COORDINADOR
ELÉCTRICO NACIONAL

Guía de Verificación
Control de Tensión

Versión 1

Abril 2020

Contenido

1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO 3

2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS 3

3. REQUISITOS DE EQUIPOS DE MEDIDA 3

4. REVISIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS 4

5. ENSAYOS A EJECUTAR 4

5.1. Ensayos para la Verificación de Generadores Síncronos 4

5.1.1. Evaluación de la Respuesta del Sistema de Control de Tensión/Potencia Reactiva 4

5.1.2. Verificación de estados operativos de régimen permanente extremos del diagrama de capacidad P-Q 6

5.2. Ensayos para la Verificación de Parques Eólicos y Fotovoltaicos 11

5.2.1. Respuesta del control de tensión/potencia reactiva del parque (controlador y sus limitadores) 11

5.2.2. Respuesta del parque ante distintas condiciones 12

5.2.3. Verificación de la curva PQ del Parque 12

5.3. Ensayos para la Verificación de Compensación Reactiva 14

5.3.1. Verificación del nivel de inyección o absorción de potencia reactiva 14

5.3.2. Verificación de la curva VQ 14

6. INFORME TÉCNICO 15

7. ANEXO A: INFORMACIÓN TÉCNICA DE INSTALACIONES 17

1. DEFINICIÓN DEL SERVICIO COMPLEMENTARIO

Corresponde a acciones de control que permiten mantener la tensión de operación de las barras del sistema eléctrico en una banda predeterminada, dentro de los niveles admisibles establecidos en la normativa. La naturaleza de la prestación de este servicio se considera local.

2. OBJETIVO DE LOS ENSAYOS

El objetivo del presente documento es definir las formalidades, descripciones mínimas, metodología y alcances de ensayos/mediciones a efectos de demostrar que la instalación dispone de los equipos y medios requeridos por el Coordinador para efectuar un adecuado monitoreo de la disponibilidad y desempeño del SC, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica de Servicios Complementarios NT SSCC y el Anexo Técnico, Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC vigente.

El titular de toda instalación que participe en el servicio de CT deberá realizar ensayos y/o mediciones a efectos de demostrar que la instalación dispone de los equipos y medios requeridos por el Coordinador para efectuar un adecuado monitoreo de la disponibilidad y desempeño del SC, de acuerdo con lo establecido en la norma vigente.

Los titulares o solicitantes del Proceso de Verificación deberán entregar al Coordinador, en medio electrónico, la información técnica de cada una de sus unidades de generación o equipos, en los términos especificados en el Anexo Técnico, Verificación de instalaciones para la Prestación de SSCC para la cuantificación de los recursos técnicos asociados a SSCC de Control de Tensión.

En Anexo A se adjunta resumen de información técnica requerida.

3. REQUISITOS DE EQUIPOS DE MEDIDA

Como mínimo el equipamiento utilizado deberá ser capaz de:

a) Almacenar los valores capturados en unidades de medida (por ejemplo, P, Q, V) 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 16 bits.

d) Presentar un error máximo a fondo de escala de 0.5%.

e) Presentar certificados de calibración vigentes de los equipos de medición de variables de proceso involucradas en la verificación de los servicios de control de tensión.

En los casos en los 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 lo establecido en este documento.

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.

iii. Esquemas de protecciones.

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. Personal con conocimiento para la operación de estos equipos.

iv. Comprobar que el Estudio de Coordinación y Ajuste de Protecciones involucradas entregado es el vigente.

5. ENSAYOS A EJECUTAR

5.1. Ensayos para la Verificación de Generadores Síncronos

Mediante mediciones en terreno, se requiere identificar la respuesta de los controladores que intervienen en el lazo de control de tensión/potencia reactiva de las instalaciones.

A este fin se requiere evaluar la respuesta temporal del lazo de regulación con la instalación operando en vacío y en sincronismo con el Sistema Eléctrico sobre la base de:

i. La evaluación de la respuesta del sistema de control de tensión/potencia reactiva de la instalación bajo el control de los limitadores corriente, en caso de disponer de los mismos.

ii. Verificación de estados operativos de régimen permanente extremos del diagrama de capacidad P-Q de la instalación en operación normal y de alerta.

5.1.1. Evaluación de la Respuesta del Sistema de Control de Tensión/Potencia Reactiva

En este ensayo se evalúa la respuesta del sistema de control de tensión/potencia reactiva bajo el control de/los limitadores de corriente.

Los ensayos del sistema de excitación y regulador de tensión serán realizados de acuerdo a la normativa y metodologías descriptas en la norma IEEE 421.2.

a) Respuesta temporal del lazo de regulación de tensión

Verificación del desempeño de la regulación de tensión con el generador en vacío, por aplicación de un escalón de pequeña amplitud (5%) en la referencia de tensión del AVR, a partir de un estado operativo con tensión y velocidad de rotación nominal. Se aplicará un escalón en la referencia de tensión, de amplitud

inferior al 5% de la tensión nominal de generación, y de una duración suficiente para permitir medir el establecimiento de la tensión terminal de la unidad.

Se registrará el pulso aplicado, la tensión terminal, la tensión de campo y la corriente de campo. Sobre el registro de la tensión terminal se medirán los tiempos de crecimiento y establecimiento, y el valor de la sobreoscilación de acuerdo a las definiciones de estos parámetros descriptas en la norma IEEE 421.2

b) Ensayos de techos de excitación y límites electrónicos

Estos ensayos tienen por objeto relevar las tensiones máximas y mínimas de la excitación y también los límites del Regulador de tensión. Se requiere medir las tensiones de “techo” positivo y negativo de excitación, y el tiempo de demora en alcanzarlos. El ensayo consiste en aplicar en la referencia de tensión del regulador (AVR) un escalón de amplitud aproximada al 20% de la tensión nominal del generador, y cuya duración sea del orden de 0.5 segundos.

Deberá realizarse con el generador en vacío a tensión y velocidad de rotación nominal, y regulación individual de tensión en automático. Se registrarán: tensión terminal (Vt), tensión de campo (Vf) y, de ser posible, tensión de salida del regulador (VR). Para determinar la tensión de campo máxima (VFmax) - techo positivo - se partirá con el generador al 80% de la tensión nominal, aplicándose el pulso en la referencia de tensión con polaridad positiva. Para determinar el techo negativo se partirá con el generador al 100% de la tensión nominal, aplicándose el pulso con polaridad negativa. Si el escalón del 20% no alcanzara para llegar a los techos, se incrementará en pasos del 5%, hasta el valor máximo posible.

c) Respuesta del sistema de excitación con actuación de los limitadores de subexcitación

Con el generador en carga se verificará la respuesta del sistema excitación bajo el control del limitador de subexcitación (UEL). Se partirá de una condición cercana al límite de subexcitación del diagrama de capacidad P-Q del generador y se aplicará un escalón en la referencia de tensión, de amplitud inferior al 3% de la tensión nominal de generación, cuya duración sea de 20 segundos o más para permitir el establecimiento de la tensión terminal de la unidad cuando actúa el limitador de subexcitación.

A efectos de evitar la actuación de protecciones del generador se podrá modificar para el ensayo el ajuste de la característica estática del UEL. Se registrará el pulso aplicado, la tensión terminal, la potencia reactiva, la tensión de campo y tensión de salida del regulador (VR).

El objetivo de este ensayo consiste en mostrar un control rápido y estable por parte del UEL, y una acción efectiva para limitar la potencia reactiva generada, además de verificar una adecuada coordinación con las protecciones de mínima excitación del generador.

d) Respuesta del sistema de excitación con actuación de los limitadores de sobreexcitación

Con el generador en carga se verificará la respuesta del sistema excitación bajo el control del limitador de sobrexcitación (OEL). Se partirá de una condición cercana al límite de sobrexcitación del diagrama de capacidad P-Q del generador y se aplicará un escalón en la referencia de tensión, de amplitud inferior al 3% de la tensión nominal de generación, cuya duración sea de 20 segundos o más para permitir el establecimiento de la tensión terminal de la unidad cuando actúa el limitador de sobrexcitación.

A efectos de evitar la actuación de protecciones del generador se podrá modificar para el ensayo el ajuste de la característica estática del OEL. Se registrará el pulso aplicado, la tensión terminal, la potencia reactiva, la tensión de campo y tensión de salida del regulador (VR).

El objetivo de este ensayo consiste en mostrar un control rápido y estable por parte del OEL, y una acción efectiva para limitar la potencia reactiva generada, además de verificar una adecuada coordinación con las protecciones de máxima corriente de armadura del generador.

e) Respuesta del sistema de excitación con actuación de los limitadores de sobreflujo (VOLT/Hz)

El objetivo de este ensayo consiste en mostrar un control rápido y estable por parte del limitador de sobreflujo magnético del generador, y una acción efectiva para evitar la desconexión del grupo generador frente a las máximas excursiones de tensión y frecuencia establecidas en el capítulo 5 de la NTSyCS. Dado que normalmente el ajuste de este limitador se ubica por sobre 1,05 p.u y que la tensión en bornes del generador no puede superar este valor, para realizar este ensayo será necesario modificar el ajuste del limitador V/Hz, de manera que actúe en 1,03 p.u aproximadamente ya que la frecuencia del sistema se mantiene normalmente en un entorno reducido alrededor de 50 [Hz].

El ensayo consiste en perturbar con una variación de tipo escalón la referencia de tensión de amplitud tal que el limitador tome el control de la excitación. Se debe registrar la tensión en bornes del generador, la tensión de campo, la tensión de salida del regulador y toda variable interna que resulte de interés.

5.1.2. Verificación de estados operativos de régimen permanente extremos del diagrama de capacidad P-Q

5.1.2.1. Revisión de los Antecedentes Técnicos

a) Determinación del Diagrama PQ Teórico Máximo de la Unidad

El Experto Técnico a partir de los antecedentes técnicos entregados por el Coordinado obtendrá el diagrama teórico P-Q en la unidad, el cual deberá representar la zona de operación admisible de la unidad para el rango permitido de tensiones en bornes, y considerando las restricciones de la potencia motriz, según los requisitos exigidos en los artículos 3-6, 5-26, 5-29, 5-54, 7-26 y 7-29 de la NTSyCS.

La representación teórica levantada quedará definida por las características de diseño y restricciones de la máquina motriz, que definirán el ajuste y coordinación de los limitadores de Subexcitación y Sobreexcitación.

Se considerarán como mínimo, los límites y curvas indicados a continuación, los cuales también deben representarse en el diagrama P-Q Teórico.

- **i.** Límite por Mínimo Técnico.
- **ii.** Límite por Potencia Máxima.
- **iii.** Límite de Subexcitación, indicando sus criterios de ajuste respecto a las siguientes curvas:
    - Calentamiento de cabezas de bobina de estator.
    - Límite de estabilidad teórico y práctico.
    - Límite de mínima corriente de campo.
    - Mínima tensión de servicios auxiliares.

iv. Límite de Sobrexcitación, indicando sus criterios de ajuste respecto a las siguientes curvas:

- Máxima Corriente de Campo.
- Máxima Corriente de Estator.
- Máxima tensión de servicios auxiliares.

El Informe Técnico debe contener los respaldos técnicos y la metodología aplicada para determinar los límites UEL y OEL, y las curvas anteriormente mencionadas, así como los ajustes considerados de las protecciones, según los estándares y normas aplicadas las cuales serán indicadas en el informe técnico entregable.

Para el límite de Subexcitación, UEL, adicional al criterio de ajuste usado para su definición a partir de las curvas mencionadas, se debe verificar su coordinación con la protección ANSI 40, tal que las funciones de limitación deben operar antes que cualquier función de protección para cualquier punto operativo dentro de la región de subexcitación del generador.

Para el límite de Sobre excitación, OEL, adicional al criterio de ajuste usado para su definición a partir de las curvas mencionadas, debe verificarse la coordinación del OEL con la protección de sobreexcitación y el límite de temperatura del rotor, tal que las funciones de limitación deben operar antes que cualquier función de protección para cualquier punto operativo dentro de la región de sobreexcitación del generador.

Es importante verificar que el diagrama PQ de cuenta de que la unidad es capaz de operar a factor de potencia nominal, aportando o absorbiendo la máxima potencia reactiva correspondiente.

El Experto Técnico levantará la representación teórica del Diagrama P-Q, requiriéndose trazar los diagramas para los siguientes niveles de tensión: 0,90 - 0,95 -1,0 -1,05-1,1-pu.

En la siguiente figura, se muestra a manera de ejemplo para el diagrama de 1 p.u., el ajuste de los limitadores de subexcitación y sobrexcitación, a partir de los criterios de ajuste establecidos, los cuales deben indicarse en el informe de verificación, con sus respectivas justificaciones técnicas.

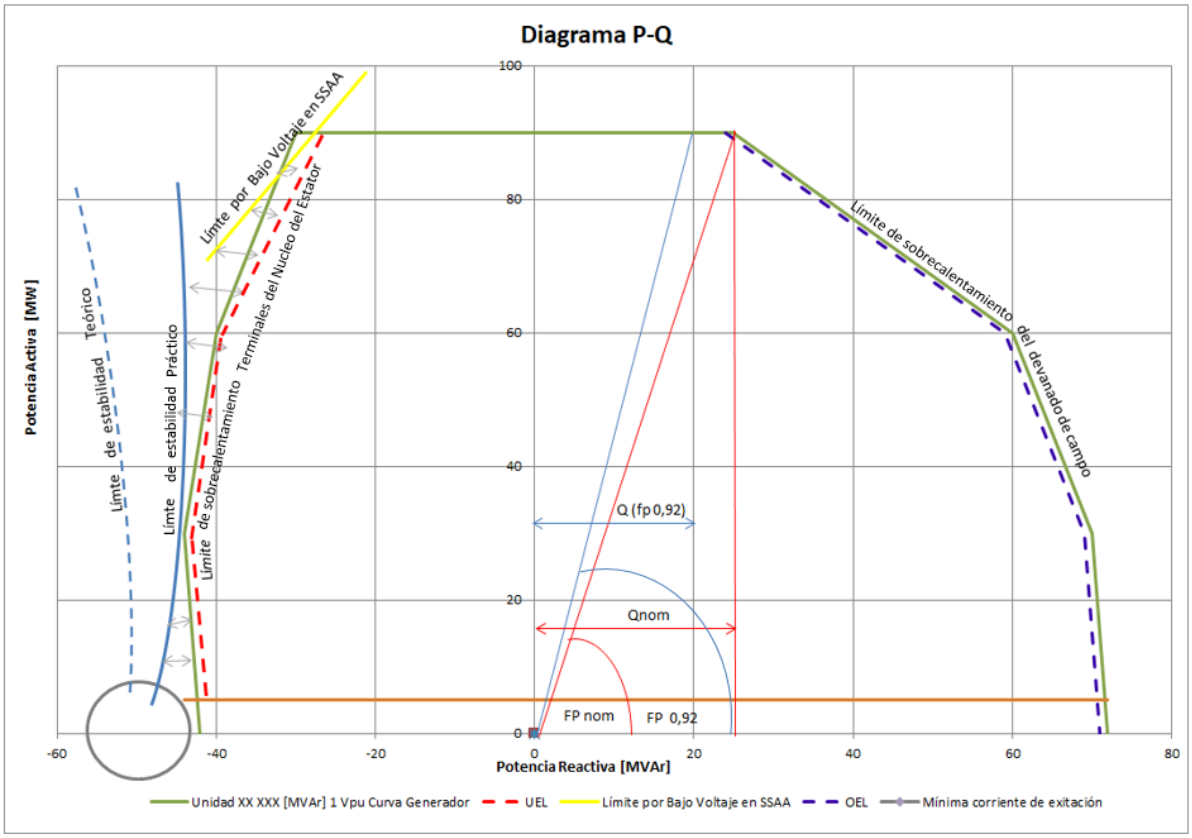

Figura 1: Diagrama PQ Teórico Máximo de la Unidad

b) Comparación del Diagrama PQ Teórico Máximo con el Diagrama PQ Ajustado en la unidad

Una vez determinado el Diagrama PQ Teórico de cada nivel de tensión en bornes solicitado, el Experto Técnico lo comparará con los Diagramas PQ ajustados en la unidad, los cuales fueron proporcionados por el Coordinado como antecedentes técnicos para la verificación del Control de Tensión de la unidad a ensayar.

El informe de verificación deberá presentar los diagramas mencionados y los resultados de la comparación realizada.

De haber diferencias en los Diagramas PQ, el Experto Técnico evaluará las desviaciones detectadas con el Coordinado, de no ser sustentadas técnicamente, solicitará al Coordinado que ajuste en su unidad el Diagrama P-Q Teórico Máximo, con lo cual se podrá iniciar el ensayo de verificación de control de Tensión de la unidad. En caso contrario, considerará los respaldos técnicos del Coordinado y obtendrá un nuevo Diagrama PQ, el cual pasará a ser el Diagrama PQ Teórico Máximo de la Unidad.

De no ser necesario el ajuste del diagrama actual de la unidad, porque este coincide con el Diagrama PQ Teórico Máximo, se registrará explícitamente esto en el Informe de verificación, junto con los respectivos respaldos que avalen que la unidad esta ajustada en los máximos niveles de aporte y absorción de reactivos, para los diferentes niveles de tensión en bornes del generador.

5.1.2.2. Ensayo de Verificación del Diagrama PQ Teórico Máximo de la unidad

a) Selección de los ocho puntos de operación por Diagrama P-Q:

Con la Diagrama P-Q Teórico Máximo de la unidad para cada tensión en bornes solicitada, el Experto Técnico en conjunto con el Coordinado, solicitarán la realización del ensayo al Coordinador, debiendo realizar la solicitud de trabajo, anexando a la solicitud el Diagrama PQ Teórico Máximo con los puntos a ensayar.

A partir de los antecedentes técnicos analizados y el Diagrama PQ Teórico Máximo, el Experto Técnico en conjunto con el Coordinado elegirán ocho puntos contenidos en el diagrama a verificar (ver figura 2), cuatro en los tramos de subexcitación y cuatro en los tramos de sobrexcitación. La distribución de los puntos deberá ser de la siguiente manera:

i. **Subexcitación**: Un punto de potencia máxima y máxima absorción de reactivos; dos puntos intermedios entre Potencia Máxima y Potencia Mínima, con máxima absorción de reactivos y un punto de mínima potencia y máxima absorción de reactivos, (puntos 5 al 8).

ii. **Sobrexcitación**: un punto de potencia máxima y máxima inyección de reactivos; dos puntos intermedios entre Potencia Máxima y Potencia Mínima con máxima inyección de reactivos, y un punto de mínima potencia y máxima inyección de reactivos (puntos 1 al 4).

Para ambos casos los puntos intermedios deberán ser ubicados según la forma del diagrama PQ, en los puntos de inflexión de los tramos de sub o sobrexcitación. En caso de que el diagrama presentase solo un punto de inflexión, se podrá considerar un solo punto intermedio para la selección de puntos.

Desviaciones entre los puntos teóricos y los resultados de los puntos ensayos con diferencias mayores de -/+2%, deberán ser justificados técnicamente en el Informe Técnico por el Coordinado y el Experto Técnico.

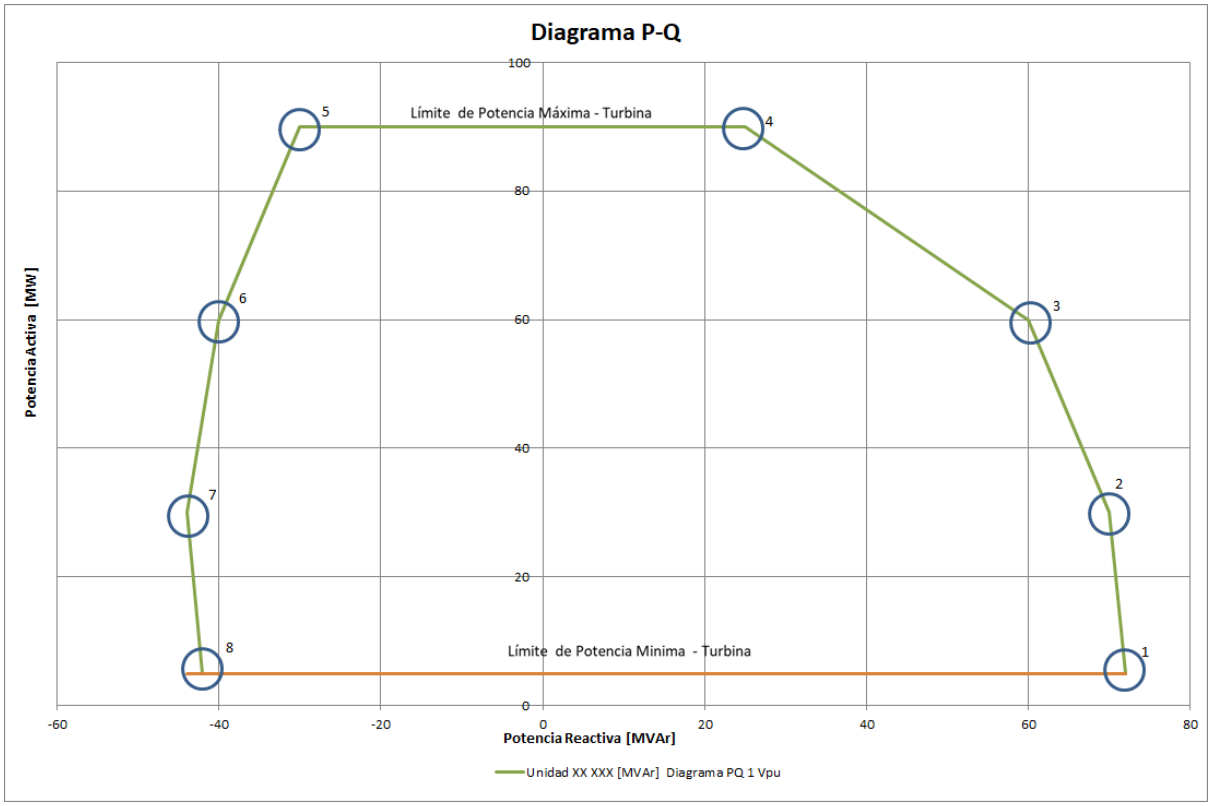

Figura 2: Puntos de ensayo sobre el Diagrama PQ Teórico Máximo de la unidad

b) El ensayo de verificación Diagrama P-Q Teórico Máximo de la unidad se realizará a una tensión en terminales del generador indicados en el punto 5.1.2.1, el AVR en modo automático y todos los módulos del sistema de excitación en servicio, el Coordinado deberá especificar en las solicitudes de trabajo estos requerimientos.

c) Ensayo de los ocho puntos de operación del Diagrama PQ Teórico Máximo: Con el generador operando a la potencia activa requerida para cada uno de los 8 puntos definidos en d) se ajustará la tensión de referencia del regulador de tensión al nivel de tensión a ensayar (0,90 - 0,95 -1,0 -1,05-1,1pu.).

   Se disminuirá o aumentará el aporte de reactivos de unidades o equipos de compensación reactiva cercanos a la planta, para obtener las coordenadas de Potencia Reactiva de los puntos ensayados, los cuales estarán determinados por la actuación de los limitadores de sobrexcitación o subexcitación.

   El tiempo de duración para cada punto ensayado debe ser de al menos 15 minutos, tiempo durante el cual deben medirse, los parámetros de interés, P, Q y V en bornes del generador, tensión y corriente de campo, y temperatura en el rotor y estator.

d) En caso de no poder obtener la máxima inyección o absorción de reactivos para los 8 puntos mencionados, luego de agotarse todas las acciones operativas locales disponibles para el control de tensión (movimientos de reactivos en unidades, equipos de compensación etc.), se debe registrar lo

acontecido en el Acta de Pruebas e Informe Técnico y las limitaciones técnicas u operativas del caso y continuar con lo indicado en los puntos siguientes.

e) Revisadas las condiciones anteriores y no pudiendo subsanarlas y de persistir la no obtención de la máxima inyección o absorción de reactivos, variar la tensión de referencia del AVR de la unidad ensayada, según sea el caso, hasta obtener el máximo valor de potencia reactiva posible, registrar esta acción en el Acta de Prueba e Informe Técnico. Este valor deberá ser corregido al nivel de tensión del diagrama ensayado, para obtener el verdadero valor de reactivos correspondiente al punto ensayado.

f) Si variando la tensión de referencia al mínimo o máximo posible no es posible obtener la coordenada en potencia reactiva esperada, el experto técnico analizará y justificará en acta e informe técnico la aceptación del valor obtenido como el valor de máxima inyección o absorción, y al igual que el punto anterior, el valor deberá ser corregido al nivel de tensión del diagrama ensayado, para obtener el verdadero valor de reactivos correspondiente al punto ensayado.

5.2. Ensayos para la Verificación de Parques Eólicos y Fotovoltaicos

Para la verificación de los requisitos técnicos de los controles de tensión/potencia reactiva de una instalación eólica o solar fotovoltaica se deberán realizar pruebas y/o mediciones a efectos de verificar:

- **i.** La respuesta de los elementos incorporados al control de tensión/potencia reactiva del parque (controlador y sus limitadores).
- **ii.** Las protecciones permiten operar el parque dentro de los límites de operación en sobretensión y subtensión establecidos para el Sistema Eléctrico Nacional en el Capítulo 5 de la NTSyCS.
- **iii.** La respuesta del parque ante variaciones rápidas de la tensión, frente a fallas en la red de transmisión, cumple con las exigencias mínimas establecidas en el Artículo 3-8 de la NTSyCS.
- **iv.** El diseño de las instalaciones de los parques eólicos o solar fotovoltaicos asegure que pueden operar en forma permanente entregando o absorbiendo reactivos en el Punto de Conexión al Sistema de Transmisión, siempre que el controlador o el recurso primario así lo permita, para tensiones en el rango de Estado Normal, en las zonas definidas en el Artículo 3-9 de la NTSyCS.
- **v.** Verificación de la curva P-Q del parque en el punto de interconexión del ST según lo indicado en el artículo 3-9 de la NTSyCS y lo requerido en el Informe de SSCC.

5.2.1. Respuesta del control de tensión/potencia reactiva del parque (controlador y sus limitadores)

Los ensayos para la verificación de la respuesta de los elementos incorporados al control de tensión/potencia reactiva del parque, serán los presentados en el punto 5.1.1 de este documento, que sean aplicables a parques solares y eólicos, pero en condiciones de presencia y ausencia del recurso primario.

A diferencia de los ensayos del punto 5.1.1, el escalón a aplicar en el control central de la planta será de ± 3% en la consigna de tensión, un escalón de ±10% Pn (Pn = Potencia nominal) en la consigna de potencia reactiva y un escalón en la consigna de factor de potencia que produzca una variación del ±10% Pn en la potencia reactiva, con el parque operando con suficiente margen de potencia reactiva. Se registra la tensión (U), la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) en el Punto de Conexión al ST.

Aplicar en al menos uno de los inversores o aerogeneradores más cercanos y en uno de los más lejanos a la subestación elevadora un escalón del ±3% en la consigna de tensión, un escalón de ±10% Pn en la

consigna de potencia reactiva y un escalón en la consigna de factor de potencia que produzca una variación del ±10% Pn en la potencia reactiva. Se registra la tensión (U), la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q), tanto en bornes del inversor o aerogenerador como en el Punto de Conexión al ST.

5.2.2. Respuesta del parque ante distintas condiciones

Se debe verificar la respuesta del parque ante variaciones rápidas de la tensión, frente a fallas en la red de transmisión, acorde a las exigencias mínimas establecidas en el Artículo 3-8 de la NTSYCS.

Para los parques con Informe de Homologación validado por el Coordinador, la verificación de esta exigencia será considerada según los resultados presentados en dicho Informe.

Para los parques que no cuenten con el informe de homologación validado por el Coordinador, deberá someterse a dicho proceso. En este caso, la validación de las lógicas de LVRT podrá ser realizada adjuntado los ensayos de fábrica para huecos de tensión balanceados y desbalanceados, en donde se deben mostrar claramente los valores de tensión, potencia y corriente activa y reactiva, y tiempos de desconexión de los inversores/aerogeneradores. Además, se solicita la entrega de los Print out con los ajustes de LVRT, y protecciones de tensión y frecuencia de los inversores/aerogeneradores instalados.

5.2.3. Verificación de la curva PQ del Parque

Con esta verificación se avaluará la curva de operación de la instalación para dar respuesta a:

- **i.** Las protecciones permiten operar el parque dentro de los límites de operación en sobretensión y subtensión establecidos para el Sistema Eléctrico Nacional en el Capítulo 5 de la NTSyCS.
- **ii.** El diseño de las instalaciones de los parques eólicos o solar fotovoltaicos que asegure que pueden operar en forma permanente entregando o absorbiendo reactivos en el punto de conexión al sistema de transmisión, siempre que el controlador o el recurso primario así lo permita, para tensiones en el rango de Estado Normal, en las zonas definidas en el Artículo 3-9 de la NTSyCS.
- **iii.** Verificación de la curva P-Q del parque en el punto de interconexión del ST según lo indicado en el artículo 3-9 de la NTSyCS y lo requerido en el Informe de SSCC.

5.2.3.1. Revisión de antecedentes técnicos

a) Evaluación del Diagrama PQ Ajustado en el Parque:

El Experto Técnico en función de los antecedentes técnicos, revisará si el Diagrama PQ ajustado en el Parque, cumple con las exigencias mínimas del artículo 3-8 de la NTSyCS, de no ser así, solicitará al Coordinado realizar los ajustes respectivos para su cumplimiento, de cumplir con lo requerido, este diagrama será el Diagrama PQ del Parque.

De no ser posible ajustar el diagrama conforme a lo indicado en el artículo 3-8 de la NTSyCS, el experto técnico señalará las limitaciones y trazará el diagrama disponible, el cual pasará a ser el Diagrama PQ del Parque, justificando las limitaciones encontradas, en el informe de verificación.

b) Determinación del Diagrama PQ Teórico Máximo del Parque:

El Experto Técnico en conjunto con el Coordinado, de acuerdo con los antecedentes técnicos del Parque y el Diagrama PQ del Parque, obtenido en el punto anterior, determinará si existen mayores rangos de operación que permitan maximizar el aporte o inyección de reactivos del parque, respetando la seguridad e integridad de este.

De determinar que el Diagrama PQ Teórico del parque, no representa el máximo rango de operación, el experto técnico en conjunto con el Coordinado deberá proponer un nuevo Diagrama PQ con el máximo aprovechamiento reactivos posible, y entregar los respaldos técnicos y criterios usados para su determinación, este Diagrama será el Diagrama PQ Teórico Máximo del Parque.

5.2.3.2. Ensayo de Verificación de los Diagramas PQ del Parque

El Experto Técnico y el Coordinado revisarán los ajustes de control del Parque y se modificarán de ser necesario, talque puedan ensayarse el Diagrama PQ del Parque y el Diagrama PQ Teórico Máximo del Parque.

Con el diagrama PQ del parque y el diagrama PQ teórico máximo del parque, se verificarán los puntos de contorno de ambos diagramas con o sin recurso primario para los niveles de tensión 0,90-0,95-1,0-1,05-1,1 pu, según el de control del parque, como se indica a continuación:

a) Control Estático

- Parques sin Controlador de Planta de Energía, PPC (Power Plant Controller): Previamente a la prueba, se ajustan los controladores en modo QV. Según los Diagramas PQ del parque obtenidos en el punto 5.2.3.1, se solicita a cada agrupación de equipos definida, el máximo valor de inyección y absorción de potencia Reactiva de los diagramas, se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible, la potencia activa, la potencia reactiva y tensión en el punto de conexión del parque durante 15 minutos, para cada nivel de tensión ensayado.
- Parques con Controlador de Planta de Energía, PPC (Power Plant Controller): Según la Diagrama PQ del parque obtenido del punto 5.2.3.1, se solicita o ajusta el PPC en modo de control que permita un aporte fijo de Q, posteriormente se solicita al PPC el valor de Potencia reactiva de máxima de inyección y máxima absorción declarada por el coordinado, se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible la tensión, la potencia activa y la potencia reactiva en el punto de conexión del parque durante 15 minutos.

b) Control Dinámico

- Parques con Controlador de Planta de Energía, PPC (Power Plant Controller): Ensayo para verificar desempeño del PPC: Se cambia la referencia de tensión en PPC del parque y se aplica un escalón de +/- 3% la tensión de referencia y se verifica el 100% del cumplimiento del escalón en el punto de conexión del parque al ST, el tiempo de aporte rápido y lento indicado en el Informe de SC vigente. Se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible la tensión, la potencia activa y la potencia reactiva en el punto de conexión del parque durante en ensayo.

  Ensayo para verificar del diagrama PQ: Según el diagrama PQ del parque obtenida del punto 5.2.3.1, se solicita o ajusta en el PPC los diferentes valores de potencia activa y reactiva talque se reproduzca el contorno del diagrama P-Q del parque, se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible la tensión, la potencia activa y la potencia reactiva en el punto de conexión del parque durante 15 minutos.

Desviaciones entre los puntos teóricos y los resultados de los puntos ensayos con diferencias mayores de -/+2%, deberán ser justificados técnicamente en el Informe Técnico por el Coordinado y el Experto Técnico.

5.3. Ensayos para la Verificación de Compensación Reactiva

Los ensayos para verificar una instalación en la compensación reactiva considerarán su capacidad de inyectar o absorber potencia reactiva, ante distintas condiciones de operación en tensión, y deberán verificar:

i. Nivel de inyección o absorción de potencia reactiva según la capacidad técnica declarada por el titular o solicitante, en función de las especificaciones del equipo, en condición de tensión nominal y ante variaciones de +/-5% y +/-7% de la tensión nominal.

ii. Verificación de la curva VQ del equipo en el punto de interconexión del ST según lo indicado en el artículo 3-8 de la NTSyCS.

5.3.1. Verificación del nivel de inyección o absorción de potencia reactiva

La verificación del nivel de inyección o absorción de potencia reactiva se realizará en conjunto con el ensayo de la curva VQ del equipo, presentada en el siguiente punto.

5.3.2. Verificación de la curva VQ

5.3.2.1. Control Estático

a) Compensador Estático de reactivos (CER):

- Desempeño del CER: En condiciones de tensión nominal y ante variaciones de +/-5% y +/-7% de la tensión nominal, se cambia la referencia de tensión del compensador y del parque y se aplica un escalón de +/- 5% la tensión de referencia y se verifica el 100% del cumplimiento del escalón y la potencia reactiva (+/-) entregada. Se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible la tensión, y la potencia reactiva en el punto de conexión del compensador.
- Ensayo del Rango de Reactivos del Equipo: se verifica la absorción o inyección máxima de reactivos conforme las características técnicas del equipo, o de las ramas o agrupaciones de este, en condición de tensión nominal.

b) Bancos de Condensadores, reactores fijos y/o desconectables:

- Tiempo de puesta en servicio del equipo: se verifica este tiempo según tiempo declarado con una desviación máxima del 10%, desde el momento en que es recibida la orden de puesta en servicio desde el CDC y hasta el cierre del interruptor acoplador.
- Ensayo del Rango de Reactivos del Equipo: en condiciones de tensión nominal y ante variaciones de +/-5% y +/-7% de la tensión nominal, se verifica el aporte de reactivos conforme las características técnicas del equipo, o de las ramas o a agrupaciones de este.

5.3.2.2. Control Dinámico

a) Compensador síncronos, SVC, STATCOM:

- Desempeño del SVC – STATCOM: Con el equipo en modo control de tensión, y en condiciones de tensión nominal y ante variaciones de +/-5% y +/-7% de la tensión nominal, se cambia la referencia de tensión del equipo y se aplica un escalón de 3% la tensión de referencia y se verifica el 100% del cumplimiento del escalón y la potencia reactiva (+/-) entregada, con el l tiempo de aporte rápido y lento según lo solicitado el Informe de SSCC vigente. Se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible el escalón de tensión aplicado y la tensión, la potencia reactiva en el punto de conexión del equipo, y los tiempos de aporte.

- Ensayo curva VQ del Equipo: el Experto Técnico con los antecedentes y características técnicas entregados por el Coordinado, obtendrá la curva de operación o capacidad del equipo VQ, de conformidad con las características técnicas del equipo, de no ser así el Coordinado realizará los ajustes respectivos en las curvas o indicará los motivos de la inconsistencia. El Experto Técnico levantará la curva VQ teórica del equipo.

  Con la Curva VQ teórica y el equipo en modo control de tensión, se varía el punto de operación del equipo para verificar la capacidad de absorción e inyección según la curva evaluada, verificándose lo siguiente:

  - Punto de inyección cero, estando la tensión del controlador en la tensión de referencia debe cumplirse inyección y absorción de reactivos “Cero”.
  - Punto de máxima absorción de reactivos: se debe disminuir el aporte de reactivos de las unidades o equipos de compensación reactiva, aledaños al equipo a ensayar, de tal forma que la tensión en los terminales baje y el equipo se vea forzado a restituirla, hasta llegar al punto máximo de absorción de reactivos.
  - Punto de máxima inyección de reactivos: se debe aumentar el aporte de reactivos de las unidades o equipos de compensación reactiva, aledaños al equipo a ensayar, de tal forma que la tensión en los terminales aumente y el equipo se vea forzado a restituirla, hasta llegar al punto máximo inyección de reactivos.

  Para los diferentes puntos evaluados, se registran a través del sistema de adquisición de datos disponible la tensión y potencia reactiva del equipo, en el punto de interconexión al Sistema de Transmisión.

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) Antecedentes técnicos de la unidad.

b) Antecedentes de operación de la instalación, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.

c) Justificaciones que describan las eventuales fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora.

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) Normas aplicadas.

j) Memoria técnica del procedimiento: condiciones del ensayo, metodología e instrumental empleado.

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, 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 la prueba de control de tensión 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.

1) Identificación de la instalación/equipo que presta el SC: Nombre, empresa coordinada, tipo instalación y características generales.

2) Indicar si el equipo o instalación tiene un Control Estático o Control Dinámico.

3) 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.

4) Puntos de conexión al Sistema Eléctrico.

5) Tensión nominal, en kV, Potencia reactiva máxima inyectada en el punto de conexión con el sistema de transmisión (en lado de AT del transformador elevador de la instalación), en MVAr.

6) Potencia reactiva máxima absorbida en el punto de conexión con el sistema de transmisión (en lado de AT del transformador elevador de la instalación), en MVAr.

7) Gradiente de toma de carga y de reducción de carga referenciales, en MVar/minuto, considerando un factor de potencia igual a 95%.

8) Restricciones por criterios de seguridad de la unidad o del equipo para la operación bajo subfrecuencia: operación relé de baja frecuencia, valor de operación en Hz, considerando un factor de potencia igual a 95%.

9) Error en estado estacionario del controlador de tensión, valor expresado en %.

10) Tiempo de respuesta en el caso de que se trate de un recurso con entrega dinámica de potencia reactiva.

11) Tiempo de estabilización de la entrega de potencia reactiva en el caso que se trate de un recurso dinámico de potencia reactiva.

12) Curva P-Q especificando en la gráfica y tablas, los límites de operación y protecciones de la instalación. En el caso de equipos de compensación estática de reactivos como SVC, STATCOM proporcionar curva V-Q. Las curvas deberán reflejar todas las restricciones para aportar o absorber reactivos, para distintos niveles de tensión en bornes de la unidad (0.9pu, 0.95pu, 1pu, 1.05pu, 1.1pu).

13) Adicionalmente, se deberá entregar toda aquella documentación técnica que respalde las curvas anteriores.

14) En el caso de unidades síncronas, la gráfica de la curva debe incluir el trazado de los siguientes límites:

a) Límite por Mínimo Técnico.

b) Límite por Potencia Máxima.

c) Límite de Subexcitación, en conformidad a las siguientes curvas:

- Calentamiento de cabezas de bobina de estator.
- Límite de estabilidad teórico y práctico.
- Límite de mínima corriente de campo.
- Mínima tensión de servicios auxiliares.
- Protecciones acordes a los límites indicados.

d) Límite de Sobrexcitación, según las siguientes curvas:

- Máxima Corriente de Campo.
- Máxima Corriente de Estator.
- Máxima tensión de servicios auxiliares.
- Protecciones acordes a los límites indicados.

15) En el caso de parques fotovoltaicos o eólicos: Indicar los modos de control disponibles en el regulador de tensión, esto puede ser tensión, factor de potencia y/o potencia reactiva e indicar si cuenta con un controlador de planta, en cuyo caso adjuntar información asociada a sus características de funcionamiento. Además, indicar si el parque puede controlar tensión o inyectar/absorber reactivos en ausencia del recurso primario.

16) En el caso de equipos de Compensación de Energía Reactiva:

a) Tensión máxima de operación, en kV.

b) Tensión mínima de operación, en kV.

c) Tipo de control: continuo o discreto.

17) En caso de la demanda:

a) Puntos de conexión al Sistema Eléctrico.

b) Tensión nominal, en kV.

c) Consumo a desconectar, factor de disponibilidad y desviación estándar anual.

d) Desviaciones máximas de las fluctuaciones aleatorias de potencia activa y de potencia reactiva, en ± MW y ± MVAr.

e) Desviación estándar de las desviaciones de las fluctuaciones aleatorias de potencia activa y potencia reactiva, en ± MW y ± MVAr.

f) Período medio de las fluctuaciones aleatorias de potencia activa y de potencia reactiva, en segundos.

g) Desviación estándar del período de las fluctuaciones aleatorias de potencia activa y de potencia reactiva en torno al período medio, rango en segundos [Min, Max].

h) Máxima desviación de potencia activa y reactiva en una ventana de 1 min, en ±MW/min y ±MVAr/min.

18) Características técnicas del equipamiento principal y de respaldo disponibles para el monitoreo y registro de potencia reactiva y de tensión en bornes de cada unidad:

a) Potencia reactiva: Clase de precisión, tasa de muestreo en muestras por segundo y capacidad de almacenamiento de registros en horas.

b) Tensión: Clase de precisión, tasa de muestreo en muestras por segundo y capacidad de almacenamiento de registros en horas.

c) Indicar si las medidas están sincronizadas mediante GPS y si los registros poseen estampa de tiempo.

d) Factibilidad y características para el envío de información en forma automática y periódica al Coordinador.

e) Factibilidad de protección de los registros con protocolos que garanticen su integridad.

f) Indicar si las instalaciones permiten realizar la medición de potencia reactiva y de tensión o se requieren adecuaciones previas.

g) Factibilidad de envío de las señales correspondientes al estado activado/desactivado del controlador de tensión y del modo de control con el cual está operando.

h) Disponibilidad de las medidas de potencia reactiva y tensión, en bornes de cada instalación, en el SITR.