

|  |  |
| --- | --- |
|  | Elaborado por: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  HAROLD QUINTERO  Gerente Departamento de Estudios  Firmahqg_n |
|  | Revisado por: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  HAROLD QUINTERO  Gerente Departamento de Estudios  FirmaLear |
|  | Aprobado por: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  LUIS EDUARDO ARAGÓN R  Gerente |

**CONTROL DE REVISIONES**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **REVISIÓN** | **OBSERVACIONES** | **FECHA DE APROBACIÓN** |
| 01 | Versión Original | 11 de Noviembre de 1.999 |
| 02 | Se cambiaron las responsabilidades de acuerdo con la reestructuración administrativa  Desapareció el nombre de Depto de Sistemas de Potencia. Fue cambiado por el de ESTUDIOS  Se incluyeron los criterios para las inspecciones  Se incluyó descripción del software Neplan  Se incluyeron las variables a controlar durante el proceso | 22 de Diciembre de 2.000 |
| 03 | En la tabla 2 de puntos de inspección en Estudios, se agregó la capa de revisión del software Neplan, como acción correctiva para la revisión de resultados intermedios | 30 de Mayo de 2.001 |
| 04 | Se incluyó la etapa de planeación del proyecto con sus registros. | 30 de Abril de 2.002 |
| 05 | Se modificó el procedimiento para registrar las revisiones que se hacen sobre archivos de Neplan | 24 de Junio de 2.004 |
| 06 | Se incluyó en la información de entrada para coordinación de protecciones, que debe solicitarse al cliente la versión del firmaware, (acción correctiva). | 11 Abril 2005 |
| 07 | Se hizo específica la validación de resultados y registro, | Junio 1 de 2009 |
| 08 | Actualización general del procedimiento | Febrero 06 de 2014 |
| 09 | Actualización general del procedimiento.  Se incluyen otros softwares como herramientas para el análisis de sistemas de potencia.  Adición de los estudios Arc Flash y Estabilidad Transitoria. | Junio 18 de 2020 |

# OBJETIVO

Presentar los procedimientos y controles que se deben seguir al realizar estudios de sistemas eléctricos de potencia.

Estas actividades se llevan a cabo para garantizar una adecuada operación y dimensionamiento de los sistemas eléctricos y de esta forma aumentar su confiabilidad, y eficiencia.

# alcance

El procedimiento que se describe en este documento, aplica a los siguientes tipos de estudios:

* Flujos de carga.
* Cortocircuito.
* Coordinación de protecciones.
* Arc flash (arco eléctrico).
* Estabilidad transitoria.

# responsabilidad

Los responsables de las actividades a realizar dentro de los tipos de estudios, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1. RESPONSABILIDAD ESTUDIOS

| **ACTIVIDAD** | **RESPONSABLE** |
| --- | --- |
| RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | Ingeniero responsable del proyecto |
| INSPECCIÓN DE INFORMACIÓN | Ingeniero responsable del proyecto |
| PROCESAMIENTO DATOS FLUJO DE CARGA | Ingeniero responsable del proyecto |
| PROCESAMIENTO DATOS CORTOCIRCUITO | Ingeniero responsable del proyecto |
| PROCESAMIENTO DATOS COORDINACIÓN DE PROTECCIONES | Ingeniero responsable del proyecto |
| PROCESAMIENTO DATOS ARC FLASH | Ingeniero responsable del proyecto |
| PROCESAMIENTO DATOS ESTABILIDAD TRANSITORIA | Ingeniero responsable del proyecto |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS | Ingeniero y Gerente Dpto de estudios |
| VALIDACIÓN E INSPECCIÓN INFORME | Ingeniero responsable del proyecto |
| EDICIÓN INFORME FINAL | Ingeniero responsable del proyecto |
| REVISIÓN DEL INFORME | Gerente Depto o Ingeniero delegado |
| EXPOSICIÓN INFORME | Ingeniero y Gerente Dpto de estudios |

# definiciones

Se presentan a continuación algunas definiciones que permiten aclarar los diferentes apartes de este documento. La mayoría de estas definiciones se encuentran en el documento “The New IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms – IEEE Std - 1992, Fifth Edition, IEEE Press, 1993.”, Código Centro documentación R-041.

## Procesamiento de Información

Se denomina procesamiento de información a las actividades, por medio de las cuales se revisa la consistencia de la información técnica recopilada en campo acerca de los elementos del sistema eléctrico en estudio y se adaptan para ser introducidos en la base de datos del modelo eléctrico, realizado mediante programas de computador especializados en cálculos y simulaciones.

## Flujo de Carga

Cálculo que permite obtener las tensiones en los nodos y los flujos de potencia activa, reactiva y las corrientes por los elementos de un sistema de potencia en condiciones de estado estable. Los elementos de un sistema de potencia son los transformadores, líneas, cargas, generadores, reactores, bancos de condensadores, etc. Estado estable es una condición del sistema eléctrico, en la cual las variables tales como corrientes, voltajes y potencia experimentan cambios leves o despreciables en un periodo de tiempo arbitrariamente largo.

## Cortocircuito

Cálculo que permite obtener los voltajes en los nodos y las corrientes (amperios) que fluyen por los elementos de un sistema de potencia en una condición de operación anormal denominada “falla”.

Las características y definiciones de los diferentes tipos de falla como son, trifásica, bifásica, fase‑tierra, etc., se presentan en los siguientes documentos:

* IEEE Recommended Practice for Power Systems Analysis, IEEE 399-1997. Código Centro de Documentación R-040/A

## Coordinación de Protecciones

Procedimiento por medio del cual se obtienen los parámetros de ajustes que se deben implementar en los equipos de protección eléctricos, de forma tal que garanticen la seguridad de equipos, seguridad de personas y la selectividad en la operación de las protecciones. Los objetivos anteriores se deben cumplir, ya sea ante condiciones de falla o ante condiciones de estado estable.

Por seguridad se entiende el hecho que los relés son ajustados de modo tal que estos operen oportunamente y así asegurar que ni las personas, ni los equipos eléctricos queden expuestos a riesgo alguno de daño o afectación. La selectividad se logra cuando ante una falla determinada, los equipos de protección operan de forma tal que se logre la apertura de solo aquellos elementos expuestos directamente a la falla.

## Arc Flash (Arco Eléctrico)

Procedimiento por medio del cual se determina el riesgo al arco eléctrico que los empleados pueden experimentar durante su trabajo en cercanías de equipo eléctrico. Para ello se calcula la energía incidente y la distancia de riesgo del arco eléctrico en sistemas trifásicos de corriente alterna. Los cálculos de arc flash deben desarrollarse en conjunto o a partir de estudios de cortocircuito y coordinación de protecciones.

## Estabilidad Transitoria

Procedimiento mediante el cual se analiza y determina la estabilidad de un sistema eléctrico de potencia, considerando esta propiedad como la capacidad que tiene un sistema eléctrico que se encuentra inicialmente en un estado de equilibrio bajo condiciones normales de operación, de retornar a un estado de operación en equilibrio aceptable después de afrontar un distrubio o perturbación física, con la mayoría de sus variables delimitadas de tal forma que todo el sistema permanezca practicamente intacto.

Las perturbaciones aquí evaluadas consisten en fallas en líneas, apertura o desconexión de circuitos o transformadores y/o salida de operación de plantas de generación o grandes cantidades de carga. Mientras se analiza el comportamiento en el tiempo de variables eléctricas como tensión, potencia activa y reactiva, frecuencia, ángulo de rotor en los generadores, entre otras.

# Condiciones generales

* Antes de empezar a ejecutar un trabajo específico, deben revisarse los objetivos y alcance técnico, acordados en la cotización aceptada por el cliente.
* Para ejecutar la recopilación de información de campo es necesario acordar con funcionarios de la empresa cliente requerimientos de seguridad, la fecha, hora, condiciones de operación del sistema eléctrico y la disponibilidad de los funcionarios de la empresa cliente. Lo anterior con el fin de garantizar una adecuada orientación al personal de GERS, en el levantamiento de información técnica a ser utilizada en el estudio.
* Se requiere la colaboración de profesionales o técnicos de la empresa cliente para que asistan a los funcionarios de GERSen la ubicación de los equipos dentro del sistema eléctrico.

# ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA

## Normas y Documentos de Referencia

El procedimiento para realizar los estudios de flujo de carga está documentado en sus aspectos esenciales en el documento:

* IEEE Recommended Practice for Power Systems Analysis, IEEE 399-1997. Código Centro de Documentación R-040/A

Asimismo se presenta una descripción teórica más detallada en los siguientes documentos:

* Grainger J., Jhon; Stevenson Jr, William D; Análisis de Sistemas de Potencia, McGraw Hill.
* ANDERSON, Paul M.; Analysis of Faulted Power Systems, The Iowa State University Press / Ames, Iowa, 1973.
* C.L. WADHWA; Electric Power Systems.
* GROSS, Charles A.; Power System Analysis, Second Edition, John Wiley & Sons. 1986

## Información Básica

La información necesaria para llevar a cabo este tipo de estudios se presenta en los documentos indicados en el numeral anterior, los cuales se resumen a continuación:

* Diagrama unifilar.
* Información de transformadores.
* Información de líneas y cables.
* Esquemas típicos para el despacho de la generación (potencia activa y reactiva).
* Información de generadores y / o equivalentes de red.
* Ubicación y características de bancos de condensadores.
* Niveles típicos de carga de los motores y cargas puntuales.
* Voltajes de operación de los generadores y equipos.
* Configuración de operación.
* Otros.

En el informe final se debe hacer referencia a los números de oficio, informes, documentos, planos y cualquier otro medio que haya remitido el cliente y en el cual se encuentre consignada la información. Se debe evitar la información transmitida de forma oral, pero si se da este caso, la información suministrada será formalizada a través de un correo electrónico con un breve resumen, que se envía al cliente para su aprobación o conocimiento.

## Software

Para el desarrollo del estudio de flujo de carga se emplea un software de análisis de sistemas de potencia. Este software puede ser:

* NEPLAN, de la firma Neplan AG de Suiza.
* PowerFactory, de la firma DIgSILENT GmbH de Alemania.
* Etap, de Etap en Estados Unidos.
* PSSe, de Siemens en Estados Unidos.
* Otros.

Los manuales de instrucción de este programa se encuentran disponibles en el Centro de Documentación de GERS y en versión digital en los instaladores de cada programa.

Para sistemas eléctricos pequeños o casos sencillos, es apropiado utilizar un método manual que considere la aplicación de los criterios establecidos.

## Aspectos principales del desarrollo del estudio

El ingeniero debe solicitar al inicio del proyecto la información que se indicó en el numeral 6.2. Con respecto a esta información es necesario hacer hincapié en que se deben definir previamente con la firma contratante, las condiciones de carga, la topología de operación y las condiciones de generación del sistema eléctrico bajo estudio.

Exceptuando una condición especial solicitada por el cliente, se debe correr siempre el flujo de carga para demanda máxima, ya que es el escenario que permite evaluar mejor las condiciones de cargabilidad de los elementos y las caídas de tensión en cada uno de los barrajes de la planta o del sistema eléctrico de potencia en general.

## Resultados

Los resultados deben presentarse en un informe que contenga por los menos los siguientes capítulos:

* Información básica del sistema eléctrico.
* Casos analizados.
* Resultados del análisis.
* Conclusiones y recomendaciones.

En lo que respecta al capitulo de Resultados, la información sobre cargabilidad de los elementos se debe presentar tanto en porcentaje como en kW y kvar. Asimismo, los voltajes en los barrajes se deben presentar en voltios y en valores de p.u.

# ESTUDIOS DE cortocircuito

## Normas y Documentos de Referencia

El procedimiento para realizar los estudios de cortocircuito se presenta en sus aspectos esenciales en el documento:

* IEEE Recommended Practice for Power Systems Analysis, IEEE 399-1997. Código Centro de Documentación R-040/A

Asimismo, se presenta una descripción teórica más detallada en los siguientes documentos:

* Short circuit currents in three-phase AC systems. IEC60909 - 2016.
* IEEE Application guide for AC high-voltage circuit breakers. ANSI C37.010-2016.
* Grainger J., Jhon; Stevenson Jr, William D; Análisis de Sistemas de Potencia, McGraw Hill.
* C.L. WADHWA; Electric Power Systems.
* GROSS, Charles A.; Power System Analysis, Second Edition, John Wiley & Sons. 1986
* Electrical transmission and distribution reference book, Westinghouse Electric Corporation.
* ANDERSON, Paul M.; Analysis of Faulted Power Systems. The Iowa State University Press / Ames, Iowa, 1973. Código Centro de Documentación R-210 y JM/044 - 11973

## Información Básica

La información necesaria para llevar a cabo este estudio se presenta en los documentos indicados en el numeral anterior y se resumen a continuación:

* Diagrama unifilar.
* Información de transformadores.
* Información de líneas y cables.
* Esquemas típicos de conexión de la generación.
* Información de generadores y/o equivalentes de red
* Ubicación y características de bancos de condensadores.
* Información detallada de los motores.
* Configuración de operación típica.
* Sistema de puesta a tierra.
* Informaxción detallada de interruptores.

En el informe final se debe hacer referencia a los números de oficio, planos y/o cualquier otro documento que haya remitido el cliente y en el cual se encuentre consignada la información. Se debe evitar la información suministrada por teléfono o en forma oral; pero si se da este caso, la información suministrada será formalizada a través de un correo electrónico con un breve resumen, que se envía al cliente para su aprobación o conocimiento.

## Software

Para el desarrollo del estudio de cortocircuito se emplea un software de análisis de sistemas de potencia. Este software puede ser:

* NEPLAN, de la firma Neplan AG de Suiza.
* PowerFactory, de la firma DIgSILENT GmbH de Alemania.
* Etap, de Etap en Estados Unidos.
* PSSe, de Siemens en Estados Unidos.
* Otros.

Los manuales de instrucción de este programa se encuentran disponibles en el Centro de Documentación de GERS y en versión digital en los instaladores de cada programa.

Para sistemas pequeños o casos sencillos, es apropiado utilizar un método manual que considere la aplicación de los criterios establecidos.

## Aspectos principales del desarrollo del estudio

El ingeniero debe solicitar al inicio del proyecto la información que se indicó en el numeral 7.2. Con respecto a esta información es necesario hacer hincapié en que se debe definir previamente con la firma contratante, la topología de operación y las condiciones de generación del sistema eléctrico bajo estudio. Asimismo, es fundamental definir la norma bajo la cual se realizará el estudio, es decir si se seguirán las pautas de las normas ANSI C37.010 o las de la IEC 60909. El software mencionado anteriormente, permite realizar los estudios bajo cualquiera de las dos normas, para lo cual basta indicarle al programa por medio de una opción con cuál norma se realizará el estudio.

Exceptuando una condición especial solicitada por el cliente, se deben tener en cuenta todos los generadores y todos los motores exceptuando los motores que se mantienen fuera de operación como posible suplencia o reemplazo ante daños.

El estudio de cortocircuito es el documento base para especificar equipos, para realizar los estudios de coordinación de protecciones y para evaluar el riesgo de arco eléctrico. Para cumplir con los objetivos del primer caso, se debe definir en conjunto con el cliente cuál es la condición de operación más critica que produce los mayores niveles de cortocircuito. Para cumplir con los objetivos del segundo y tercer caso se deben realizar corridas de cortocircuito para la configuración típica de operación.

## Resultados

Los resultados deben presentarse en un informe que contenga por los menos los siguientes capítulos:

* Información básica del sistema eléctrico.
* Casos analizados.
* Resultados.
* Conclusiones.

# ESTUDIOS DE coORDINACIÓN DE PROTECCIONES

## Normas y Documentos de Referencia

El procedimiento o criterios para realizar los estudios de coordinación de protecciones están basados en los documentos:

* IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Sistems. IEEE Std 242 – 2001.
* IEEE Calculating Short-Circuit currents in industrial and commercial power systemas. IEEE Std 551 – 2006.
* IEEE Estándar Collection, Protective Relaying System, 1995 Edition.
* GERS, Juan Manuel; Protection of electricity distribution networks. The institution of Electrical Engineers IEE, Power and energy series. London, United Kingdom. 3rd Edition, 2011.
* ELMORE, Walter A. Protective Relaying Theory and Applications. ABB Power T & D Company Inc. Relay Division. Coral Springs, Florida 1994.
* NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. National Electric Code. Quincy (Estados Unidos); NEC, 2018.
* C. RUSSELL Mason. El Arte y La Ciencia de la Protección por Relevadores. Editorial Continental S.A. México. 1982.
* PRABHAKARA, F.S., SMITH ROBERT L. Jr, STRATFORD RAY P.; Industrial and Commercial Power Systems Handbook. Mc Graw Hill. U.S.A. 1995.
* ANDERSON, P.M.; Power System Protection. IEEE Press series on Power Engineering, USA, 1999.
* BAKER, David S.; Generator Backup Overcurrent Protection. Industrial and Commercial Power System Technical Conference, Houston, May 12- 15 1980.
* Urdaneta Alberto J., Pérez J. Luis G., Restrepo Z. Harold. Optimal coordination of directional overcurrent relays considering dynamic changes in the network topology. IEEE transaction on power delivery oct 1997, Pg 1458 –1464

## Información Básica

La información necesaria para llevar a cabo este estudio se presenta en los documentos indicados en el numeral anterior y se resume a continuación:

* Diagrama unifilar.
* Estudio de cortocircuito.
* Información de dispositivos de protección: marca, modelo, ajustes existentes.
* Información detallada de transformadores de instrumentación (corriente y potencial): norma de construcción, relaciones de transformación, precisión.
* Problemas que se han presentado a la fecha con los ajustes existentes.
* Información de generadores.
* Información de transformadores.
* Información de líneas y cables.
* Niveles típicos de carga de los motores y cargas puntuales.
* Configuración de operación típica.
* Versión del firmware de los relés a coordinar.

Cuando el cliente ha remitido parte o toda la información para hacer el estudio, se debe hacer referencia en el informe final a los números de oficio, planos y/o cualquier otro documento que haya remitido el cliente y en el cual se encuentre consignada la información. Se debe evitar la información suministrada por teléfono o en forma oral; pero si se da este caso, la información suministrada será formalizada a través de un correo electrónico con un breve resumen, que se envía al cliente para su aprobación o conocimiento.

## Software.

Para el desarrollo del estudio de cortocircuito se emplea un software de análisis de sistemas de potencia. Este software puede ser:

* NEPLAN, de la firma Neplan AG de Suiza.
* PowerFactory, de la firma DIgSILENT GmbH de Alemania.
* Etap, de Etap en Estados Unidos.
* PSSe, de Siemens en Estados Unidos.
* Otros.

Los manuales de instrucción de este programa se encuentran disponibles en el Centro de Documentación de GERS y en versión digital en los instaladores de cada programa.

Para sistemas pequeños o casos sencillos, es apropiado utilizar un método manual que considere la aplicación de los criterios establecidos.

## Aspectos principales del desarrollo del estudio.

El ingeniero debe solicitar al inicio del proyecto la información que se indicó en el numeral 8.2. Con respecto a esta información, es necesario hacer hincapié en que se debe definir previamente con la firma contratante la topología de operación y las condiciones de generación del sistema eléctrico bajo estudio.

Exceptuando una condición especial solicitada por el cliente, se considera la condición típica de operación del sistema eléctrico.

En general se recomienda incluir en el informe final los criterios de coordinación de protecciones excepto cuando para la misma empresa se hayan efectuado en forma repetida estudios de coordinación de protecciones. Asimismo, se recomienda informarle previamente al cliente cuáles serán los criterios de coordinación de protección que se utilizarán para el estudio.

Los criterios de coordinación se encuentran consignados en los tres primeros documentos que se mencionan en el numeral 8.1.

## Resultados

Los resultados deben presentarse en un informe que contenga por los menos los siguientes capítulos:

* Información básica.
* Criterios de coordinación de protecciones.
* Ajuste de las protecciones.
* Conclusiones y Recomendaciones.

# ESTUDIOS DE ARC FLASH (ARCO ELÉCTRICO)

## Normas y Documentos de Referencia

El procedimiento o criterios para realizar los estudios de arc flash o arco eléctrico están basados en los documentos:

* NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. National Electric Code. Quincy (Estados Unidos); NEC, 2018.
* IEEE Guide for performing Arc-flash hazard calculations. IEEE Std 1584-2018.
* IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Sistems. IEEE Std 242 - 2001.
* IEEE Calculating Short-Circuit currents in industrial and commercial power systemas. IEEE Std 551 – 2006.

## Información Básica

La información necesaria para llevar a cabo este estudio se presenta en los documentos indicados en el numeral anterior y se resume a continuación:

* Diagrama unifilar.
* Estudio de cortocircuito.
* Estudio de coordinación de protecciones.
* Información de tableros, celdas y switchgears.

Cuando el cliente ha remitido parte o toda la información para hacer el estudio, se debe hacer referencia en el informe final a los números de oficio, planos y/o cualquier otro documento que haya remitido el cliente y en el cual se encuentre consignada la información. Se debe evitar la información suministrada por teléfono o en forma oral; pero si se da este caso, la información suministrada será formalizada a través de un correo electrónico con un breve resumen, que se envía al cliente para su aprobación o conocimiento.

## Software.

Para el desarrollo del estudio de cortocircuito se emplea un software de análisis de sistemas de potencia. Este software puede ser:

* NEPLAN, de la firma Neplan AG de Suiza.
* PowerFactory, de la firma DIgSILENT GmbH de Alemania.
* Etap, de Etap en Estados Unidos.
* PSSe, de Siemens en Estados Unidos.
* Otros.

Los manuales de instrucción de este programa se encuentran disponibles en el Centro de Documentación de GERS y en versión digital en los instaladores de cada programa.

Para sistemas pequeños o casos sencillos, es apropiado utilizar un método manual que considere la aplicación de los criterios establecidos.

## Aspectos principales del desarrollo del estudio.

El ingeniero debe solicitar al inicio del proyecto la información que se indicó en el numeral 9.2. Con respecto a esta información, es necesario hacer hincapié en que se deben definir previamente con la firma contratante la ubicación y disposición de tableros o celdas del sistema eléctrico y los requerimientos acerca de la información adicional a consignar en los resultados, de lo contrario se registrarán los datos requeridos por norma.

Exceptuando una condición especial solicitada por el cliente, se considera la condición típica de operación del sistema eléctrico.

Se recomienda informarle previamente al cliente cuáles son las disposiciones que establece la norma para la determinación del riesgo de arco eléctrico y cuales son los resultados exigidos por la misma.

## Resultados

Los resultados deben presentarse en un informe que contenga por los menos los siguientes capítulos:

* Información básica.
* Casos análizados.
* Resultados del análisis.
* Conclusiones y Recomendaciones.

# ESTUDIOS DE ESTABILIDAD TRANSITORIA

## Normas y Documentos de Referencia

El procedimiento y los criterios para realizar los estudios de estabilidad transitoria están basados en los documentos:

* IEEE Guide for synchronous generator modeling practices and applications in power system stability analyses. IEEE Std. 1110-2002. IEEE Power Engineering Society. 2002.
* IEEE Recommended practice for excitation system models for power system stability studies. IEEE Std 421-2016. IEEE Power Engineering Society. 2016.
* Dynamic Models for Turbine-Governors in Power System Studies. IEEE Power & Energy Society PES-TR1. 2013.
* KUNDUR, Prabha; Power System Stability and Control. Mc Graw Hill. 1994.
* IEEE Recommended practice for functional and performance characteristics of control systems for steam turbine-generator units. IEEE Std 122-1991. IEEE Power Engineering Society. 1991.
* Sauer, Peter and Pai, M.A.; Power system dynamics and stability. Prentice Hall. 1998.
* Anderson, P.M. and Fouad, A.A.; Power System Control and Stability. Iowa State University Press. 1977.

## Información Básica

La información necesaria para llevar a cabo este estudio se presenta en los documentos indicados en el numeral anterior y se resume a continuación:

* Diagrama unifilar.
* Información de dispositivos de protección.
* Información de líneas y cables.
* Información de transformadores.
* Información de bancos de condensadores.
* Información de cargas.
* Información de motores.
* Información de generadores, modelo estacionario y modelo dinámico.
* Información de controladores o reguladores.
* Información de dispositivos FACTS.
* Configuración de operación típica.
* Niveles de demanda y generación.

Cuando el cliente ha remitido parte o toda la información para hacer el estudio, se debe hacer referencia en el informe final a los números de oficio, planos y/o cualquier otro documento que haya remitido el cliente y en el cual se encuentre consignada la información. Se debe evitar la información suministrada por teléfono o en forma oral; pero si se da este caso, la información suministrada será formalizada a través de un correo electrónico con un breve resumen, que se envía al cliente para su aprobación o conocimiento.

## Software.

Para el desarrollo del estudio de cortocircuito se emplea un software de análisis de sistemas de potencia. Este software puede ser:

* NEPLAN, de la firma Neplan AG de Suiza.
* PowerFactory, de la firma DIgSILENT GmbH de Alemania.
* Etap, de Etap en Estados Unidos.
* PSSe, de Siemens en Estados Unidos.
* Otros.

Los manuales de instrucción de este programa se encuentran disponibles en el Centro de Documentación de GERS y en versión digital en los instaladores de cada programa.

Para sistemas pequeños o casos sencillos, es apropiado utilizar un método manual que considere la aplicación de los criterios establecidos.

## Aspectos principales del desarrollo del estudio.

El ingeniero debe solicitar al inicio del proyecto la información que se indicó en el numeral 10.2. Con respecto a esta información, es necesario hacer hincapié en que se debe definir previamente con la firma contratante la topología de operación y las condiciones de generación del sistema eléctrico bajo estudio.

Exceptuando una condición especial solicitada por el cliente, se considera una condición en la que existe alta demanda y pocas unidades de generación conectadas en la zona de estudio.

En general se recomienda incluir en el informe final los criterios de evaluación de estabilidad transitoria. Por defecto se considera:

* En condiciones de operación normal, las tensiones en las barras de AT no deben ser inferiores al 90%, ni superiores al 110% del valor nominal. La tensión no debe permanecer por debajo de 0.8 pu por más de 700 ms, una vez despejada la falla.
* Las oscilaciones de ángulos de rotor, flujos de potencia y tensiones del sistema deberán ser amortiguadas.
* La frecuencia objetivo del STN es 60 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.8 y 60.2 Hz, excepto en estados de emergencia, fallas, déficit energético y periodos de restablecimiento. Ante contingencias se debe minimizar el tiempo que la frecuencia permanezca por debajo de 58.5 Hz, para evitar pérdida de vida útil de plantas térmicas. En ningún momento la frecuencia debe ser inferior a 57.5 Hz.
* Se toma como criterio de pérdida de sincronismo, el caso en que la separación angular entre dos generadores presente un incremento progresivo en el tiempo, con valores superiores entre 140 a 180 grados en promedio.

## Resultados

Los resultados deben presentarse en un informe que contenga por los menos los siguientes capítulos:

* Información básica.
* Criterios de evaluación de estabilidad transitoria.
* Perturbaciones evaluadas.
* Casos analizados.
* Análisis de resultados.
* Conclusiones y Recomendaciones.

# PLANEACIÓN DE UN PROYECTO DE ESTUDIOS

Los proyectos de Estudios de planean de acuerdo con lo establecido en el PR-002 PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE PLANES DE CALIDAD (Planeación de proyectos).

Esta planeación se inicia una vez se confirma la adjudicación del proyecto a GERS e incluye:

* Definición de las principales actividades del proyecto.
* Responsable de cada actividad.
* Duración o fecha de ejecución de cada actividad.
* Procedimiento para la actividad.
* Registros o documentos que se obtienen de la actividad.

Esta planeación se documenta en el RG-002-001 PLANEACIÓN DEL PROYECTO.

Para contratos con duración mayor o igual a ocho (8) semanas o si el cliente lo solicita, se elabora un cronograma del proyecto.

# Control del proceso de estudios

El control del proceso se hace mediante la ejecución del Procedimiento para control de proceso, PR-009.

Las variables de proceso a controlar son:

* Tiempo.
* Costo.
* Recurso Humano.
* Recurso Técnico.

La lista RG-009-02 LISTA DE CHEQUEO PARA CONTROL DE ACTIVIDADES EN CONTRATOS permite recordar los procedimientos a aplicar durante la ejecución del proyecto.

Si el contrato lo exige, se elabora un plan de calidad específico para el proyecto. El plan se hace siguiendo los lineamientos expuestos en el Procedimiento para Elaboración de Planes de Calidad, PR-002.

# Control de producto suministrado por el cliente

El producto suministrado por el cliente se registra en el RG-010-01 REGISTRO DE INSPECCIÓN. Ver PR- 007 PROCEDIMIENTO PARA CONTROL DE PRODUCTO SUMINISTRADO POR EL CLIENTE.

# INSPECCIÓN DE INFORMACIÓN DE ENTRADA, RESULTADOS INTERMEDIOS Y PRODUCTO FINAL

En este punto se considera la inspección de las siguientes etapas:

* Información de entrada.
* Resultados intermedios.
* Producto final.

La inspección de estas tres etapas se hace de acuerdo con lo definido en el Procedimiento para Inspección e Identificación del Estado de Inspección, PR-010.

Las variables a inspeccionar en un estudio de sistemas de potencia se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 PUNTOS DE INSPECCIÓN EN ESTUDIOS

| **Punto de inspección** | **Variables a controlar** | **Responsable** | **Registro** |
| --- | --- | --- | --- |
| Información de entrada | * Tiempo de entrega * Integridad (Completa) * Actualización * Lógica de los valores | Ingeniero responsable del proyecto | Registro de inspección  RG-010-01 |
| Resultados intermedios | * Valores obtenidos vs valores esperados * Consistencia * Coherencia de los resultados * Resultados vs condiciones de operación (típicas y/o extremas) | Ingeniero responsable del proyecto | Registro de inspección  RG-010-01  Propiedades del archivo  Registro de validación  RG-010-02 |
| Revisión Resultados Intermedios Software de análisis | * Resultados * Datos de entrada | Gerente Depto de Estudios  Ingeniero Responsable del Proyecto | Cuadro de propiedades del archivo |
| Informe final | * Aplicación de criterios * Valores obtenidos vs valores esperados * Consistencia * Coherencia de los resultados * Presentación de la información (Redacción, ortografía, lógica, claridad) | Gerente Depto de Estudios  Ingeniero Responsable del proyecto | Registro de inspección  RG-010-01  Propiedades del archivo (si se revisa en medio digital)  Registro de validación  RG-010-02 |

# DESCRIPCIÓN DE Los SOFTWAREs de análisis

El software de análisis de sistemas de potencia utilizado en el desarrollo de los estudios, contemplados en este procedimiento, contiene diferentes módulos para realizar estudios de sistemas de potencia. Entre los módulos más representativos están: Flujos de carga balanceado y desbalanceado (circuitos de distribución), cortocircuito, análisis de contingencias, coordinación de relés de distancia, relés de sobrecorriente, estabilidad transitoria y cálculo de parámetros de líneas de distribución.

El software permite una documentación gráfica de cualquier red, independientemente de su tamaño. Los módulos de cálculo permiten analizar y planear grandes redes a cualquier nivel de tensión.

Cuando se termina de digitalizar toda la información en el software, se procede a hacer una revisión detallada, de la coherencia de los valores grabados. Asimismo, se revisa que los resultados sean acordes a valores esperados. El registro de la revisión queda consignado en el cuadro PROPIEDADES al que se accede desde cualquier punto del ambiente Windows, haciendo clic derecho sobre el archivo correspondiente y seleccionando dicha opción.

# registros

La ejecución de este procedimiento genera los siguientes registros:

* En los informes de avance o finales para cada uno de los estudios realizados, se presentan en la portada las iniciales de las personas que elaboraron, revisaron y aprobaron el documento respectivo.
* Cuando la revisión se realiza en medio digital, esto se indica en las propiedades del archivo con las iniciales de la persona que revisó.
* El registro de que se hizo la revisión queda consignado en el cuadro PROPIEDADES.
* Registro de inspección RG-010-01.
* Lista de chequeo del proyecto RG-009-02.
* Registro de validación RG-010-02.
* Planeación del proyecto RG-002-02.
* Acta de entrega.