Acuerdo 1563 Por el cual se establece el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación y autogeneradores eólicos y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR"

Acuerdo Número:	**Fecha de expedición:**	**Fecha de entrada en vigencia:**
1563	5 Mayo, 2022	5 Mayo, 2022

Sustituye Acuerdo:

14/10/2020 Acuerdo 1364 Por el cual se establece el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de carga de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR"

Sustituido por:

04/04/2024 Acuerdo 1827 Por el cual se actualiza el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación eólicos y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR y de los autogeneradores conectados al STN y al STR sin entrega de excedentes"

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995, su Reglamento Interno y según lo aprobado en la reunión No. 668 del 5 de mayo de 2022, y

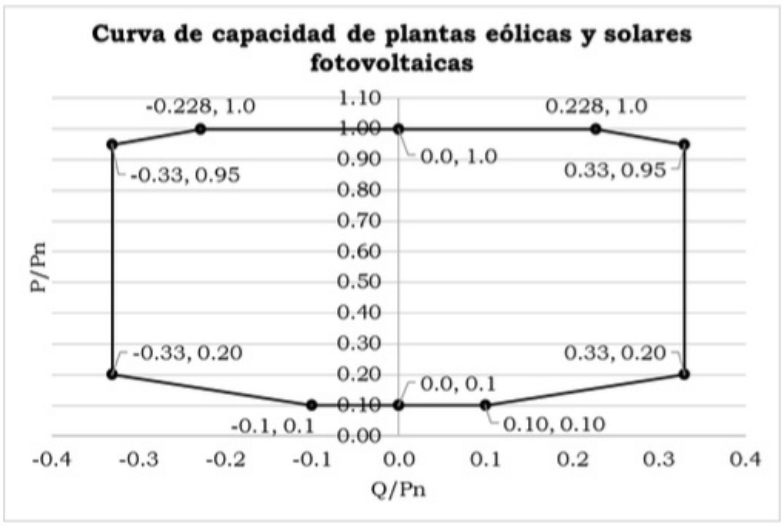
CONSIDERANDO

1

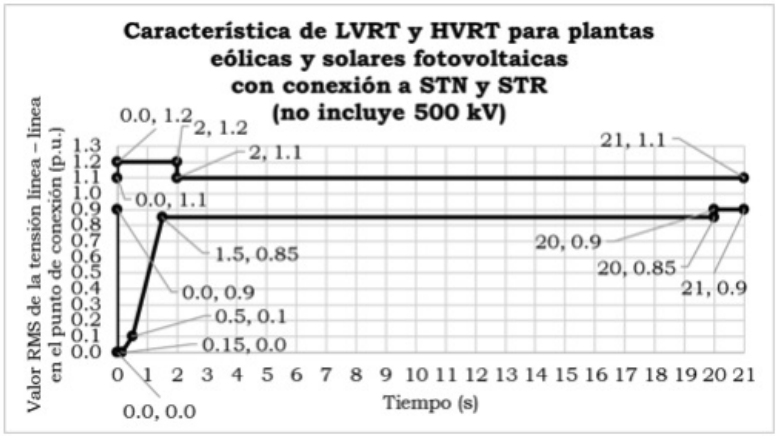
Que el numeral 5.7 -Control de Voltaje- del Código de Operación de la Resolución CREG 025 de 1995 Código de Redes modificado por el Artículo 14 de la Resolución CREG 060 de 2019 prevé:

"El numeral 5.7 del Código de Operación contenido en la Resolución CREG 025 de 1995, modificado por el artículo 1 de la Resolución 135 de 2013, quedará así:
5.7 CONTROL DE VOLTAJE
Los voltajes objetivo en los nodos de generación se determinarán según los resultados de las metodologías del Planeamiento Operativo Eléctrico.
Los movimientos de taps en los transformadores con cambio bajo carga, se hacen según los resultados del Planeamiento Operativo Eléctrico de Corto y muy Corto Plazo.
La disminución de voltaje se hace siguiendo las instrucciones del CND o del CRD, según el siguiente orden de prioridades:
1. Ajuste de voltajes objetivo de generadores.
2. Cambio de posición de los taps de transformadores.
3. Desconexión de condensadores.
4. Conexión de reactores.
5. Desconexión de líneas de transmisión o distribución en horas de baja carga.
El aumento de voltaje se hace siguiendo las instrucciones del CND o del CRD, según el siguiente orden de prioridades:
1. Conexión de líneas de transmisión o distribución.
2. Desconexión de reactores.
3. Conexión de condensadores.
4. Cambio de posición de los taps de transformadores.
5. Ajuste de voltajes objetivo de generadores.
Todas las plantas del SIN están obligadas a participar en el control de tensión, por medio de la generación o absorción de potencia reactiva según la curva de capacidad declarada.
La generación o absorción de potencia reactiva de las centrales se establece en los análisis eléctricos de estado estacionario para las diferentes condiciones de demanda.
La frecuencia con la que deben realizarse las pruebas de potencia reactiva se establecen en el numeral 7.4.1 Prueba de Potencia Reactiva del Reglamento de Operación .
Las plantas eólicas y solares fotovoltaicas, conectadas al STN y STR, deberán cumplir lo siguiente:
a) Tener la capacidad de controlar la tensión en forma continua en el rango operativo normal del punto de conexión, por medio de la entrega o absorción de potencia reactiva de acuerdo con su curva de carga declarada y según las consignas de operación definidas por el CND, para esto, se deberán cumplir los siguientes requisitos:
El regulador de tensión deberá contar con los siguientes modos de control: tensión, potencia reactiva y factor de potencia.
El regulador de tensión deberá disponer de un estatismo configurable.
El control de potencia reactiva/tensión, debe ajustarse de tal manera que sea estable y que, ante cualquier

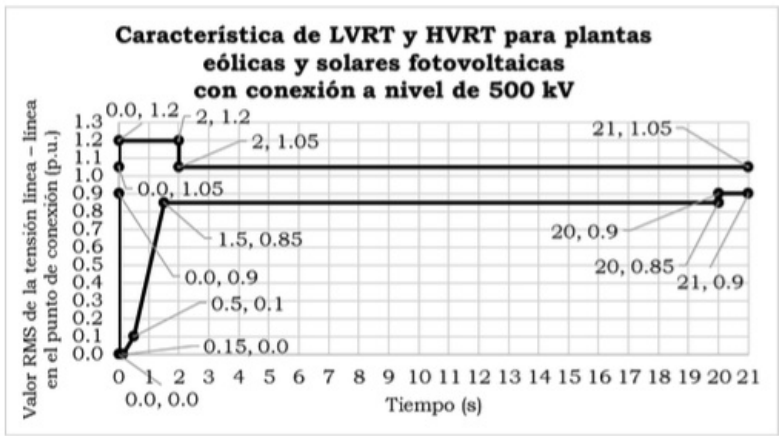
cambio en lazo abierto tipo escalón en la consigna de tensión, potencia reactiva o factor de potencia, la potencia reactiva de la planta tenga un tiempo de respuesta inicial menor a 2 segundos y un tiempo de establecimiento menor a 10 segundos.
El control debe tener la capacidad de recibir al menos una consigna de potencia reactiva, de tensión o factor de potencia de forma local o remota.
b) Para tensiones dentro del rango normal de operación en el punto de conexión, deberá operar dentro de los límites establecidos por la curva de capacidad de plantas eólicas y solares fotovoltaicas que se muestra a continuación.



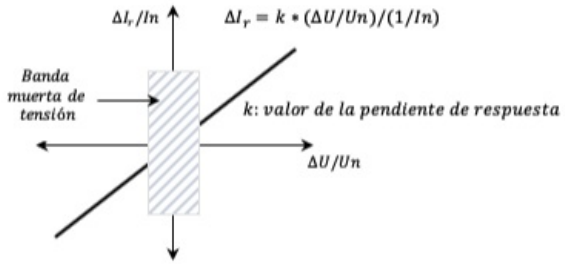
Donde:
P y Q son la potencia activa y reactiva y Pn es la potencia activa nominal.
Cuando una planta de generación eólica y solar fotovoltaica, conectada al STN y STR, esté operando en valores de potencia inferiores al 10% de la potencia activa nominal no habrá exigencia de entrega o absorción de potencia reactiva para control de tensión. Sin embargo, en esa condición la planta no debe exceder el 5% en aporte o absorción de potencia reactiva respecto a la capacidad de potencia activa nominal de la planta (5 % Q/Pn).
Antes de la entrada en operación comercial, se realizarán pruebas para verificar las curvas de capacidad y, posterior a la entrada en operación, el CND realizará seguimiento posoperativo para verificar que se conserve su cumplimiento.
Cuando se presenten fallas simétricas o asimétricas deben poder operar dentro de los límites establecidos por las curvas de comportamiento de depresiones de tensión (LVRT) y sobretensiones (HVRT) para plantas eólicas y solares fotovoltaicas.
La Característica de depresiones de tensión y sobretensiones para plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR, que no incluye red de 500 kV, es la que se muestra a continuación:



La Característica de depresiones de tensión y sobretensiones para fuentes no síncronas conectadas a la red en el nivel de tensión de 500 kV es la que se muestra a continuación:



Adicional a lo anterior, estas plantas deben ser capaces de superar depresiones de tensión sucesivas así:
- Para plantas eólicas, si la energía disipada durante las depresiones de tensión es menor a la capacidad nominal del recurso de generación durante 2 segundos, contabilizada en una ventana móvil de 30 minutos.
- Para plantas solares fotovoltaicas, deben soportar depresiones sucesivas separadas por 30 segundos entre depresión y depresión.
La depresión de tensión se considera superada cuando la tensión de línea–línea es mayor a 0.85 p.u. Una vez superada la depresión de tensión, la fuente de generación debe recuperar el 90% de la potencia activa que estaba suministrando antes de la depresión en un tiempo no superior a 1 segundo.
El CND realizará seguimiento del cumplimiento de este requisito ante eventos en el SIN.
Deben priorizar la inyección de corriente reactiva de forma que alcance un 90% del delta de cambio esperado en menos de 50 ms, con una tolerancia del 20%, ante desviaciones de tensión que excedan los límites operativos de la tensión nominal en la planta de generación. Los 50 ms consideran el tiempo necesario para detectar la falla.
El valor del delta de cambio de inyección de corriente reactiva (ΔI_r), en el punto de conexión, se calcula de acuerdo con la siguiente figura:



Para la figura anterior, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:
- ΔI_r es el valor de la siguiente relación:

$$\Delta I_r = \frac{k * \left(\frac{\Delta U}{U_n}\right)}{\left(\frac{1}{I_n}\right)}$$

Donde:
- ΔI_r es la variación de corriente reactiva respecto al valor de corriente reactiva que tenía antes del evento
- I_n es la corriente nominal
- ΔU es la variación de tensión respecto al valor de tensión que tenía antes del evento
- U_n es la tensión nominal
- k valor de la pendiente de respuesta. Debe ser ajustable con valores entre 0 y 10
- El aporte de potencia reactiva adicional se limitará al 100% de la corriente nominal del generador.
- El CND determinará el valor de k a ser usado en el punto de conexión, después de realizar los estudios eléctricos con el modelo suministrado por cada planta de generación. Cada planta de generación solar fotovoltaica y eólica debe determinar el valor de k a utilizar en cada inversor para cumplir con el valor de k definido por el CND en el punto de conexión, para lo cual se debe tener en cuenta una k parametrizable entre 0 y 10 en cada inversor y el valor máximo declarado para el generador.
- La banda muerta de tensión corresponde al rango de tensión de operación normal en el punto de conexión definido en el numeral 5.1 del Código de Operación y en el cual no operará el control de respuesta rápida de corriente reactiva definido en este literal.
- El aporte de potencia reactiva adicional se debe mantener siempre que la tensión esté por fuera del rango normal de operación.
- Se debe mantener un aporte de potencia reactiva por 500 ms después de que la tensión entre a la banda muerta de tensión manteniendo un aporte adicional proporcional a la desviación de la tensión con respecto al valor de referencia (1 p.u).
Ante eventos simultáneos de frecuencia y tensión, el CND deberá evaluar según el estado del sistema que prioridad da a la corrección de las variables de balance de frecuencia o tensión.
El CND deberá realizar evaluaciones periódicas del funcionamiento de este servicio teniendo en cuenta las condiciones del SIN."

2

Que en el artículo 18 de la Resolución CREG 060 de 2019 se prevé lo siguiente:

"*Artículo 18. Adiciónese el numeral 7.7 (“pruebas para plantas solares fotovoltaicas y eólicas”) al Código de Operación, contenido en el anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995. El numeral 7.7 del Código de Operación quedara así:*

7.7 PRUEBAS PARA PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS Y EÓLICAS.

Antes de declararse en operación comercial, las plantas eólicas y solares fotovoltaicas, conectadas al STN y STR, deben realizar y remitir los resultados de las siguientes pruebas al CND, de acuerdo con los términos y plazos establecidos mediante Acuerdo C.N.O:

- Pruebas de la curva de capacidad de que trata el literal b del numeral 5.7 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995.
- Pruebas de las características del control de potencia activa/frecuencia de que trata el artículo 4 de la Resolución CREG 023 de 2001.
- Pruebas de rampa operativa de entrada y salida de que trata el numeral 5.8 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995.

	- Pruebas de las características del control de potencia reactiva/tensión de que trata el literal a del numeral 5.7 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995. *- Pruebas de desempeño de respuesta rápida en frecuencia de que trata el numeral 5.6.3 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995.* *- Pruebas a las características de operación ante depresiones de tensión y sobretensiones para plantas eólicas y solares fotovoltaicas de que trata el literal c del numeral 5.7 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995. El C.N.O definirá mediante Acuerdo el contenido y el proceso de aceptación de certificados de laboratorio o fábrica de esta prueba. En todo caso, dichos certificados deberán estar avalados por entidades a nivel nacional o internacional, según el caso.* *- Pruebas a los requerimientos de priorización en la inyección rápida de corriente reactiva de que trata el literal d del numeral 5.7 del Código de Operación que hace parte del anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995. El C.N.O definirá mediante Acuerdo el contenido y el proceso de aceptación de certificados de laboratorio o fábrica de esta prueba. En todo caso, dichos certificados deberán estar avalados por entidades a nivel nacional o internacional, según el caso.* *Lo anterior, sin perjuicio de las pruebas de puesta en servicio propias que debe realizar un proyecto de generación para entrar en operación, las pruebas requeridas por el TN, TR u OR que entrega el punto de conexión y las demás pruebas establecidas en la regulación vigente.* *Adicional a las pruebas establecidas anteriormente, el CND realizará seguimiento posoperativo para verificar el cumplimiento de los requerimientos técnicos establecidos en la presente Resolución.* *La solicitud para realizar una prueba cubre generadores solares fotovoltaicos y eólicos conectados al STN y STR. (...)*"
3	Que el Consejo expidió el Acuerdo 1225 de 2019, por el cual se estableció el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de carga de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR".
4	Que teniendo en cuenta lo previsto en la Resolución CREG 044 de 2020 se hicieron modificaciones a las Resoluciones CREG 024 de 1995, CREG 121 de 1998 y CREG 034 de 2001 y se reglamentó la generación de plantas de generación en pruebas, y en consecuencia, el CNO expidió el Acuerdo 1364 de 2020, por el cual se actualizaron las condiciones para la realización de estas.
5	Que mediante la Resolución CREG 229 de 2021 se adicionó un inciso al final del literal b) del numeral 5.7 del Código de Operación, Resolución CREG 025 de 1995, modificado por el artículo 14 de la Resolución CREG 060 de 2019, y se estableció en el artículo primero lo siguiente: "*Para la aplicación de la curva P-Q anterior el C.N.O., con apoyo del CND, deberá determinar mediante simulaciones de la operación del sistema una curva de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) o equivalente en el punto de conexión, que conjuntamente con la curva P-Q permitan determinar los requisitos que deben cumplir las plantas en el punto de conexión. Lo anterior debe expedirse mediante Acuerdo del C.N.O.(...)*"
6	Que el CNO expidió el Acuerdo 1546 de 2022 "Por el cual se aprueban las curvas de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) que ajustan la curva PQ establecida en la Resolución CREG 060 de 2019 en el punto de conexión de las plantas solares y eólicas que se conecten al STN y al STR".
7	Que el Subcomité de Controles en la reunión extraordinaria 243 del 3 de mayo de 2022 dio concepto favorable a la expedición del presente Acuerdo, en el que se actualiza el procedimiento para la verificación de la curva de capacidad y las curvas de capacidad de las plantas de generación y los autogeneradores solares y eólicos conectados al STN y al STR, de acuerdo con lo previsto en la Resolución CREG 229 de 2021 y en el Acuerdo 1546 de 2022.
8	Que consultado por correo electrónico el Comité de Operación el 3 de mayo de 2022, recomendó la expedición del presente acuerdo.
ACUERDA:	
1	**PROCEDIMIENTO:** Aprobar el "Procedimiento para verificar la curva de capacidad de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR", que se presenta en el Anexo 1 del presente Acuerdo que hace parte integral del mismo.

2	**CRONOGRAMA DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD:** A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, el CND elaborará de común acuerdo con los agentes generadores un cronograma de realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas que se conecten al STN y STR. En el Subcomité de Controles se presentará la actualización del cronograma, cuando aplique.
3	**PRESENTACIÓN DE BALANCE DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD:** El balance de los resultados de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y al STR será presentado por el CND al Subcomité de Análisis y Planeamiento Eléctrico cada seis (6) meses.
4	**CURVA DE REFERENCIA:** Las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR deben cumplir alguna de las siguientes alternativas de curva de capacidad: • Curva de capacidad definida en el punto de conexión, en el literal b del Artículo 14 de la Resolución CREG 060 del 2019 o aquella que la modifique o sustituya. • Curva PQ definida en el punto de conexión, en el literal b del Artículo 14 de la Resolución CREG 060 del 2019 o aquella que la modifique o sustituya, ajustada con curva QV definida en el Acuerdo CNO 1546 o aquel que lo modifique o sustituya, considerando lo establecido en el Artículo 1 de la Resolución CREG 229 del 2021. • Curva P-Q definida en el punto de conexión, en el literal b del Artículo 14 de la Resolución CREG 060 del 2019 o aquella que la modifique o sustituya, en los terminales de alto voltaje del transformador elevador del generador considerando la transición establecida en el Artículo 2 de la Resolución CREG 229 del 2021.
5	**DEFINICIÓN DE PUNTOS A PROBAR:** Con base en la curva de capacidad declarada por el agente que debe cumplir con los requerimientos de curva de referencia definidos en el Artículo Cuarto del presente Acuerdo, los Agentes y el CND acordarán los puntos operativos en el plano P – Q de la planta de generación que serán sometidos a prueba. Como mínimo se deberán verificar tres (3) puntos en la zona de absorción de potencia reactiva y tres (3) puntos en la zona de entrega de potencia reactiva para las potencias correspondientes al mínimo técnico, un valor intermedio y la potencia nominal de la planta. Con base en las condiciones del Sistema y características de la curva de capacidad, pueden considerarse más de tres puntos de prueba en cada región para mejorar la precisión de la curva a declarar.
6	**CUMPLIMIENTO DE LA PRUEBA:** Se entenderá que las pruebas de verificación de la curva de capacidad son exitosas, si se alcanzan los puntos definidos en el Artículo Quinto del presente Acuerdo, o mínimamente los puntos definidos por la curva de referencia indicada en el Artículo Cuarto del presente Acuerdo en el punto donde se define el requerimiento de esta, y se sostienen los valores de potencia reactiva en cada punto de prueba en los tiempos de duración y con las tolerancias que se definen en el Anexo 1 del presente Acuerdo. Durante las pruebas en campo se debe verificar la potencia reactiva asociada al mínimo técnico, a un valor intermedio y a la máxima disponibilidad de potencia activa en el momento de la prueba tanto para la región de absorción de potencia reactiva como para la región de entrega de potencia reactiva. **PARÁGRAFO PRIMERO:** Si la prueba no se puede llevar a cabo por las condiciones del SIN en la fecha programada, ésta deberá ser reprogramada de común acuerdo entre el CND y el agente, una vez se restablezcan las condiciones operativas propicias para la prueba. En caso de que la potencia máxima disponible al momento de la prueba sea inferior a la potencia nominal, este punto de la prueba se podrá verificar considerando alguna de las siguientes dos opciones: - Reportar los registros en los que por condiciones naturales del Sistema se haya alcanzado la potencia reactiva máxima en entrega y/o en absorción a la potencia activa nominal. Estos registros serán verificados por el auditor. - Durante las pruebas adicionales definidas en el Anexo 1 del presente Acuerdo, el agente tomará los registros y los compartirá al auditor. **PARÁGRAFO SEGUNDO:** Para verificar la curva de capacidad en el punto que corresponda según el Artículo Cuarto del presente Acuerdo, para plantas nuevas o existentes que operen con fronteras embebidas o autogeneradores, se deberá revisar en el Subcomité de Controles qué mediciones adicionales son factibles para individualizar el aporte de la planta bajo pruebas. Será responsabilidad del auditor verificar el cumplimiento de la curva en el punto que corresponda, utilizando las mediciones correspondientes.

7	**REPORTE DE CURVA DE CAPACIDAD PARA PLANTAS EÓLICAS Y SOLARES FOTOVOLTAICAS QUE SE CONECTARÁN AL STN Y STR:** Los agentes generadores de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas que se conectarán al STN y STR; deben reportar al CND la curva PQ dentro del rango normal de operación según lo previsto en el Acuerdo 1214 de 2019, o aquel que lo modifique o sustituya. Asimismo, el agente debe suministrar la función matemática o una familia de curvas con un paso de tensión de 0.01 p.u desde una tensión en el punto donde se define la curva de referencia de 0.9 p.u a 1.1 p.u, que permita calcular la potencia reactiva de acuerdo con la tensión que se tenga en el punto donde se define la curva de referencia.
8	**REPORTE DE CURVA DE CAPACIDAD EN EL PUNTO DE CONEXIÓN PARA PLANTAS EÓLICAS Y SOLARES FOTOVOLTAICAS QUE SE ENCUENTREN EN OPERACIÓN COMERCIAL ANTES DE LA ENTRADA EN VIGENCIA DE LA RESOLUCIÓN CREG 060 DEL 2019:** Los agentes generadores de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR que se encuentren en operación comercial antes de la entrada en vigencia de la Resolución CREG 060 del 2019 deben reportar al CND la curva PQ dentro del rango normal de operación en el plazo definido en la Resolución CREG 060 del 2019 o aquella que la modifique o sustituya.
9	**CAMBIOS EN COMPENSACIONES, GENERACIÓN, SISTEMA DE CONTROL DE TENSIÓN O POTENCIA NOMINAL DE LAS PLANTAS EÓLICAS Y SOLARES CONECTADAS AL STN Y STR:**Los agentes generadores de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas que estén conectadas al STN y STR que realicen cambios o modernizaciones de sus sistemas de compensación, generación, control de tensión de la planta o cambio de potencia activa nominal, tendrán un plazo máximo de 90 días calendario contados a partir de la fecha del cambio en alguno de los elementos indicados, para reportar la nueva curva de carga de la planta considerando las alternativas definidas en el Artículo Cuarto del presente Acuerdo. En caso de que por razones técnicas la curva de capacidad no pueda ser reportada en los plazos establecidos, los agentes realizarán la solicitud de aplazamiento a través del Subcomité de Controles quien con base en la justificación dará aprobación o no de dicha solicitud y cuando aplique se actualizará el cronograma de pruebas correspondientes. Cuando se presente un cambio en el sistema de control de tensión y el agente no identifique la necesidad de realizar las pruebas para verificar la curva de capacidad, este deberá presentar en el Subcomité de Controles el análisis que justifica la no realización de estas pruebas y el Subcomité definirá si es necesario realizarlas. Los agentes acordarán con el CND la realización de pruebas de verificación de la curva correspondiente tal como lo especifica el presente Acuerdo. La nueva curva de carga deberá cumplir con la referencia definida en el numeral 4 del presente Acuerdo y se declarará teniendo en cuenta lo establecido en el Acuerdo CNO 1413 de 2021 o aquel que lo modifique o sustituya. **PARÁGRAFO:** Para verificar la curva de capacidad en el punto que corresponda según el artículo cuarto del presente Acuerdo, cuando se den modernizaciones en plantas que operen con fronteras embebidas o autogeneradores, se deberá revisar en el Subcomité de Controles qué mediciones adicionales son factibles para individualizar el aporte de la planta bajo pruebas. Será responsabilidad del auditor verificar el cumplimiento de la curva en el punto que corresponda utilizando las mediciones correspondientes.
10	**AUDITORÍA DE LAS PRUEBAS:** Las funciones del auditor de las pruebas para verificar la curva de capacidad de las plantas eólicas y solares fotovoltaicas conectadas al STN y STR son: • Verificar conjuntamente con el CND si las condiciones del sistema para las pruebas están dadas y si las mismas pueden realizarse. • El auditor deberá verificar el cumplimiento de la prueba conforme a lo establecido en el Artículo Sexto del presente Acuerdo. • Verificar la obtención de registros de la prueba con el uso de un registrador con certificado de calibración con una vigencia menor o igual a 5 años. • Reportar los resultados de las pruebas según lo definido en el Anexo 1 del presente Acuerdo. • Elaborar el informe preliminar según lo definido en el Anexo 2 del presente Acuerdo, al finalizar la prueba y el informe detallado cuyo formato se presenta en el Anexo 3 del presente Acuerdo. • Para las plantas a las que les aplique el parágrafo del Artículo 8 del presente Acuerdo, verificar el cumplimiento de la curva en el punto que corresponda utilizando las mediciones definidas.
11	El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su expedición y sustituye el Acuerdo 1364 de 2020.

Presidente - Juan Carlos Guerrero

Secretario Técnico - Alberto Olarte Aguirre