

VERIFICACIÓN A LOS SERVICIOS COMPLEMENTARIOS PRS - EQUIPOS DE VINCULACIÓN S/E JADRESIC PAÑO K11

PROTOCOLO ESPECÍFICO DE PRUEBAS

Cliente: TRANSELEC



transelec
Conectamos las energías del futuro

Nº Documento: EN202709.1_PEP_SSCC_EV_SE Jadresic_K11

Preparó: ENSAUT LTDA.

Rev.	Fecha	Realizó	Revisó	Aprobó	Descripción	Revisó	Aprobó
1	20/05/2025	RMA	ACP	CMO	Responde Observaciones	JF	JF
0	28/04/2025	SAD	RMA	CMO	Uso Final Cliente	JF	JF
B	28/04/2025	SAD	RMA	CMO	Revisión Cliente	JF	JF
A	24/04/2025	RMA	SAD	CMO	Revisión Interna	--	--
ENSAUT						TRANSELEC	

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVOS GENERALES DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN.....	4
	2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LAS PRUEBAS	4
3	INSTALACIONES BAJO VERIFICACIÓN.....	5
4	DEFINICIÓN DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN REALIZADOS	6
	4.1 VERIFICACIONES GENERALES:	6
	4.2 VERIFICACIÓN EQUIPO GE C60, PAÑO K11	7
	4.2.1 OPERACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE CIERRE.	8
	4.2.2 FUNCIÓN DE SINCRONISMO - VERIFICACIÓN DE DIFERENCIA DE VOLTAJE:	9
	4.2.3 FUNCIÓN DE SINCRONISMO - VERIFICACIÓN DE DIFERENCIA DE FASE O ÁNGULO: 10	
	4.2.4 VERIFICACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA FUNCIÓN DE VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO - DIFERENCIA DE FRECUENCIA:	11
	4.2.5 VERIFICACIÓN DEL CIERRE EFECTIVO DE INTERRUPTORES:	13
	4.2.6 PRUEBA ADICIONAL 1: VERIFICACIÓN DE UMBRALES DE VOLTAJE VIVO Y MUERTO: 14	
	4.2.7 PRUEBA ADICIONAL 2: VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE CIERRE NO SINCRONIZADO:	15
5	REGISTRO Y EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO 16	
	5.1 PARTICIPANTES.....	16
	5.2 DATOS DE LA INSTALACIÓN	16
	5.3 DATOS DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA UTILIZADO	16
	5.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y AJUSTES DEL EQUIPO	16
	5.5 RESULTADOS DE VERIFICACIONES GENERALES	17
	5.6 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	18
	5.7 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBAS	19

1 INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2019 la Comisión Nacional de Energía (CNE) publicó la Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC), la cual establece que las empresas coordinadas deben someter a un proceso de verificación los recursos técnicos asociados a la prestación de Servicios Complementarios (SSCC). Como parte de dichos servicios, se definen las siguientes categorías y subcategorías:

Tabla 1-1 - Resumen Servicios Complementarios (SSCC)

SSCC	Categoría SSCC	Subcategoría SSCC	
Control de Frecuencia	Control Rápido de Frecuencia (CRF)	Control Rápido de Frecuencia (CRF +/-)	
	Control Primario de Frecuencia (CPF)	Control Primario de Frecuencia (CPF +/-)	
	Control Secundario de Frecuencia (CSF)		Control Secundario por Subfrecuencia (CSF +)
			Control Secundario por Sobrefrecuencia (CSF -)
	Control Terciario de Frecuencia (CTF)		Control Terciario por Subfrecuencia CTF+
			Control Terciario por Sobrefrecuencia CTF-
Cargas Interrumpibles	Cargas Interrumpibles		
Control de Tensión (CT)	Control de Tensión (CT)	Control de Tensión (CT)	
Control de Contingencias	Desconexión de Carga	EDAC (EDAC por Subfrecuencia, EDAC por Subtensión, EDAC por Contingencia Específica)	
		DMC	
	Desconexión de Generación	EDAG (EDAG por Sobrefrecuencia y EDAG por Contingencia Específica)	
	Plan de Defensa contra Contingencias (PDC)	Plan de Defensa contra Contingencias Extremas (PDCE)	
Plan de Defensa contra Contingencias Críticas (PDCC)			
Plan de Recuperación de Servicio (PRS)	Partida Autónoma (PA)	Partida Autónoma (PA)	
	Aislamiento Rápido (AR)	Aislamiento Rápido (AR)	
	Elementos de Vinculación (EV)	Elementos de Vinculación (EV)	

En el caso particular del paño K11 en S/E Jadresic, la verificación de los Servicios Complementarios se acota al "Plan de Recuperación de Servicios - Elementos de Vinculación", específicamente a los sistemas de control y protecciones que participan del chequeo de sincronismo.

Se deja constancia que los resultados de las verificaciones realizadas sobre los equipos cargadores y bancos de baterías relacionados con el paño K11 en S/E Jadresic serán presentados en un informe dedicado para la subestación y para el nivel de tensión 500 [kV].

2 OBJETIVOS GENERALES DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN

En particular, para el Servicio Complementario “Plan de Recuperación de Servicios - Elementos de Vinculación”, el objetivo general de los ensayos de verificación es asegurar el correcto desempeño de los sistemas de control y protecciones que participan del chequeo de sincronismo, así como comprobar el correcto estado de funcionamiento de accionamientos, servicios auxiliares y sistemas de comunicaciones con el centro de operaciones, de acuerdo con lo indicado en el capítulo 4 del Anexo Técnico “Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC” de la Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC). Para ello se realizará lo siguiente:

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LAS PRUEBAS

- a) Verificación de la coherencia en la información técnica disponible relacionada con el equipo de vinculación auditado.
- b) Realizar pruebas de funcionamiento del equipo de vinculación de acuerdo con los ajustes implementados.
- c) Evaluación del desempeño de la orden de cierre efectivo sincronizado desde el Centro de Operaciones.

3 INSTALACIONES BAJO VERIFICACIÓN

La subestación Jadresic está ubicada en la Región de Antofagasta, provincia de Antofagasta, comuna de Antofagasta y considera en sus instalaciones el nivel de tensión de 500 y 220 [kV], entre las cuales se destacan a continuación las involucradas en el proceso de verificación de Servicios Complementarios:

Tabla 3-1 - Resumen de instalaciones sometidas a verificación

#	Subestación	Instalación	Equipo de Control / Protección
1	S/E Jadresic	Paño K8, Corte central diagonal 3	GE C60
2	S/E Jadresic	Paño K11, Corte central diagonal 4	GE C60

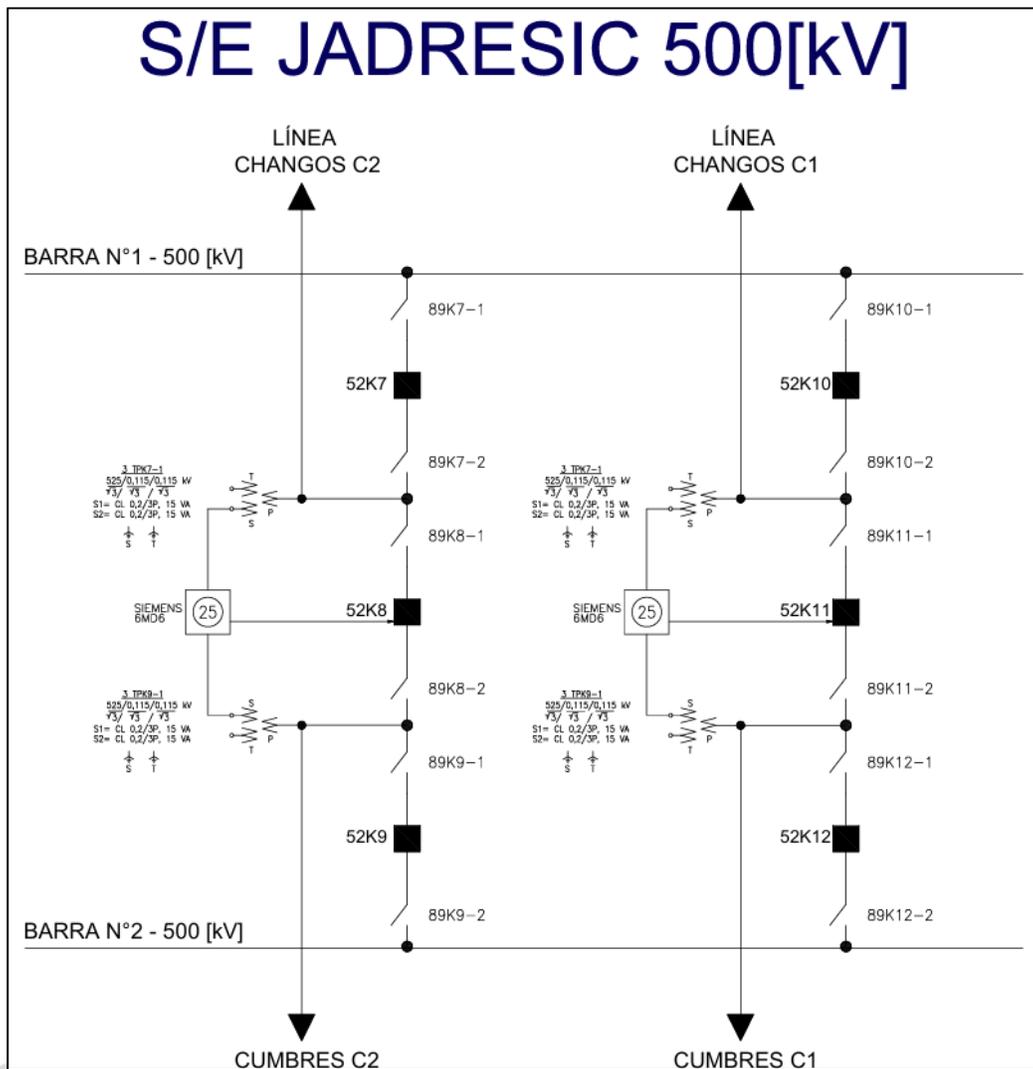


Figura 3-1 Extracto Diagrama unilineal simplificado S/E Jadresic

4 DEFINICIÓN DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN REALIZADOS

A continuación, se detalla el desarrollo de las pruebas o ensayos de verificación realizados a la instalación:

4.1 VERIFICACIONES GENERALES:

- a. Verificar que las razones de transformación de los transformadores de potencial concuerden respecto a las placas de estos, planos de control y ajustes en los equipos.
- b. Verificar que los ajustes configurados en los equipos estén debidamente respaldados por un instructivo, Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones (ECAP) u otro documento que contenga los criterios o parámetros de ajustes propiamente tales.
- c. Verificar que los parámetros de tensión primaria, secundaria y/o en pu ajustados en los equipos estén de acuerdo con los requerimientos propios de la marca y modelo y los datos nominales de los transformadores de potenciales y de la tensión de operación de la instalación, según corresponda.
- d. Verificar que la tensión monofásica de sincronismo realmente corresponda a la fase ajustada en su respectiva fuente.
- e. Verificar si las variables ajustadas en formato nativo del relé de protecciones se basan en tensiones fase-fase o fase neutro.
- f. Verificar que dentro de las condiciones de cierre configuradas en el equipo esté la condición Barra Viva - Línea Viva. Identificar otras condiciones de cierre permitidas por el equipo de verificación de sincronismo.
- g. Verificación de las medidas nominales registradas por los equipos de control y protecciones en condición de carga normal de la instalación:
 - Tensiones leídas en display de los equipos.
 - Tensiones registradas con voltímetro en bornes de los equipos.
- h. Verificar contra planos el circuito de cierre y bobinas respectivas del interruptor donde se incorpora el cierre por chequeo de sincronismo del equipo de vinculación.
- i. Confirmar que los equipos que reciben las ordenes remotas de cierre de interruptores estén debidamente comunicados a la plataforma SCADA y correctamente sincronizados contra un reloj GPS.
- j. Identificar los circuitos de corriente continua que alimentan la fuente de alimentación de los equipos de control y protecciones relacionados con el chequeo de sincronismo y los circuitos de cierre de interruptores.
- k. Realizar inyecciones de tensiones, frecuencia y ángulo a los equipos, con el fin de verificar el porcentaje de error respecto de la lectura registrada por los equipos.

El detalle de los resultados de las verificaciones indicadas se presenta en el capítulo 5.5.

4.2 VERIFICACIÓN EQUIPO GE C60, PAÑO K11

La verificación de la función de sincronismo considera la evaluación de 3 variables, la magnitud, ángulo y frecuencia de las señales de voltaje de las fuentes que finalmente permiten ejecutar las lógicas de sincronismo para el cierre del interruptor. Dichas fuentes pueden ser voltajes de líneas o barras, y las lógicas permiten el cierre en condiciones de presencia de voltaje, ausencia o una combinación de estas, según corresponda.

Para la verificación de la función de sincronismo, se ejecutará inicialmente una prueba de verificación de las señales que permiten validar el cableado y tener un primer acercamiento con el comportamiento del equipo de sincronismo para luego ejecutar una serie de pruebas específicas, con el fin de validar el ajuste del relé y su precisión de operación conforme a lo solicitado en la Guía de Verificación de Servicios Complementarios Equipos de Vinculación.

Para la prueba inicial se debe realizar inyecciones de voltaje con magnitud, ángulo y frecuencias nominales, así verificando el correcto alambrado y lecturas del equipo.

Posteriormente, se debe tener en consideración los ajustes del equipo, con el objetivo de realizar una prueba rápida que valide las condiciones de operación, bloqueos o permisivos, y que permita conocer el comportamiento frente a las variaciones de magnitud, voltaje y frecuencia.

A continuación, se presentan los ajustes del equipo para la función de sincronismo para el equipo GE C60.

Tabla 4-1 Ajustes del equipo – GE C60

AJUSTES DEL EQUIPO		
Máxima diferencia de voltaje primaria entre fuentes	Max Volt Diff	52500 [Vprim]
Máxima diferencia de ángulo	Max Angle Diff	20 [deg]
Máxima diferencia de frecuencia	Max Freq Diff	0,200 [Hz]
Umbral de detección de tensión muerta de barra y línea	Dead V1, V2 Max Volt	0,5 [pu]
Umbral de detección de tensión viva de barra y línea	Live V1, V2 Min Volt	0,7 [pu]
Condiciones de cierre permitidas	DV1 or DV2	<ul style="list-style-type: none"> • Barra Viva - Línea Viva • Línea Muerta - Barra Viva • Línea Viva - Barra Muerta • Línea Muerta - Barra Muerta
Fases configuradas para la verificación de sincronismo		Paño K10: Vab Paño K12: Vab

En relación con la configuración del ajuste "Max Volt Diff", este se presenta en valores primarios, por lo que para la verificación se considerará una diferencia de voltaje a nivel secundario de 11,5 [V].

4.2.1 OPERACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE CIERRE.

De acuerdo con los diagramas elementales recibidos, la orden de cierre desde el equipo GE C60 sobre la bobina del interruptor central de la diagonal 4 52K11, se realiza a través de la salida binaria "W9", tal como se evidencia en el diagrama elemental "PRN-21-CP-PL-0004-L0025 Rev 0", por lo que se deberá intervenir para poder evaluar con la caja de inyección y obtener los resultados esperados.

Por otra parte, los diagramas elementales de corriente alterna muestran que el relé se energiza por el TP relacionado al paño K10 y al paño K12, ambos trifásicos con una razón de transformación de 525:√3/0,115: √3 [kV]. Se deberá tener en cuenta que, generalmente los equipos utilizados para las pruebas consideran un solo modulo trifásico para inyecciones de voltaje, por lo que se deberá adecuar para poder inyectar las fases necesarias A y B de ambas fuentes para poder proceder con las pruebas.

En base a la configuración del equipo, se deberá tener en cuenta la siguiente consideración para la ejecución de las pruebas, la orden de cierre del interruptor se obtendrá una vez se genere la orden de arranque desde el panel frontal del equipo o a través de una orden remota, por lo que se sugiere que, para las pruebas de verificación de las variables de diferencia de voltaje, tensión y ángulo, se utilice el elemento "14|25_SYNC_OK (VO14)". Por otra parte, para la ejecución de la orden de cierre efectivo, se deberá registrar con el contacto de salida de acuerdo con la configuración normal del contacto W9.

4.2.2 FUNCIÓN DE SINCRONISMO - VERIFICACIÓN DE DIFERENCIA DE VOLTAJE:

El objetivo de esta prueba es verificar que la condición de sincronismo se cumple dentro del rango de operación configurado en el relé para las señales de voltajes de ambos paños. Para esto se realiza una rampa ascendente y descendente con variación en la **magnitud** de la primera señal de voltaje, manteniendo la segunda señal de voltaje en valores nominales, con diferencia angular nula y frecuencias nominales. En base a lo anterior, la verificación se realizará de la siguiente manera:

- a. **Inicio Rampa ascendente:** Considerando una tensión nominal de **115 [Vsec]** entre las fases A y B, se debe iniciar la rampa ascendente de la señal de barra con un valor de un **20 [%]** menor al valor nominal, esto es de **92 [Vsec]**. Por otra parte, la señal de voltaje de línea se mantuvo en condiciones nominales **115 [Vsec]**, **50 [Hz]** y ángulos de la señal trifásica equilibradas.
- b. **Finalización Rampa ascendente:** Se debe finalizar la rampa con un valor de un **20 [%]** mayor al ajuste del umbral superior, esto es de **138 [Vsec]**.
- c. **Inicio Rampa descendente:** Se debe iniciar la rampa con un valor de voltaje de **138 [Vsec]**.
- d. **Finalización Rampa descendente:** Se debe finalizar la rampa con un valor de voltaje de **92 [Vsec]**.
- e. **Variación de voltaje de la señal:** El ajuste "delta" del módulo de rampa, se ajusta en **0,01 [Vsec]**.
- f. **Ancho del pulso de cada paso:** El ajuste "dt" del módulo de rampa, se ajusta en **0,1 [s]**, así obteniendo una variación de **0,1 [V/s]**.
- g. **Evaluaciones de la prueba:** Para la rampa ascendente como la descendente, se evaluará la activación y desactivación de la salida binaria "W9", teniendo en consideración lo indicado en el capítulo 4.2.1.
- h. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de la operación de la protección para la prueba de variación de magnitud.

4.2.3 FUNCIÓN DE SINCRONISMO - VERIFICACIÓN DE DIFERENCIA DE FASE O ÁNGULO:

El objetivo de esta prueba es verificar que las diferencias de ángulos entre los voltajes de ambas fuentes responden al ajuste "delta ángulo". Para garantizar la prueba, se realiza una rampa ascendente y descendente, generando una variación en el **ángulo** de la primera señal de voltaje, manteniendo la segunda señal de voltaje en valores nominales, con diferencia de magnitud nula y frecuencias nominales. Se debe configurar que la señal sometida a prueba considere la variación de la señal de fase A y B, también se debe tener la consideración indicada en el capítulo 4.2.1 para configurar las fuentes de inyección y el desfase de estos. La verificación se realizará de la siguiente manera:

- a. **Inicio Rampa ascendente:** Se debe iniciar la rampa con un valor de **10 [deg]** por debajo de la máxima diferencia de ángulo configurada (**20 [deg]**). Se debe ajustar la primera señal con un valor de inicio de la rampa en **-30 [deg]**. La segunda señal debe permanecer ajustada en **0 [deg]**.
- b. **Finalización Rampa ascendente:** Se debe finalizar la rampa con un valor de **30 [deg]**.
- c. **Inicio Rampa descendente:** Se debe iniciar la rampa con un valor de **30 [deg]**.
- d. **Finalización Rampa descendente:** Se debe finalizar la rampa con un de **-30 [deg]**.
- e. **Variación de ángulo de la señal:** Se debe ajustar el "delta" del módulo de rampa en **0,1 [deg]**.
- f. **Ancho del pulso de cada paso:** Se debe ajustar el "dt" del módulo de rampa en **0,1 [s]**, así obteniendo una variación de **1 [grado/seg]**.
- g. **Evaluaciones de la prueba:** Para la rampa ascendente como la descendente, se evaluará la activación y desactivación de la salida binaria "W9", teniendo en consideración lo indicado en el capítulo 4.2.1.
- h. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de la operación de la protección para la prueba de variación de magnitud.

4.2.4 VERIFICACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA FUNCIÓN DE VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO - DIFERENCIA DE FRECUENCIA:

El objetivo de esta prueba es verificar que las diferencias de frecuencias entre los voltajes de ambas fuentes responden al ajuste "delta F". Para garantizar que la protección opera correctamente al ajuste implementado, se realiza una rampa ascendente y descendente de frecuencia generando una variación de la **frecuencia** de la primera señal de voltaje con diferencia de magnitud nula, manteniendo la segunda señal de voltaje en valores nominales, de acuerdo con lo siguiente:

4.2.4.1 MÉTODO 1 VERIFICACIÓN DE FRECUENCIA:

- a. **Rampa 1:** Esta rampa permite eliminar de la evaluación el primer pulso de sincronismo que viene dado por la condición de alguna de las fuentes muerta BM o LM. La rampa se ajusta en un valor constante de **49,600 [Hz], 200 [mHz]** por debajo de la máxima diferencia de frecuencia permitida (**200 [mHz]**), durante **100 [ms]**.
- b. **Rampa 2 - Inicio Rampa ascendente:** Se deberá iniciar la rampa con un valor de frecuencia de **49,600 [Hz], 200 [mHz]** bajo la máxima diferencia de frecuencia permitida.
- c. **Rampa 2 - Finalización Rampa ascendente:** Se deberá finalizar la rampa con un valor de frecuencia de **50,400 [Hz]**.
- d. **Rampa 3 - Inicio Rampa descendente:** Se deberá iniciar la rampa con un valor de frecuencia de **50,400 [Hz]**.
- e. **Rampa 3 - Finalización Rampa descendente:** Se deberá finalizar la rampa con un valor de frecuencia de **49,600 [Hz]**.
- f. **Variación de frecuencia de la señal:** Para las rampas 2 y 3 se ajustó el "delta" del módulo de rampa en **1 [mHz]**.
- i. **Ancho del pulso de cada paso:** Se debe ajustar el "dt" del módulo de rampa en **100 [ms]**, así obteniendo una variación de **0,01 [Hz/s]**.
- g. **Evaluaciones de la prueba:** Para la rampa ascendente como la descendente, se evaluará la activación y desactivación de la salida binaria "W9", teniendo en consideración lo indicado en el capítulo 4.2.1.
- h. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de la operación de la protección para la prueba de variación de frecuencia. En el caso de no obtenerse los resultados esperados, se variará la metodología de pruebas al "Método 2" de acuerdo con lo siguiente.

4.2.4.2 MÉTODO 2 VERIFICACIÓN DE FRECUENCIA:

Considerando lo anterior, posterior a la ejecución de pruebas del "Método 1" presentado en el apartado **4.2.4.1** se continuará con el segundo método de pruebas indicado en el protocolo general de pruebas, el cual consiste en una serie de escalones de frecuencia, los cuales se deben ajustar de la siguiente manera:

- a. **Escalón 1:** Este escalón deberá ser ajustado en un valor bajo el umbral de operación, validando así la no operación del esquema para condiciones fuera del umbral permitido. En este caso se debe configurar el primer escalón con una diferencia de **1,0 [mHz]** bajo el umbral mínimo, por lo tanto, en **49,799 [Hz]** durante **10 [s]**, así, permitiendo realizar al menos una rotación completa de una fuente respecto de la otra. Se destaca que la magnitud del escalón debe ser siempre menor o igual a la máxima tolerancia permitida.
- b. **Escalón 2:** En este caso, el escalón deberá ser configurado con una diferencia de **1,0 [mHz]** sobre el umbral mínimo en **49,801 [Hz]**, durante **10 [s]**.
- c. **Escalón 3:** En este caso, el escalón deberá ser configurado con una diferencia de **1,0 [mHz]** bajo el umbral máximo en **50,199 [Hz]**, durante **10 [s]**.
- d. **Escalón 4:** En este caso se configuró el cuarto escalón con una diferencia de **1,0 [mHz]** sobre el umbral máximo en **50,201 [Hz]**, durante **10 [s]**.
- e. **Evaluaciones de la prueba:** No se considerará una condición de parada para el bloque de evaluación, sin embargo, se evaluará solo la activación de la salida binaria "W9" dentro de los escalones 2 y 3 (donde se cumplen las condiciones de frecuencia).
- f. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de la operación de la protección para la prueba de variación de frecuencia – método 2. Se espera obtener la activación de la señal de sincronismo y/o cierre solo en los escalones 2 y 3.

4.2.5 VERIFICACIÓN DEL CIERRE EFECTIVO DE INTERRUPTORES:

El objetivo principal de esta prueba consiste en confirmar el cierre efectivo de los interruptores tras la orden de cierre y bajo la condición simulada del sistema de "Barra Viva – Línea Viva". Para realizar esta operación, personal de TRANSELEC debe coordinar con el centro de control el siguiente procedimiento:

- a. Se debe coordinar la apertura del interruptor con el centro de control.
- b. Se debe coordinar el cierre del interruptor con el centro de control.
- c. Se deben extraer los registros oscilográficos y de eventos del equipo de sincronismo. Además, se debe guardar los eventos registrados por SCADA para el procedimiento realizado.

Para validar el proceso de cierre sincronizado, el registro debe permitir validar la secuencia de cierre, donde se deben identificar los siguientes eventos:

- Orden de cierre
- Verificación de sincronismo "25OK"
- Comando de cierre
- Interruptor cerrado, cambio de estado de abierto a cerrado

Además, se registrará el tiempo total entre la orden de cierre y la confirmación del cierre del interruptor.

Se dejará registro del registro de eventos de SCADA y oscilográfico para el evento de cierre que permitan garantizar la orden de cierre sincronizada.

4.2.6 PRUEBA ADICIONAL 1: VERIFICACIÓN DE UMBRALES DE VOLTAJE VIVO Y MUERTO:

El objetivo de esta prueba es confirmar que las condiciones de voltaje vivo y muerto para cada una de las fuentes conectadas a la protección responden de acuerdo con los parámetros ajustados. Para ello, se deben realizar pruebas de rampa de voltaje que permitan validar cada umbral de la siguiente manera.

- a. **Prueba de voltaje vivo:** Considerando que la configuración del equipo presenta un ajuste de voltaje vivo de **0.7 [pu]** o **80,5 [Vsec]**, se debe iniciar la rampa de voltaje de la primera fuente un 10% por debajo del ajuste, en este caso **72,45 [Vsec]**. Para lograr la operación del esquema considerando que el equipo permite el cierre por condición BV-LM, la tensión de la segunda fuente debe permanecer en una condición de voltaje muerto.
- b. **Prueba de voltaje muerto:** Considerando que la configuración del equipo presenta un ajuste de voltaje muerto de **57,5 [Vsec]**, se debe iniciar la rampa de voltaje de la primera fuente un 10% por sobre el ajuste, en este caso **63,25 [Vsec]**. Para lograr la operación del esquema considerando que el equipo permite el cierre por condición BM-LV, la tensión de la segunda fuente debe permanecer en una condición de voltaje vivo, en este caso **115 [Vsec]**
- c. **Pruebas de umbrales para la línea:** Se deben repetir las pruebas, pero alternando las señales de barra por las de línea.
- d. **Evaluaciones de la prueba:** Para la rampa ascendente como la descendente, se evaluará la activación de la salida binaria "W9", teniendo en consideración lo indicado en el capítulo 4.2.1.
- e. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de las verificaciones realizadas.

4.2.7 PRUEBA ADICIONAL 2: VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE CIERRE NO SINCRONIZADO:

El objetivo de esta prueba es confirmar las condiciones de cierre permitidas por el ajuste del relé que no evalúan las variables de sincronismo como las son el delta de magnitud, ángulo y frecuencia. Estas condiciones de cierre pueden variar según el ajuste del equipo entre Fuente 1 Muerta- Fuente 2 Muerta, Fuente 1 Viva- Fuente 2 Muerta y Fuente 1 Muerta- Fuente 2 Viva. Para garantizar lo anterior, se generan dos estados de secuencia, el primero con voltajes que no se consideran ni vivos o muertos y el segundo que cumple con las características buscadas.

- a. **Estado 1:** El estado 1 para cualquiera de las pruebas, se ajusta con los mismos valores, los cuales son: un voltaje que no cumpla con las condiciones de Vivo o Muerto para ambas fuentes, en este caso se debe considerar un voltaje de **69 [Vsec]**, un desfase angular de **0 [deg]** entre las fuentes y una frecuencia de **50 [Hz]**. El estado se mantiene durante **1 [seg]**.
- b. **Estado 2: Caso 1:** Se ajusta la primera fuente de voltaje a una condición de voltaje muerto y el de la segunda fuente a uno de viva, manteniendo las condiciones de frecuencia y desfase del estado 1. En este caso se ajusta de la siguiente manera. **V₁: 10 [Vsec]** y **V₂: 115 [Vsec]**. El estado se mantiene durante **1 [seg]**.
- c. **Estado 2: Caso 2:** En este caso se ajustó de la siguiente manera. **V₁: 115 [Vsec]** y **V₂: 10 [Vsec]**. El estado se mantiene durante **1 [seg]**.
- d. **Estado 2: Caso 3: BM-LM:** En este caso se ajustó de la siguiente manera. **V₁: 10 [Vsec]** y **V₂: 10 [Vsec]**. estado se mantiene durante **1 [seg]**.
- e. **Evaluaciones de la prueba:** Para la rampa ascendente como la descendente, se evaluará la activación de la salida binaria "W9", teniendo en consideración lo indicado en el capítulo 4.2.1.
- f. **Resultados:** Se dejará registro gráfico de que el equipo permite el cierre para las condiciones antes verificadas: **Muerta- Muerta (V_{1M}- V_{2M})**, **V₁ Viva- V₂ Muerta (V_{1V}- V_{2M})** y **V₁ Muerta- V₂ Viva (V_{1M}- V_{2V})**.

5 REGISTRO Y EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS O ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO

5.1 PARTICIPANTES

INFORMACIÓN DE LOS EJECUTORES DE LOS ENSAYOS Y DEL EXPERTO TÉCNICO	
Nombres Ejecutores	
Empresa Ejecutora	
Nombre Experto Técnico	
Empresa Experto Técnico	
Fecha de las actividades	

5.2 DATOS DE LA INSTALACIÓN

DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Nombre de la Subestación	Jadresic
Nombre del Paño	K11
Identificación del equipo de control y/o protección bajo ensayo según planos	D4K11
Marca del equipo de control y/o protección bajo ensayo	GE
Modelo del equipo de control y/o protección bajo ensayo	C60
Número de Serie del equipo de control y/o protección bajo ensayo	

5.3 DATOS DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA UTILIZADO

DATOS LOS EQUIPOS DE PRUEBA	
Propietario del equipo de pruebas	
Marca del equipo de pruebas	
Modelo del equipo de pruebas	
Nº de serie del equipo de pruebas	
Fecha de la última revisión y/o certificado de calibración	
Tolerancia en medida de Tensión	
Tolerancia en medida de Ángulo	
Tolerancia en medida de Frecuencia	

5.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y AJUSTES DEL EQUIPO

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	
Tensión nominal de operación de la subestación	500 [kV]
Primer banco de potenciales corresponde a muestra de línea o barra.	K10 - muestra trifásica
Razón de transformación del primer banco.	$(525/\sqrt{3})/(0,115\sqrt{3})$ [kV]
Segundo banco de potenciales corresponde a muestra de línea o barra.	K12 - muestra trifásica
Razón de transformación del segundo banco.	$(525/\sqrt{3})/(0,115\sqrt{3})$ [kV]

AJUSTES DEL EQUIPO		
Máxima diferencia de voltaje primaria entre fuentes	Max Volt Diff	52500 [Vprim]
Máxima diferencia de ángulo	Max Angle Diff	20 [deg]
Máxima diferencia de frecuencia	Max Freq Diff	0,200 [Hz]
Umbral de detección de tensión muerta de barra y línea	Dead V1, V2 Max Volt	0,5 [pu]
Umbral de detección de tensión viva de barra y línea	Live V1, V2 Min Volt	0,7 [pu]
Condiciones de cierre permitidas	DV1 or DV2	<ul style="list-style-type: none"> • Barra Viva - Línea Viva • Línea Muerta - Barra Viva • Línea Viva - Barra Muerta • Línea Muerta - Barra Muerta
Fases configuradas para la verificación de sincronismo		Paño K7: Vab Paño K9: Vab

PRECISIÓN DE MEDIDA DEL EQUIPO	
Medida: Precisión del canal análogo de voltaje	±0,5% de la lectura de 10 a 208 [V]
Medida: Precisión de la frecuencia con la señal de voltaje de referencia	±0.001 [Hz]
Tolerancia en medida de ángulo	+ -5 ⁰¹

5.5 RESULTADOS DE VERIFICACIONES GENERALES

	RESULTADO	COMENTARIOS
Coherencia razones de transformación TTPP entre ajustes y planos.		
Documentos como ECAP, anexos o cualquier otro que respalde los ajustes implementados		
Verificación de coherencia de los canales análogos de tensión conectados en el equipo respecto de planos.		
Sincronización del equipo a un reloj GPS		
Configuración del equipo con un equipo de comunicaciones jerárquico superior (SCADA)		
Configuración de esquema de sincronización permite cierre bajo las siguientes condiciones		
Verificación del correcto conexionado y desempeño del circuito alimentación y de cierre		

¹ No se especifica la tolerancia para el módulo de sincronismo, por lo que se considera la desviación indicada para el módulo PMU

	RESULTADO	COMENTARIOS
relacionado con el equipo de vinculación		

5.6 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

	RESULTADO	COMENTARIOS
Prueba de inyección de tensión: magnitud, frecuencia y ángulo para contrastar lectura en equipos		
Prueba de diferencia de tensión, rampa ascendente, flanco de subida.		
Prueba de diferencia de tensión, rampa ascendente, flanco de bajada		
Prueba de diferencia de tensión, rampa descendente, flanco de subida.		
Prueba de diferencia de tensión, rampa descendente, flanco de bajada.		
Prueba de diferencia de ángulo, rampa ascendente, flanco de subida.		
Prueba de diferencia de ángulo, rampa ascendente, flanco de bajada.		
Prueba de diferencia de ángulo, rampa descendente, flanco de subida.		
Prueba de diferencia de ángulo, rampa descendente, flanco de bajada.		
Prueba de diferencia de frecuencia, umbral inferior.		
Prueba de diferencia de frecuencia, umbral superior.		
Prueba efectiva de cierre del interruptor bajo condición simulada de sincronismo.		

	RESULTADO	COMENTARIOS
Prueba adicional 1: Verificación del umbral del voltaje vivo		
Prueba adicional 1: Verificación del umbral del voltaje muerto		
Prueba adicional 2: Verificación de las condiciones de cierre no sincronizadas.		

5.7 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE PRUEBAS

	MÁXIMA DESVIACIÓN RESULTADO PRUEBAS	DESVIACIÓN NOMINAL ESPERADA PARA EQUIPO	COMENTARIOS
Verificación de medidas, tensión.			
Verificación de medidas, ángulo.			
Verificación de medidas, frecuencia.			
Prueba de diferencia de tensión.			
Prueba de diferencia de ángulo.			
Prueba de diferencia de frecuencia.			