.1. Parámetro Tensión

- Se inyectan a través del equipo de prueba las señales en condiciones nominales y constantes en el tiempo: Ángulo A, Frecuencia A, Tensión B, Ángulo B, y Frecuencia B, tal que:

Ángulo A = Ángulo B.

Frecuencia A = Frecuencia B = frecuencia nominal.

Tensión B = tensión nominal.

Tensión A inicial = 0,8 tensión nominal.

Tensión A final = 1,2 tensión nominal.

- Posteriormente se varia la señal de tensión en A, con una rampa de subida de 0,1 V/s y un paso de tiempo de 100 ms, partiendo de una Tensión inicial a una tensión final, tal que pueda

observarse el periodo donde la tensión de A entra en el rango de ajuste de tensión del relé de sincronismo y el relé emita la orden de cierre al interruptor.

- Registrar el valor de tensión en el cual se emitió orden de cierre.
- Se repite el paso anterior, pero con rampa de bajada, partiendo de una tensión inicial mayor que la tensión final, y se repite el ensayo variando la tensión de A, hasta que entre en rango de ajuste de tensión del relé de sincronismo y el relé emita la orden de cierre al interruptor.
- Registrar el valor de tensión en el cual se emitió esta orden de cierre.

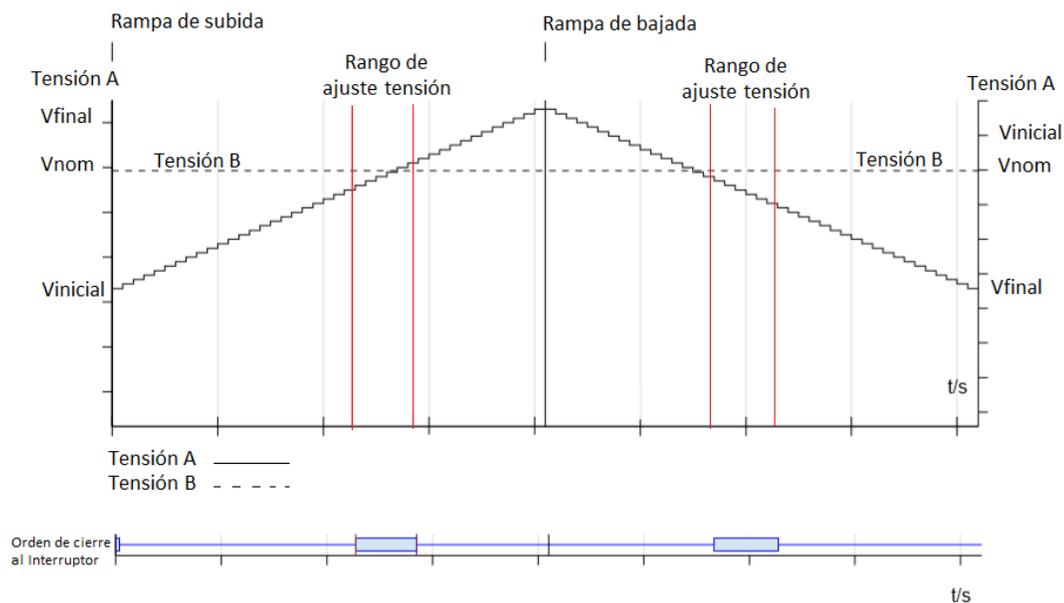


Imagen 2: Representación de pruebas relé de sincronismo 25 – parámetro Tensión.

- Los resultados del equipo de prueba deben anexarse al informe de verificación.

5.3.2. Parámetro Ángulo de Desfase

- Se inyectan señales en condiciones nominales y constantes en el tiempo: Tensión A, Frecuencia A, Tensión B, Ángulo B, y Frecuencia B, tal que:

$$\begin{aligned} \text{Tensión A} &= \text{Tensión B} \\ \text{Frecuencia A} &= \text{Frecuencia B} \\ \text{Ángulo de B} &= 0 \text{ grados} \end{aligned}$$

- Posteriormente se varía la señal de ángulo en A, con una rampa de subida de 1grado/seg y un paso de tiempo de 100ms, partiendo de un ángulo inicial (se sugiere al menos un valor de 10 grados inferior a la máxima diferencia angular permitida por el ajuste de sincronismo) a un ángulo final, tal que pueda observarse el instante donde el ángulo de A entra en el rango de

- ajuste de ángulo del relé de sincronismo, y así verificar las condiciones de sincronismo del parámetro ángulo de desfase.
- Se repite el paso anterior, pero con rampa de bajada, partiendo de un ángulo inicial mayor que el ángulo final, y se repite el ensayo variando el ángulo de A, hasta que entre en rango de ajuste del relé de sincronismo y éste emita la orden de cierre al interruptor.

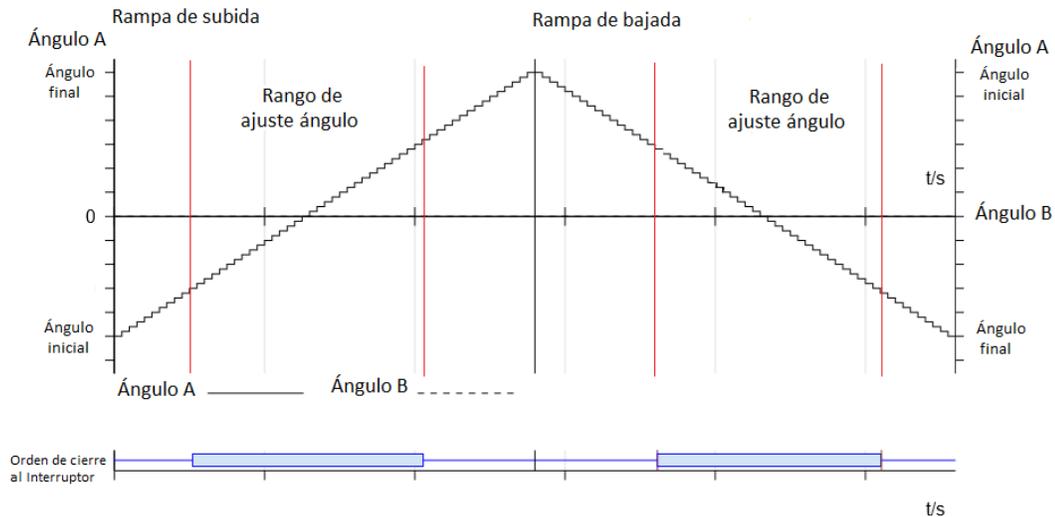


Imagen 3: Representación de pruebas relé de sincronismo 25 – parámetro ángulo de desfasaje.

- Los resultados del equipo de prueba deben anexarse al informe de verificación.

5.3.3. Parámetro Frecuencia

- Se inyectan señales en condiciones nominales y constantes en el tiempo: Tensión A, Ángulo A, Tensión B, Ángulo B, y Frecuencia B, talque:

Tensión A = Tensión B.

Ángulo A = Ángulo B.

Frecuencia B = Frecuencia Nominal.

- Posteriormente se varia la señal de frecuencia en A, con una rampa de subida del 0,010 Hz/s y paso de tiempo de 100 ms, partiendo de una frecuencia inicial (se sugiere al menos un valor de 0,2 Hz inferior a la máxima diferencia angular permitida por el ajuste de sincronismo) a una frecuencia final, tal que pueda observarse el periodo donde la frecuencia de A entra en el rango de ajuste de frecuencia del relé de sincronismo, y así verificar las condiciones de sincronismo del parámetro de frecuencia.
- Se repite el paso anterior, pero con rampa de bajada, partiendo de una frecuencia inicial mayor que la frecuencia final, y se repite el ensayo variando la frecuencia de A, hasta que entre en rango de ajuste y el relé de sincronismo emita orden de cierre al interruptor.

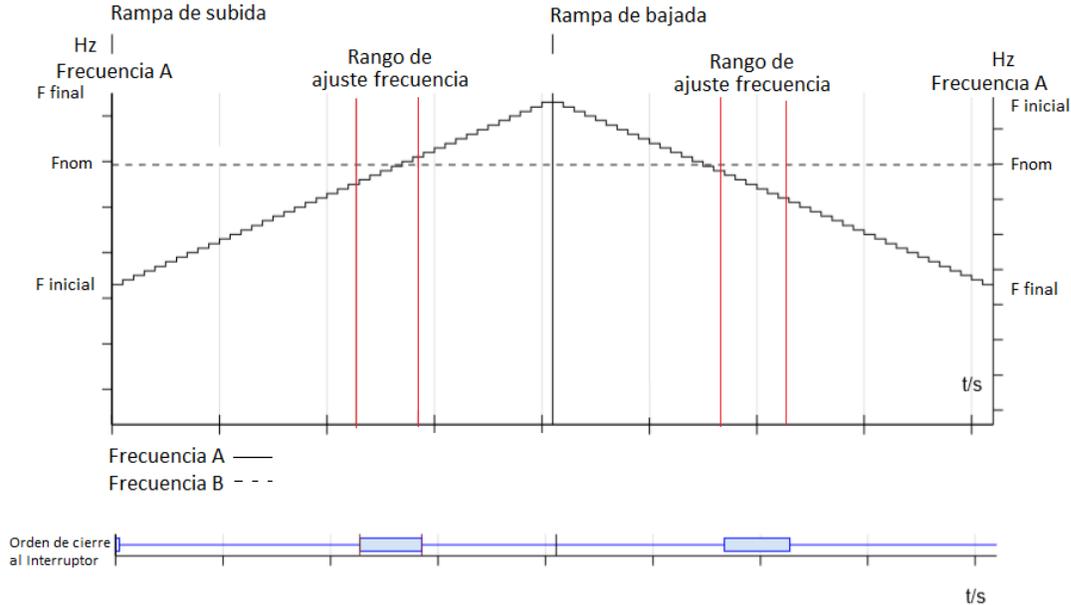


Imagen 4: Representación de pruebas relé de sincronismo 25 – parámetro frecuencia

- Los resultados del equipo de prueba deben anexarse al informe de verificación.
- Retirar el equipo de prueba al relé de sincronismo y normalizar los circuitos y retirar las precauciones tomadas.

5.4. Prueba de Cierre del Interruptor y Señalización

- Verificar a través de los despliegues del SITR el control y recepción de datos y parámetros de supervisión asociados a la S/E a la que pertenece el EV, tanto el SITR del Coordinador, así como en el SITR del CC del Coordinado.
- Realizar prueba de comunicaciones entre los actores involucrados en la operación del Equipo de Vinculación a ensayar:
 - Entre el CDC del Coordinador – CC del Coordinado que corresponda.
 - Entre el CC del Coordinado y los operadores de la S/E.
 - Entre del CC del Coordinado y las cuadrillas móviles afectadas a la operación de las Subestaciones en modo local.
 - Pruebas de Comunicación de los CC del coordinado que corresponda con el personal dedicado al mantenimiento de Subestaciones, comunicaciones, control, informática, protecciones eléctricas, entre otros.
- Inyectar a través del equipo de pruebas, tensiones, desfase y frecuencia en ambos extremos del interruptor tal que se cumplan todas las condiciones de sincronismo.
- Solicitar al operador de la subestación que solicite el cierre del interruptor al Centro de Control respectivo.
- Verificar con el operador de la S/E o cuadrilla móvil, que se ejecutó el cierre efectivo del interruptor y se registraron las señalizaciones correspondientes.

- f) Registrar el tiempo de cierre del interruptor y compararlo con el informado por el Coordinado, de ser igual o menor, se debe indicar que se verificó el tiempo de cierre del interruptor según los antecedentes técnicos del equipo. En caso contrario se debe indicar que no se cumplió el tiempo de cierre, según los antecedentes del equipo.
- g) Solicitar retiro de precauciones y normalización del interruptor.

5.5. Prueba del Cargador de Baterías

- a) Medir la tensión de entrada y salida del inversor, según los antecedentes técnicos de este equipo, de cumplirse con los rangos de tensión permitidos debe indicarse en el informe de verificación, de no ser así, debe dejarse nota al respecto.

5.6. Prueba de Baterías

La prueba tiene por objetivo verificar la capacidad de respaldo del banco de baterías de la instalación, para la correcta alimentación y operación de los equipos de comunicación, control, protección y la operación de interruptores del sistema de EV.

- a) Medir la magnitud de la tensión de salida del banco de baterías, y de cada una de las baterías que lo conforman, de acuerdo a las características técnicas del banco.
- b) Contabilizar las baterías que conforman los bancos.
- c) Pruebas de carga y descarga de baterías. (norma IEEE 450, 1188, 1106 u otra similar).
- d) Según diseño y antecedentes técnicos de los SSAA de la S/E asociada al EV, revisar las conexiones existentes en los circuitos de corriente continua hasta las bobinas de cierre o disparo de los interruptores.
- e) Conforme a las características del banco de baterías, y a la información del fabricante del banco, verificar horas de respaldo reales del banco de baterías.

6. 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 del SSCC de control de tensión que respalda los datos informados como resultados de las pruebas, 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) Resumen Ejecutivo.
- b) Descripción de la instalación (es) ensayada (s).
- c) Objetivo de los ensayos.

- d)** Antecedentes técnicos de la instalación.
- e)** Antecedentes de operación de la instalación, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- f)** Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la instalación,
- g)** Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.
- h)** Responsable o responsables del ensayo, cuya firma deberá constar al final del mismo y en las hojas de cálculo.
- i)** Descripción técnica de los equipos principales.
- j)** Descripción del ensayo.
- k)** Normas aplicadas.
- l)** Memoria técnica del procedimiento: condiciones del ensayo, metodología e instrumental empleado.
- m)** Hojas de cálculo completas del ensayo.
- n)** Tabla de resumen de valores de datos obtenidos.
- o)** Anexos: certificados de calibración (contraste de instrumentos), protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, y toda información adicional que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe.

7. ANEXO A: INFORMACIÓN TÉCNICA DE INSTALACIONES

El propietario prestador del servicio de SSCC deberá tener disponible toda la información técnica necesaria para llevar a cabo los ensayos asociados al EV con el fin de cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en la Norma Técnica de Servicios Complementarios, y deberá entregar al Coordinador, en medio electrónico y en los formatos que éste establezca, la información técnica de cada una de sus unidades de generación o equipos en los términos especificados a continuación, tal como se señala en el Anexo Técnico de Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC.

- a)** Capacidad para prestar el SC de EV, precisando la categoría y subcategoría, Sí o No.
- b)** Identificación de la instalación/equipo que presta el SC: Nombre, empresa coordinada y características generales.
- c)** 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.
- d)** Capacidad de corriente de interrupción, en kA.
- e)** Capacidad de corriente de sincronización o cierre, en kA.
- f)** Rangos máximos del ajuste de tensión, fase y de frecuencia en el equipo de vinculación.
- g)** Valor ajustado en equipo de vinculación existente o proyectado.
- h)** Tiempo mínimo en que se concreta el cierre del vínculo o sincronización de los sistemas, en caso de que corresponda.
- i)** Estudio de Coordinación y Ajuste de Protecciones vigente, asociado al equipó de vinculación a ensayar.
- j)** Tiempo de independencia del Banco de Baterías, o respaldo de energía, asociado a la S/E que alimenta a la que pertenece el equipo de vinculación.