

## Procedimiento 2. Procedimiento Criterios de seguridad para la planificación, diseño y operación del SEN

### CRITERIOS DE SEGURIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y OPERACIÓN DEL SEN

#### 1. GENERALIDADES

##### 1.1. Campo de aplicación

Este procedimiento debe ser aplicado por todos los Agentes del MEN, según lo indicado por la regulación nacional y regional vigente. Los criterios deben aplicarse tanto para la condición actual de operación del SEN, incluyendo la operación normal y la operación durante indisponibilidades programadas, así como para el planeamiento de las obras de generación y transmisión futuras.

Estos criterios deben aplicarse en la planificación y operación integrada del SEN como parte del Sistema Eléctrico Regional de América Central.

Este procedimiento no es aplicable la generación distribuida para autoconsumo modalidad medición neta sencilla.

##### 1.2. Propósito

El propósito de este procedimiento es establecer los Criterios de Seguridad Operativa que deben utilizarse para la planificación, diseño y operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). La definición y aplicación de estos criterios es importante para evitar que como consecuencia de las contingencias en el SEN se afecte la continuidad y calidad del suministro de energía eléctrica. La meta principal es reducir el riesgo de que ocurran pérdidas descontroladas de generación y de carga, así como apagones totales o parciales del Sistema Eléctrico Nacional.

Estos criterios de seguridad deben aplicarse para que el sistema eléctrico de Costa Rica sea planificado, diseñado y operado, de tal manera que soporte las contingencias establecidas y para limitar las consecuencias derivadas de las mismas.

##### 1.3. Definiciones

**Abonado:** persona física o jurídica que ha suscrito uno o más contratos para el aprovechamiento de la energía eléctrica.

**Acción correctiva:** medida que se toma para que la operación del sistema eléctrico cumpla con los límites y consecuencias establecidas en los criterios de seguridad.

#### Agentes del Mercado Eléctrico Nacional, MEN:

Son agentes del Mercado Eléctrico Nacional:

- a) Instituto Costarricense de Electricidad: Responsable de la satisfacción de la

- demanda nacional de electricidad. Participa en Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización. Responsable de la Operación del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado y de la Planificación Eléctrica Nacional.
- b) Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.: Participa en generación hasta su propia demanda, distribución y comercialización de electricidad en su zona de concesión legal.
  - c) Generadores Privados: Participan en generación eléctrica con contrato de compra de energía suscrito con el ICE por disposición de la Ley 7200 capítulos I y II.
  - d) Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.: Participa en generación en los términos que autoriza la Ley 8345, distribución y comercialización de electricidad en su zona de concesión legal.
  - e) Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago: Participa en generación en los términos que autoriza la Ley 8345, distribución y comercialización de electricidad en su zona de concesión legal.
  - f) Cooperativas de Electrificación Rural: Participan en generación en los términos que autoriza la Ley 8345, distribución y comercialización de electricidad en su zona de concesión legal. Siendo actualmente la Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos, RL, la Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste, RL, Cooperativa de Electrificación Rural de Los Santos, RL, Cooperativa de Electrificación Rural de Alfaro Ruiz, RL.
  - g) Consorcio Nacional de Empresas de Electrificación de Costa Rica R.L.: Participa en generación de electricidad en conjunto con las Cooperativas asociadas, de conformidad con la Ley 8345.
  - h) Usuarios conectados en alta tensión: Abonado en alta tensión, persona física o jurídica que ha suscrito uno o más contratos para el aprovechamiento de la energía eléctrica en alta tensión.
  - i) Y otros legalmente autorizados.

**Agente Generador, Generador o Empresa Generadora:** Todo agente del MEN que participe en la etapa de generación ya sea por medio de plantas de generación o sistemas de almacenamiento de energía.

**Agente Distribuidor, Distribuidor o Empresa Distribuidora:** Todo agente del MEN que participe en la etapa de distribución de energía eléctrica.

**Barra:** punto de interconexión de diferentes componentes del sistema eléctrico. El concepto de barra de una subestación incluye todos los elementos que están dentro del área de la protección diferencial de barras correspondiente.

**Carga eléctrica:** es la potencia instantánea consumida por un usuario.

**Centro Nacional de Control de Energía (CENCE):** Dependencia del ICE quien realiza las funciones de OS/OM de Costa Rica.

**Componente:** para efectos de este procedimiento, se refiere a todo equipo que forma parte del sistema eléctrico nacional, tales como generadores, sistemas de almacenamiento de energía, transformadores, autotransformadores, líneas de

transmisión, barras de subestación, equipos de compensación reactiva y equipos especiales de transmisión.

**Componente fallado:** es aquel componente que sufre una falla y que sale de operación como consecuencia de esta.

**Componente crítico:** es aquel componente cuya falla en un momento determinado, compromete la integridad del sistema eléctrico nacional. La aplicación de criterios de seguridad operativa permite evitar la existencia de tales componentes.

**Componente fuera de servicio:** componente que sale o no se encuentra en operación en el SEN.

**Contingencia:** es la salida de operación o desconexión de uno o más componentes del SEN, de forma inesperada, tal como la salida de operación de un generador, una línea de transmisión, un interruptor u otro elemento eléctrico, que pueden llevar al SEN a condiciones topológicas y con parámetros eléctricos fuera de lo establecido como tolerable dentro de los Criterios de seguridad operativa y CCSD establecidos en la regulación nacional y regional vigente.

**Contingencia única o sencilla:** ocurre cuando un evento provoca la salida de servicio de un único componente del sistema eléctrico.

**Contingencia múltiple:** ocurre cuando un evento provoca la salida de servicio de dos o más componentes de manera simultánea o en forma casi simultánea.

**Contingencia extrema:** ocurre cuando un evento provoca la salida de dos o más componentes críticos que salen de operación simultáneamente o en forma casi simultánea, provocando un alto impacto sobre el sistema eléctrico y en general con un alto riesgo de que cause un apagón total (pérdida de la barra completa de una subestación crítica, pérdida simultánea de dos plantas generadoras, entre otros).

**Criterio de contingencia única o sencilla:** establece que si todos los componentes disponibles (generadores, transformadores, líneas de transmisión y otros) del sistema eléctrico están operando normalmente y un único componente sale de operación súbitamente, el sistema debe pasar a otro estado de operación estable, que también cumple con todos los criterios establecidos, sin ninguna intervención manual o automática.

**Criterios de seguridad operativa:** conjunto de definiciones y reglas que establecen la forma en que se debe desempeñar el Sistema Eléctrico Nacional, tanto en condiciones normales de operación como durante contingencias

**Desconexión automática de un componente:** es la salida de servicio de un componente, producida por la acción de un sistema de protección, cuyo fin es aislar el componente fallado.

**Desconexiones en cascada:** salidas de servicio de varios componentes del SEN ocasionadas por un evento, que provoca primero la desconexión de un componente y que posteriormente se desconectan automáticamente otros componentes como

consecuencia de la pérdida del primero. Las desconexiones en cascada provocan una pérdida descontrolada de componentes, carga y generación y representan una amenaza importante a la seguridad del sistema eléctrico.

**Esquema de protección:** es el formado por el conjunto de sistemas de protección de una planta o subestación.

**Equipos de compensación reactiva:** equipos utilizados como fuentes de potencia reactiva para compensar el factor de potencia o para controlar la tensión en los nodos del sistema eléctrico. Incluye reactores, condensadores fijos, condensadores sincrónicos, compensadores estáticos de VAr (SVC) y cualquier otro equipo que sea utilizado para el control de tensión (voltaje) mediante la inyección o absorción de potencia reactiva.

**Equipos especiales de transmisión:** equipos utilizados con el objetivo principal de incrementar los límites de transmisión de potencia de un sistema eléctrico, generalmente utilizando electrónica de potencia. Incluye enlaces en corriente directa, sistemas de transmisión flexible (FACTS), entre otros.

**Estado normal de operación de un componente:** es aquel en que un componente del sistema eléctrico opera dentro de su límite de capacidad nominal.

**Estado anormal de operación de un componente:** es aquel en que un componente del sistema eléctrico opera fuera de sus límites nominales de capacidad.

**Evento:** es un hecho que puede ocurrir en cualquier instante y afectar la operación del SEN o el cumplimiento de los criterios de seguridad operativa y de los CCSD, que podría provocar cambios topológicos en la RTN, desconexiones de carga o generación, variaciones de frecuencia y/o tensión (voltaje) fuera de los ámbitos admisibles determinados por la regulación nacional o regional.

**Falla:** Cese de la capacidad de un elemento, componente o sistema eléctrico para realizar la función para la que fue concebido, afectando su estado normal de operación.

**Falla de fase a tierra o monofásica:** cortocircuito que ocurre al producirse el contacto de una de las fases de un sistema eléctrico a tierra.

**Falla trifásica:** cortocircuito que ocurre al producirse el contacto de las tres fases de un sistema eléctrico (puede ser a tierra o sin involucrar el contacto con esta).

**Función de protección primaria:** acción de desconectar del sistema eléctrico únicamente el componente fallado, por medio de un sistema de eliminación de fallas.

**Función de protección de respaldo:** acción para liberar la falla que no fue eliminada por la función de protección primaria a través del sistema de eliminación de fallas. Puede efectuarse en forma local por medio de un sistema de eliminación de fallas adicional en la misma subestación, o en forma remota utilizando los sistemas de eliminación de fallas de las subestaciones adyacentes.

**Mantenimiento programado:** indisponibilidad de uno o más componentes del sistema

eléctrico aprobada en el Programa Anual de Indisponibilidades o en sus actualizaciones mensuales.

**Mecanismo de acción correctiva:** sistema manual o automático para desconectar carga o generación, o para aislar partes del sistema eléctrico en forma controlada, cuyo objetivo es evitar la desconexión descontrolada en cascada, que podrían llevar a un colapso total del sistema.

**Mercado Eléctrico Nacional (MEN):** Ámbito regulado en el que se satisface la demanda nacional de electricidad. Participan prestadores del servicio público de electricidad en las etapas de generación, transmisión, distribución y comercialización, debidamente autorizados por Ley al efecto. Así como los consumidores conectados en alta tensión.

**Operador de Sistema/ Operador de Mercado (OS/OM):** es la entidad responsable del planeamiento operativo, despacho y operación en tiempo real del SEN cumpliendo con los criterios de seguridad operativa y los Criterios de Calidad, Seguridad y Desempeño (CCSD) establecidos en la regulación nacional y regional, incluyendo la operación del mercado como responsable de coordinar los intercambios de energía y servicios auxiliares regionales del MEN y MER. Por ley esta función fue asignada al ICE quien la realiza a través del Centro Nacional de Control de Energía (OS/OM)

**Pérdida de carga controlada:** es la desconexión de carga que se realiza por medio de acciones manuales o automáticas con el objetivo de salvaguardar la integridad del sistema eléctrico.

**Planta de generación:** Conjunto de obras civiles y equipamiento eléctrico y mecánico utilizado para la producción de energía eléctrica.

**Regulación Nacional:** es la normativa del MEN, compuesta por las leyes, decretos, normas y reglamentos dictados para el sector eléctrico dictados por el Gobierno de la República, MINAE o Aresep.

**Regulación Regional:** es la normativa del MER, compuesta por el Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional, los Protocolos al Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional, los Reglamentos dictados y las Resoluciones de la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE).

**Sistemas de almacenamiento de energía:** conjunto de infraestructura (civil, eléctrica y mecánica) que permiten acumular energía por diferentes tecnologías para su utilización de manera diferida así como el posterior suministro de esta al SEN

**Sistema de eliminación de fallas:** está formado por los componentes que en forma conjunta se utilizan para liberar una falla. Incluye relevadores de protección, canales de disparo, cables de control, interruptores, transformadores de corriente y de potencial, fuentes de alimentación de corriente directa, canales de comunicación y elementos auxiliares.

**Sistema de protección:** está formado por un conjunto de sistemas de eliminación de fallas de un módulo de una subestación, de un generador, de un transformador o de otros componentes del sistema eléctrico. En el caso de las líneas de transmisión se tiene un

sistema de protección en cada terminal.

**Sistema Eléctrico Nacional (SEN):** Es el sistema de potencia compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas de generación, sistemas de almacenamiento, la red de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios. Conjunto de empresas y equipamientos en territorio nacional interconectados entre sí y regulados por las normas de la Autoridad Reguladora.

**Sistema Eléctrico Regional:** sistema eléctrico de América Central compuesto por los sistemas eléctricos nacionales de los seis países de Centroamérica y sus líneas de interconexión.

#### 1.4. Acrónimos

**ARESEP:** Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica.

**CCSD:** Criterios de Calidad Seguridad y Desempeño

**CENCE:** Centro Nacional Control de Energía, Operador del Sistema y Operador de Mercado (OS/OM) de Costa Rica.

**P.U.:** valores en por unidad (adimensionales) referidos a un valor base de la variable de interés.

**RTN:** Red de Transmisión Nacional

**SEN:** Sistema Eléctrico Nacional.

## 2. CRITERIOS APLICABLES DE SEGURIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y OPERACIÓN DEL SEN

### 2.1. Criterios de Seguridad

Los Criterios de Seguridad para la Planificación, Diseño y Operación del SEN se encuentran en la tabla 1. En los estudios eléctricos del SEN realizados para planificar, diseñar y operar el mismo deben simularse las contingencias descritas en la tabla y debe observarse el cumplimiento de los límites y consecuencias aceptables.

Los planes de expansión de transmisión, el diseño de las plantas de generación y sistemas de almacenamiento de energía y de sus obras de conexión al SEN y los procedimientos de operación del OS/OM y de los agentes del MEN deben basarse en estudios eléctricos que aseguren el cumplimiento de estos criterios; así como las medidas correctivas que deban aplicarse para garantizar su cumplimiento en el caso de atrasos de obras, salida forzada de componentes o indisponibilidad de componentes del sistema eléctrico.

En la primera columna de esa tabla se muestran las categorías de las contingencias. Está ordenada de eventos con mayor a menor probabilidad de ocurrencia. Los eventos con

mayor probabilidad de ocurrencia (operación sin componentes fuera de servicio y contingencias únicas) generalmente tienen consecuencias menores que los eventos con menor probabilidad de ocurrencia (contingencias múltiples).

En la segunda y tercera columnas se muestran respectivamente los eventos y los componentes afectados por los distintos tipos de eventos.

En la cuarta columna se muestra el número de componentes fuera de servicio como consecuencia del evento para cada una de las contingencias.

En las columnas restantes se muestran los límites de operación aplicables y las consecuencias aceptables para cada categoría. Se acepta la desconexión de carga de manera controlada solo en el caso de las contingencias múltiples, que tienen baja probabilidad de ocurrencia y consecuencias potencialmente graves para el SEN.

## **2.2. Disposiciones generales**

A continuación, se encuentran las aclaraciones de la tabla 1, para la apropiada comprensión de esta.

- a) La indisponibilidad de componentes por mantenimiento programado no se considera como contingencia. Los Criterios de Seguridad deben cumplirse durante los mantenimientos programados, lo que comprende el cumplimiento de todas las categorías de la tabla 1.
- b) Los Criterios de Seguridad no necesariamente se tienen que cumplir para porciones radiales del sistema, si no representan un peligro de seguridad para el sistema eléctrico (no deben causar salidas parciales o totales o desconexiones en cascada).
- c) En las porciones radiales del SEN que queden como consecuencia de una contingencia o por indisponibilidades programadas, se aceptará que los niveles de tensión finales sean inferiores a los indicados en la tabla 1 siempre y cuando en esos nodos no haya conectados abonados y no represente un peligro de seguridad para el sistema eléctrico.
- d) No se consideran como contingencias de la categoría C o D, aquellos eventos que provoquen la desconexión de un componente, que a su vez causa la desconexión de otros componentes que están conectados en forma radial al primero. Este tipo de contingencia corresponde a la categoría B.
- e) El límite de carga o límite térmico continuo corresponde a la magnitud de corriente con que el componente del SEN puede operar en forma continua. El límite de emergencia puede ser mayor al límite térmico continuo y corresponde a la

capacidad de sobrecarga temporal de cada componente específico, la cual debe ser determinada por el propietario del componente del SEN y comunicada al OS/OM al menos una vez al año o cuando haya cambios en las características del componente.

- f) La estabilidad del sistema se refiere tanto a la estabilidad de frecuencia, estabilidad angular, estabilidad de tensión (voltaje) y estabilidad de pequeña señal.
- g) La falla de interruptor debe incluir tanto la no apertura cuando se requiera, como la falla de aislamiento interno o externo en sus cámaras.
- h) La desconexión de carga en forma controlada para proteger el sistema en caso de contingencias múltiples será ejecutada por medio de esquemas previamente evaluados e implementados por el OS/OM y los agentes distribuidores. Estos pueden ser esquemas de desconexión manual de carga o esquemas automáticos (sistemas de protección complementarios). Se acepta también la desconexión controlada de generadores y cambios topológicos de la red si se determina que salvaguardan la integridad del sistema en el caso de contingencias múltiples. Los sistemas de control suplementario deben ser redundantes en aquellos casos que el OS/OM lo considere necesario para reducir el riesgo derivado de una operación incorrecta o falla de este.
- i) Los límites de carga aplican para todos los componentes del sistema.
- j) Luego de ocurrir una contingencia de categoría B o C debe realizarse un ajuste del sistema eléctrico en un período de 30 minutos, para que en caso de ocurrir una segunda contingencia de categoría B, se siga cumpliendo con las consecuencias aceptables para esta categoría.
- k) No es permitido la operación de un mecanismo de acción correctiva al ocurrir una contingencia única o sencilla.
- l) La falla en el módulo de un interruptor de enlaces de barras liberada por las protecciones de respaldo, que causan la pérdida simultánea de dos secciones de barra, corresponden a una contingencia de la categoría D.
- m) Para las plantas de generación y sistemas de almacenamiento de energía cuya salida total represente un riesgo para la seguridad del SEN, según se determine en un estudio de seguridad operativa del OS/OM, el diseño de los servicios auxiliares debe realizarse de forma tal que una falla o mal funcionamiento en los mismos no cause la salida de servicio completa de la planta.



### **2.3. Inspecciones técnicas:**

El OS/OM podrá realizar inspecciones en sitio con o sin previa comunicación, y solicitar las fiscalizaciones de cumplimiento de los requisitos solicitados en este procedimiento.

### **2.4. Entrega de información**

Los agentes deberán entregar de manera completa, correcta y veraz toda información que el OS/OM solicite y en los formatos y plazos que éste indique para el cumplimiento de este procedimiento.

### **2.5. Acatamiento obligatorio**

Serán de acatamiento obligatorio para los agentes, todas las solicitudes de correcciones en sus instalaciones, que el OS/OM solicite de manera formal y escrita, con las debidas justificaciones técnicas y de seguridad, para el cumplimiento de los criterios de seguridad operativa en este procedimiento descritos.

Los agentes deben realizar las correcciones en sus instalaciones dentro del plazo que el OS/OM indique.

## **3. INCUMPLIMIENTOS**

En caso de presentarse incumplimientos de los agentes con lo establecido en esta normativa, el OS/OM debe informar a la ARESEP para que esta entidad tome las medidas que corresponda.

## **TRANSITORIO**

En el plazo de 2 meses, una vez haya sido publicado este procedimiento, el OS/OM debe poner a disposición de los agentes del MEN, en el sitio web, la información necesaria para su aplicación.

**Tabla 1. Tabla de Criterios de Seguridad Operativa del Sistema Eléctrico Nacional.**

Contingencias				Límites y consecuencias aceptables de los componentes del sistema				
Categoría	Eventos	Componente fallado	Componentes fuera de servicio como consecuencia del evento	Límite de carga	Límite de tensión (voltaje) en estado estable	Sistema estable	Desconexiones en cascada	Pérdida de carga y generación
<b>A</b> Sin contingencia	• Todos los componentes en servicio.	• Ninguno.	Ninguno	Nominal	1.05 - 0.95 P.U	Si	No	No
<b>B</b> Eventos que provocan la pérdida de un solo componente.  <b>Contingencia Única</b>	• Falla de fase a tierra o falla trifásica aclarada en tiempo de la función de protección primaria.  • Desconexión de un componente sin falla.	• Un generador.  • Un circuito de una línea de transmisión.  • Un transformador o un autotransformador.  • Un equipo de compensación de potencia reactiva.	Sólo el componente afectado por el evento	Nominal	1.05 - 0.95 P.U	Si	No	No
<b>C</b> Eventos que provocan la pérdida de dos o más componentes  <b>Contingencia Múltiple</b>	• Falla de fase a tierra o falla trifásica aclarada en tiempo de la función de protección primaria  • Desconexión de más de un componente sin falla.	• Una sección de barra.  • Todos los circuitos en una misma torre.	Más de uno (No sólo el componente afectado por el evento)	Emergencia	1.10 - 0.90 P.U	Si	No	Controlada
	• Falla de fase a tierra aclarada en tiempo de la función de protección de respaldo (debido a la falla en un sistema de eliminación de fallas).	• Un generador.  • Un circuito de una línea de transmisión.  • Un transformador o un autotransformador.  • Una sección de barra.	Más de uno (No sólo el componente afectado por el evento)	Emergencia	1.10 - 0.90 P.U	Si	No	Controlada

Categoría	Eventos	Componente fallado	Componentes fuera de servicio como consecuencia del evento	Límite de carga	Límite de tensión (voltaje) en estado estable	Sistema estable	Desconexiones en cascada	Pérdida de carga y generación
<b>D</b>  Eventos extremos que provocan la pérdida de dos o más componentes  <b>Contingencia extrema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla de fase a tierra o falla trifásica aclarada en tiempo de la función de protección primaria, o en tiempo de la función de protección de respaldo (debido a la falla en un sistema de eliminación de fallas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las líneas en un derecho de paso.</li> <li>Dos secciones de barra en una misma subestación.</li> <li>Todas las unidades de una misma planta generadora.</li> </ul>	Más de uno (No sólo el componente afectado por el evento)					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos iguales a los de la categoría C, combinados con la falla de un mecanismo de acción correctiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iguales a los de categoría C más el mecanismo de acción correctiva.</li> </ul>	Más de uno (No sólo el componente afectado por el evento)	<p>Se debe identificar las contingencias extremas, utilizando información sobre eventos pasados y considerando otro tipo de eventos creíbles (por ejemplo, una subestación con esquema de barra partida donde falla el esquema de protección de respaldo local).</p> <p>Se debe evaluar y documentar las contingencias extremas creíbles, los riesgos y las consecuencias.</p> <p>Se debe investigar, evaluar y recomendar medidas que reduzcan la probabilidad de ocurrencia.</p> <p>Se debe investigar, evaluar y recomendar medidas que reduzcan la probabilidad de ocurrencia.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla trifásica aclarada en tiempo de la función de protección de respaldo (debido a la falla en un sistema de eliminación de fallas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un generador.</li> <li>Un circuito de una línea de transmisión.</li> <li>Un transformador o un autotransformador.</li> <li>Una sección de barra.</li> </ul>	Más de uno (No sólo el componente afectado por el evento)					

**RE-0101-JD-2023**

**31/10/2023**

---