

**Colegio de Ingenieros Electricistas Mecánicos  
Industriales**

**Comisión de Ingeniería Eléctrica**



**PROCEDIMIENTOS PARA EL PLANEAMIENTO Y  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN  
EDIFICIOS COMERCIALES, INDUSTRIALES E  
INSTITUCIONALES**

**Curso de Actualización Profesional**

**Diseño Eléctrico II**

Año 2015

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	5
Justificación.....	6
Objetivos .....	7
CAPITULO 1: Procedimientos para el Planeamiento y Diseño de instalaciones eléctricas nuevas en edificios comerciales, industriales e institucionales.....	8
Descripción:.....	8
Etapa 1: Anteproyecto Eléctrico.....	9
Diccionario Etapa 1: Anteproyecto eléctrico.....	10
Etapa 2: Diseño del Proyecto Eléctrico.....	15
Diccionario Etapa 2: Diseño del proyecto eléctrico.....	19
Inicio de los Estudios de ingeniería.....	21
CAPITULO 2: Procedimientos para el Planeamiento y Diseño de ampliaciones o remodelaciones de instalaciones eléctricas existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales.....	27
Descripción:.....	27
Etapa 1: Anteproyecto Eléctrico.....	28
Diccionario Etapa 1: Anteproyecto eléctrico.....	29
Etapa 2: Diseño del Proyecto Eléctrico.....	35
Diccionario Etapa 2: Diseño del proyecto eléctrico.....	39
Inicio de los Estudios de ingeniería.....	41
CAPITULO 3: Estudios de ingeniería.....	47
Introducción:.....	47
Estudio de demanda de Cargas (Referencia: EDC_ene 2015).....	49
Estudio de Dimensionamiento (Referencia: EDI_ene 2015).....	52
Estudio de Flujos de Cargas (Referencia: EFC_ene 2015).....	57
Estudio de Corrientes de Cortocircuito (Referencia: ECC_ene 2015).....	61

Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica) (Referencia: <i>ECP_ene 2015</i> ).....	65
Estudios de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) (Referencia: <i>EAM_ene 2015</i> ).....	69
Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash) (Referencia: <i>EAF_ene 2015</i> ).....	78
GLOSARIO:.....	82



## AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a los siguientes profesionales ingenieros electricistas participantes del curso de Diseño Eléctrico II, impartido en el segundo semestre del año 2014, quienes colaboraron en la preparación y documentación de los temas presentados en este documento y al profesor del curso **Ing. Víctor Rojas Castro**.

**Paulo Alpízar Herrera**

**Olman Ramírez Araya**

**Esteban Álvarez Quevedo**

**Abisai Ramírez Soto**

**Luis Gustavo Calvo Horth**

**Reginaldo Robinson Taylor**

**Gerardo Campos Chacón**

**Javier Rodríguez Loría**

**Julio Chew Sánchez**

**Hernán Sánchez Delgado**

**Jorge Conejo Retana**

**Luis Mariano Solís Vargas**

**Fabián Díaz Varela**

**Miguel Srur Feris**

**Miguel Golcher Valverde**

**Martha Valverde Porras**

**Víctor Herrera Castro**

**Walter Vasco Cardona**

**Hansel Mora Monge**

**Andrea Zúñiga Montero**

**Oscar Muñoz Rodríguez**

Agradecemos especialmente a los Ingenieros: **Víctor Rojas Castro, Paulo Alpízar Herrera, Hansel Mora Monge y Reginaldo Robinson Taylor**, quienes se encargaron de elaborar este documento a partir de las investigaciones y aportes con base en la experiencia, desarrolladas en el curso.

## INTRODUCCIÓN

El diseño de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales ha ido evolucionando en función de al menos las siguientes variables:

1. Las necesidades de los propietarios, promotores y usuarios finales, definiendo cada día nuevos requerimientos que demandan un uso intensivo de la electricidad, con equipos y materiales que requieren de instalaciones eléctricas cada vez más especializadas.
2. Normas de seguridad de acatamiento obligatorio, no sólo las establecidas en el Código Eléctrico de Costa Rica, sino también las indicadas en otros códigos y reglamentos.
3. Estándares considerados como buenas prácticas para el diseño de instalaciones eléctricas, como los desarrollados por IEEE.
4. Estándares de fabricación de productos y materiales, como los desarrollados por ANSI.
5. Estándares de certificación de productos y materiales, como los desarrollados por UL u otros entes certificadores.
6. Herramientas de diseño eléctrico basados en el uso de software especializado, para solución e integración de los diferentes estudios de ingeniería requeridos.

Por lo tanto, los profesionales que deseen diseñar instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales deben contar con la capacidad necesaria para integrar todas las variables indicadas anteriormente, y aplicarlas a cada proyecto en particular, diseñando instalaciones eléctricas donde en primer lugar, la seguridad de la vida y la propiedad sea el objetivo principal, sin olvidar aspectos de economía y de eficiencia de las instalaciones eléctricas. Todo las variables indicadas anteriormente deben analizarse desde las etapas de anteproyecto y diseño, proyectándolas al futuro durante el tiempo de vida útil de las instalaciones, para obtener la reducción de costos durante la etapa constructiva del proyecto, y reducir las pérdidas de energía por una mala planificación y conceptualización de las instalaciones, todo lo anterior en beneficio de la sociedad y economía del país.

## Justificación

Los profesionales participantes en el curso de Temas Especiales II de Diseño Eléctrico CIEMI 2014, estando conscientes en las muchas irregularidades que se cometen:

1. En el diseño de instalaciones eléctricas nuevas en edificios comerciales, industriales e institucionales.
2. En remodelaciones, ampliaciones y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en edificios existentes durante su vida útil.
3. En el poco, sino, nulo control y documentación del estado de las instalaciones, eléctricas en edificios existentes durante su vida útil.

Propusieron impulsar como una primera etapa, la elaboración de procedimientos para el Planeamiento y Diseño de:

1. Instalaciones eléctricas nuevas en edificios comerciales, industriales e institucionales.
2. Ampliaciones o remodelaciones de instalaciones eléctricas existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales.

En los capítulos 1 y 2 del presente documento se desarrollarán los procedimientos mencionados, los cuáles servirán no sólo de guía a los profesionales para el planeamiento y diseño de los edificios, sino para los demás profesionales que intervienen en los proyectos y los propietarios de estos, de manera que sean conscientes de los distintos requerimientos necesarios para elaborarlos.

Además, se incluyen documentos para los Estudios de Ingeniería, que serán desarrollados en el capítulo 3 del presente documento, los cuales deben incluirse como parte del diseño de las instalaciones eléctricas, ya sea para proyectos nuevos o existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales, convirtiéndose en una guía recomendada para los profesionales que realicen diseños de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales, así como para profesionales de otras áreas de la ingeniería y arquitectura, empresas e instituciones interesadas en adquirir los servicios de profesionales especializados en esta área de la ingeniería eléctrica.

## Objetivos

1. Desarrollar procedimientos para el planeamiento y diseño de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales que se conviertan en una guía recomendada para los profesionales especialistas en el diseño de este tipo de instalaciones eléctricas, para facilitar la descripción de las actividades que deben realizarse según el alcance del proyecto, mostrándose en forma de diagrama de flujo, y definiendo las variables mínimas necesarias para desarrollar el diseño de las instalaciones eléctricas desde etapas de anteproyecto.
2. Elaborar los documentos de los Estudios de Ingeniería que deben incluirse como parte del diseño de las instalaciones eléctricas según el alcance del proyecto, ya sea para proyectos nuevos o existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales, convirtiéndose en una guía recomendada para los profesionales especialistas en el diseño de este tipo de instalaciones eléctricas, así como para profesionales de otras áreas de la ingeniería y arquitectura, empresas e instituciones interesadas en adquirir los servicios de profesionales especializados en esta área de la ingeniería eléctrica.
3. Unificar los criterios y metodologías de análisis, que utilizan los profesionales especialistas en el diseño de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales, para el planteamiento y diseño de anteproyectos y proyectos eléctricos en Costa Rica, basándose en buenas prácticas utilizadas por estándares internacionales, y en la experiencia en el diseño eléctrico de los agremiados al CFIA.
4. Mejorar la calidad de los planos de diseño eléctrico de edificios comerciales, industriales e institucionales en Costa Rica, que elaboran los profesionales, desde su concepción a nivel de anteproyecto eléctrico hasta la entrega de planos de diseño eléctrico, especificaciones técnicas y memoria de cálculo.
5. Minimizar los riesgos asociados al mal funcionamiento, incendio y explosión de las instalaciones eléctricas, por causas de mala conceptualización en el diseño eléctrico, todo en beneficio de la sociedad en general.

## CAPITULO 1: Procedimientos para el Planeamiento y Diseño de instalaciones eléctricas nuevas en edificios comerciales, industriales e institucionales.

### Descripción:

El Procedimiento que se presenta a continuación para el Planeamiento y Diseño de instalaciones eléctricas nuevas en edificios comerciales, industriales e institucionales, se muestra como un diagrama de flujo, en el cual se incluyen los principales procesos y actividades que deben ser contemplados para un proyecto de este tipo.

El Procedimiento se divide en dos etapas que forman el proyecto:

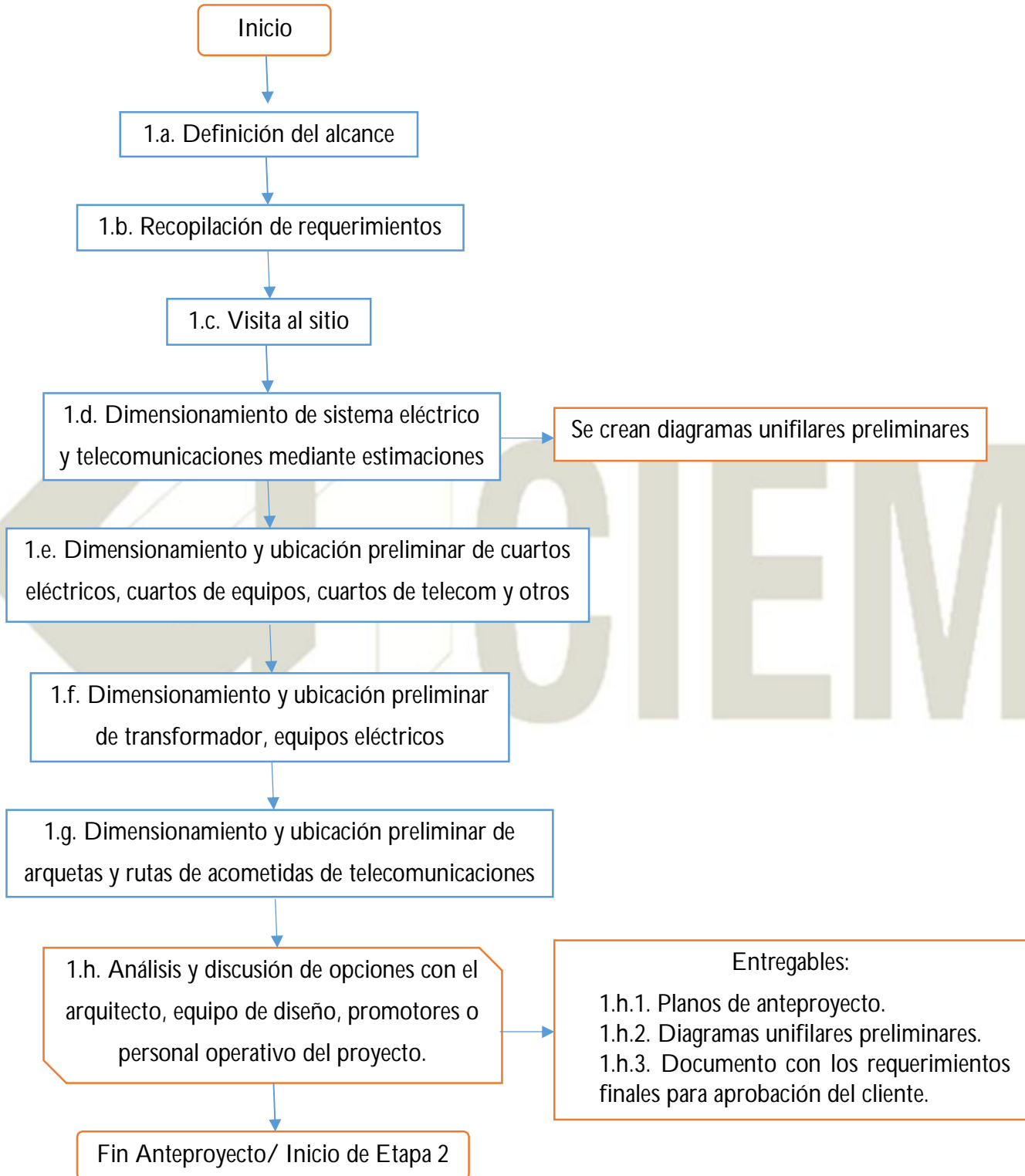
1. Etapa de anteproyecto eléctrico.
2. Etapa de diseño del proyecto eléctrico.

Cada etapa incluye un diccionario asociado, el cual desarrolla el proceso indicado en el diagrama de flujo, con el objeto de unificar los criterios e interpretaciones.

Es importante indicar que el Procedimiento no incluye procesos relacionados a actividades como la coordinación con otras disciplinas de ingeniería y arquitectura, y que son responsabilidad del profesional especialista en diseño de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales, y que deben ser realizadas desde la etapa de anteproyecto eléctrico y más fuertemente en la etapa de diseño.



## Etapa 1: Anteproyecto Eléctrico.



## Diccionario Etapa 1: Anteproyecto eléctrico.

### 1.a. Definición del alcance.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones en conjunto con el arquitecto, promotores o el personal operativo del proyecto para definir qué sistemas deben ser incluidos en el diseño de las instalaciones del proyecto, incluyendo los sistemas eléctricos, de telecomunicaciones, seguridad, circuito cerrado de televisión, detección de incendios, sonido, y cualquier otro sistema requerido en el proyecto.
2. Realizar reuniones en conjunto con el arquitecto, promotores o el personal operativo del proyecto para definir cuál será el alcance de cada uno de los sistemas que se diseñarán.
3. Definir el marco normativo que regirá el proyecto.
4. Documentar el alcance del proyecto basado en las reuniones.

### 1.b. Recopilación de requerimientos.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones en conjunto con los involucrados del proyecto, por ejemplo el propietario, gerentes operativos, arquitectos, promotores y el personal operativo del proyecto para recopilar requerimientos específicos para cada sistema requerido en el proyecto.
2. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto, y demás profesionales del equipo de diseño para transmitir requerimientos especiales que deban ser conocidos por los demás profesionales del equipo de diseño.
3. Documentar los requerimientos del proyecto para cada sistema definido en el alcance del proyecto.

### 1.c. Visita al sitio.

La visita al sitio tiene el objetivo de recopilar información básica para el diseño de la acometida eléctrica, ya sea de media o baja tensión, así como información para el diseño de la acometida de telecomunicaciones, así como cualquier otra información adicional que pueda afectar al proyecto (ejemplo: instalación de objetos particulares en el sitio del proyecto, entre otros). Se recomienda documentar la recopilación de la información de la visita al sitio.

### 1.d. Dimensionamiento del sistema eléctrico y de telecomunicaciones mediante estimaciones.

El dimensionamiento del sistema eléctrico y de telecomunicaciones mediante estimaciones, es un dimensionamiento preliminar basado en factores de demanda definidos en el Código Eléctrico y en los estándares ANSI/TIA.

Se deben incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Estudio de factores de demanda para el proyecto con base en los factores de demanda definidos en el Código eléctrico y estándares ANSI/TIA.
2. Análisis de los resultados de las estimaciones para hacer el dimensionamiento de cuartos eléctricos, cuartos de telecomunicaciones, cuartos de equipos y demás que se requieran para el proyecto.
3. Elaborar diagramas unifilares preliminares con base en los análisis de las estimaciones.

Se recomienda documentar el estudio, y los resultados de los análisis realizados.

### 1.e. Dimensionamiento y ubicación preliminar de cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones y otros.

Con base en los resultados de los análisis de las estimaciones de la actividad 1.d., y en los diagramas unifilares preliminares, se hacen el dimensionamiento de cuartos eléctricos,

cuartos de telecomunicaciones, cuartos de equipos y demás que se requieran para el proyecto.

Se deben Incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Definir las dimensiones y la cantidad de cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, y otros que se requieran para el proyecto.
2. Elaborar planos preliminares con la ubicación tentativa de los espacios para los cuartos que se requieren en las plantas arquitectónicas de anteproyecto, de manera que se obtenga de ser posible la solución aparentemente más económica del proyecto.

#### 1.f. Dimensionamiento y ubicación preliminar del transformador, equipos eléctricos importantes, rutas de acometidas de media tensión y baja tensión.

Tomando los resultados de los análisis de las estimaciones de la actividad 1.d., y en los diagramas unifilares preliminares, se hacen el dimensionamiento del transformador. Además se deben ubicar equipos eléctricos importantes como gabinete para medición de media tensión, o cualquier otro, así como las acometidas eléctricas de media y baja tensión con base a las ubicaciones de los cuartos eléctricos y cuartos de equipos que se definieron en la actividad 1.e.

Se deben Incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Definir las dimensiones físicas del transformador, basado en los resultados del análisis de dimensionamiento eléctrico del punto 4.
2. Definir si el proyecto debe incluir gabinete de medición de media tensión.
3. Elaborar planos preliminares con la ubicación del transformador y gabinete de media tensión (en caso de ser requerido), y las rutas para las acometidas de media y baja tensión.

### 1.g. Dimensionamiento y ubicación preliminar de arquetas y rutas de acometidas de telecomunicaciones.

Basado en los resultados de los análisis de las estimaciones de la actividad 1.d. y en cualquier requerimiento especial para las acometidas de telecomunicaciones del proyecto, se hace la ubicación de las arquetas y rutas de acometidas de telecomunicaciones.

Se deben incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Definir las dimensiones y la cantidad de arquetas que se requieran para el proyecto.
2. Elaborar planos preliminares con las ubicaciones de las arquetas de telecomunicaciones, y las rutas de las acometidas de telecomunicaciones.

### 1.h. Análisis y discusión de alternativas con el arquitecto, equipo de diseño, promotores o personal operativo del proyecto.

Una vez elaborados los planos de dimensionamiento y ubicación tentativa de los cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, transformador y gabinete de medición, arquetas, y rutas de acometidas eléctricas de media tensión, baja tensión y acometidas de telecomunicaciones, que se definieron en las actividades 1.e., 1.f. y 1.g., se presentan los resultados para su análisis y discusión con el arquitecto, equipo de diseño, promotores o personal operativo del proyecto.

Deben incluirse al menos las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto y demás profesionales del equipo de diseño, para analizar las alternativas de ubicación tentativa de los cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, transformador y gabinete de medición, arquetas, y rutas de acometidas eléctricas de media tensión, baja tensión y acometidas de telecomunicaciones.

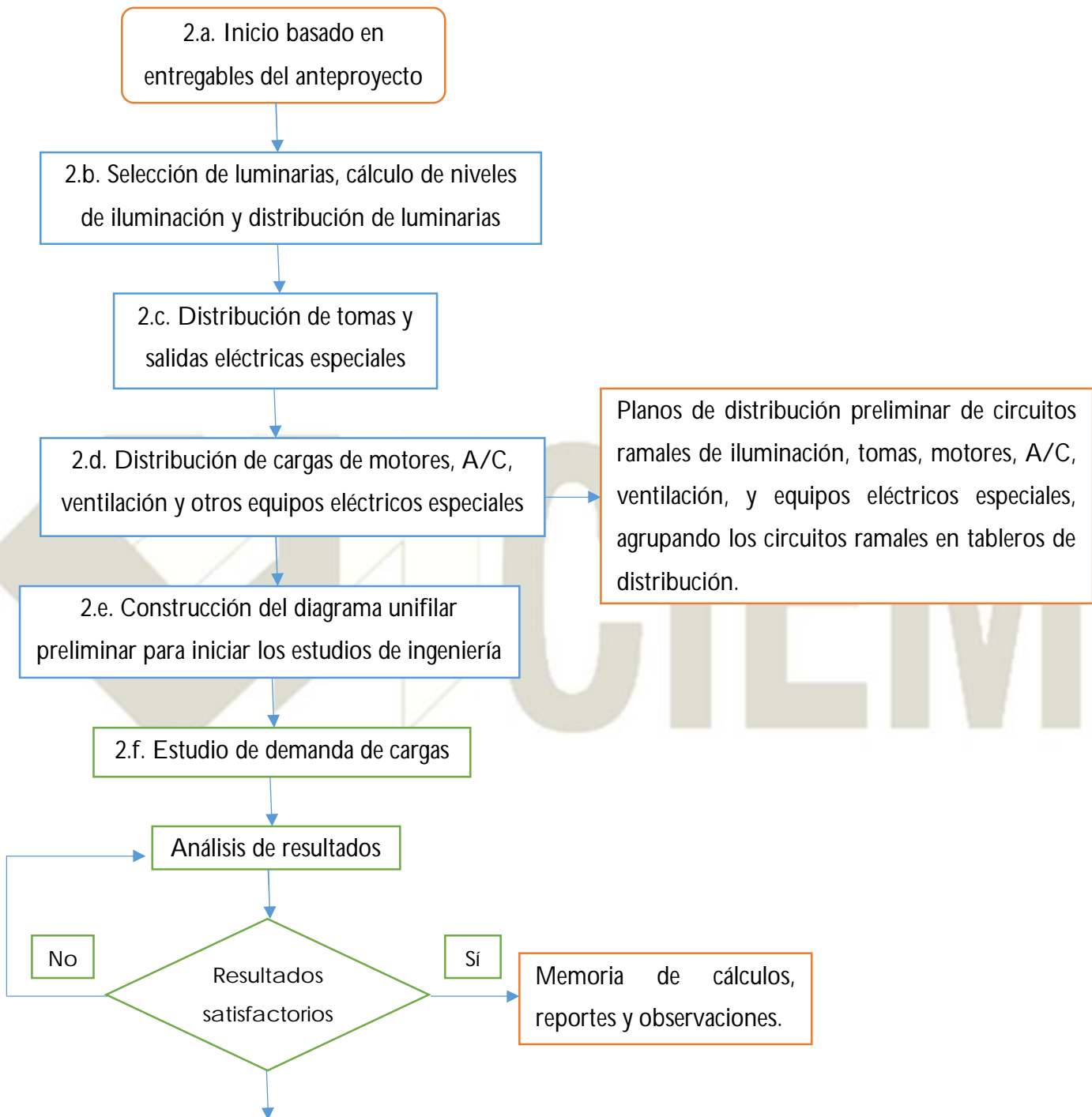
2. Elaborar planos de anteproyecto con las ubicaciones definidas en conjunto con el arquitecto y el equipo de diseño, para los cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, transformador y gabinete de medición, arquetas, y rutas de acometidas eléctricas de media tensión, baja tensión y acometidas de telecomunicaciones.
3. Presentar los resultados a los promotores o personal operativo del proyecto, para su revisión y aprobación.

Una vez aprobados los planos de anteproyecto, se proceden a entregar los siguientes documentos:

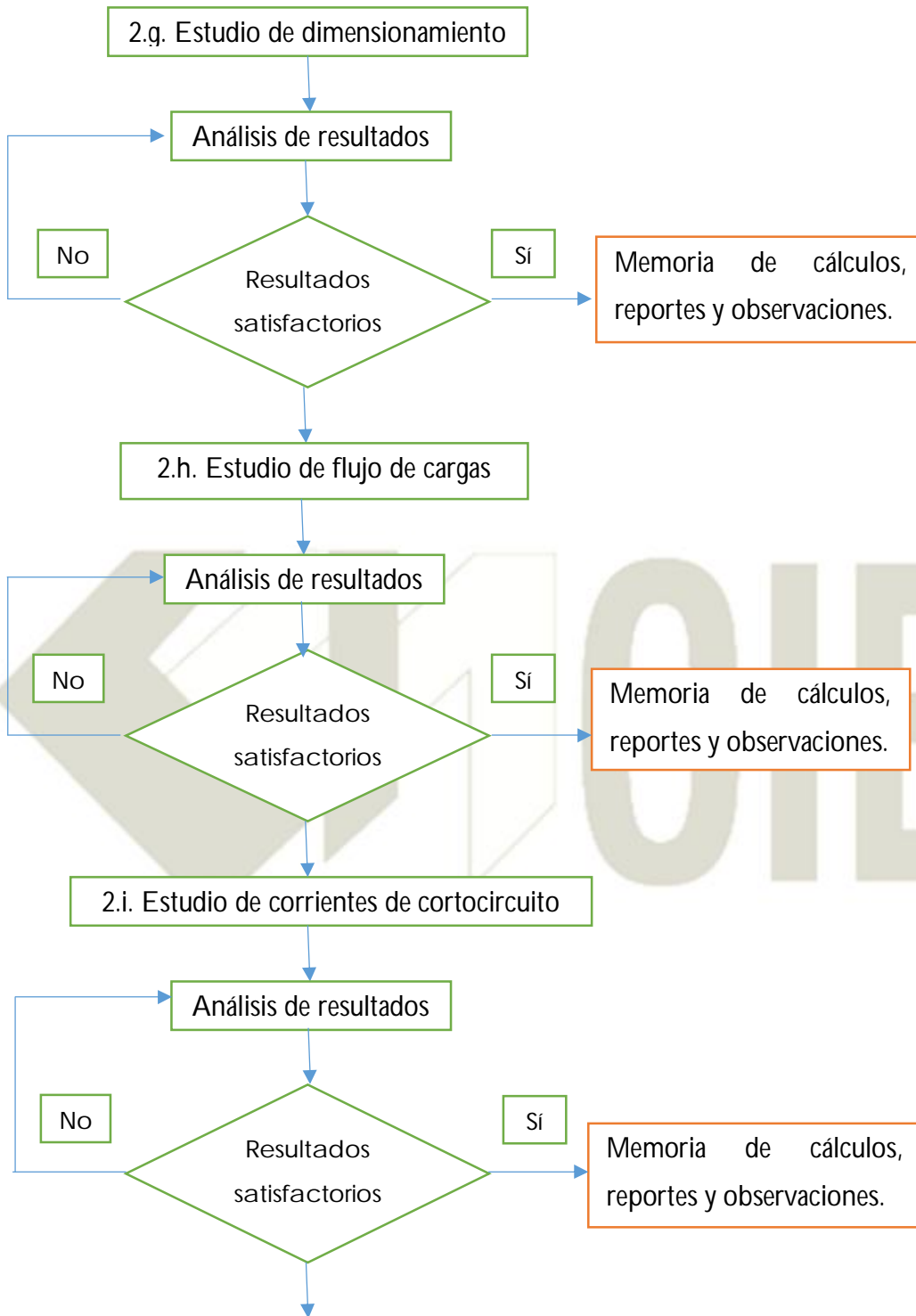
- 1.h.1. Planos de anteproyecto de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y demás.
- 1.h.2. Diagramas unifilares preliminares.
- 1.h.3. Documento con los requerimientos finales para aprobación del cliente.

Con la aprobación por parte del cliente de los entregables definidos anteriormente se procede a iniciar los planos de diseño constructivo, las especificaciones técnicas y las memorias de cálculo.

## Etapa 2: Diseño del Proyecto Eléctrico.

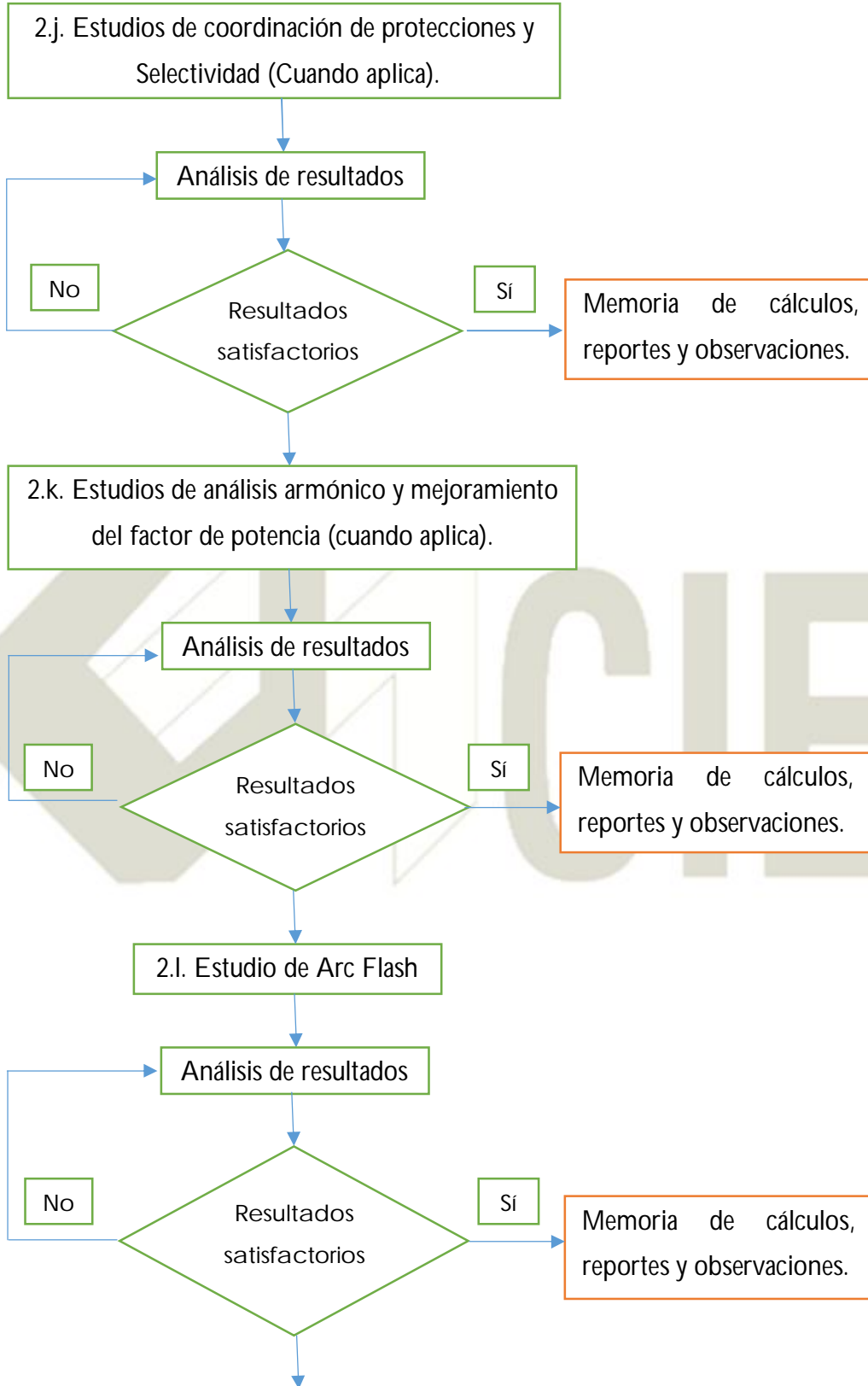


Continúa en página siguiente.

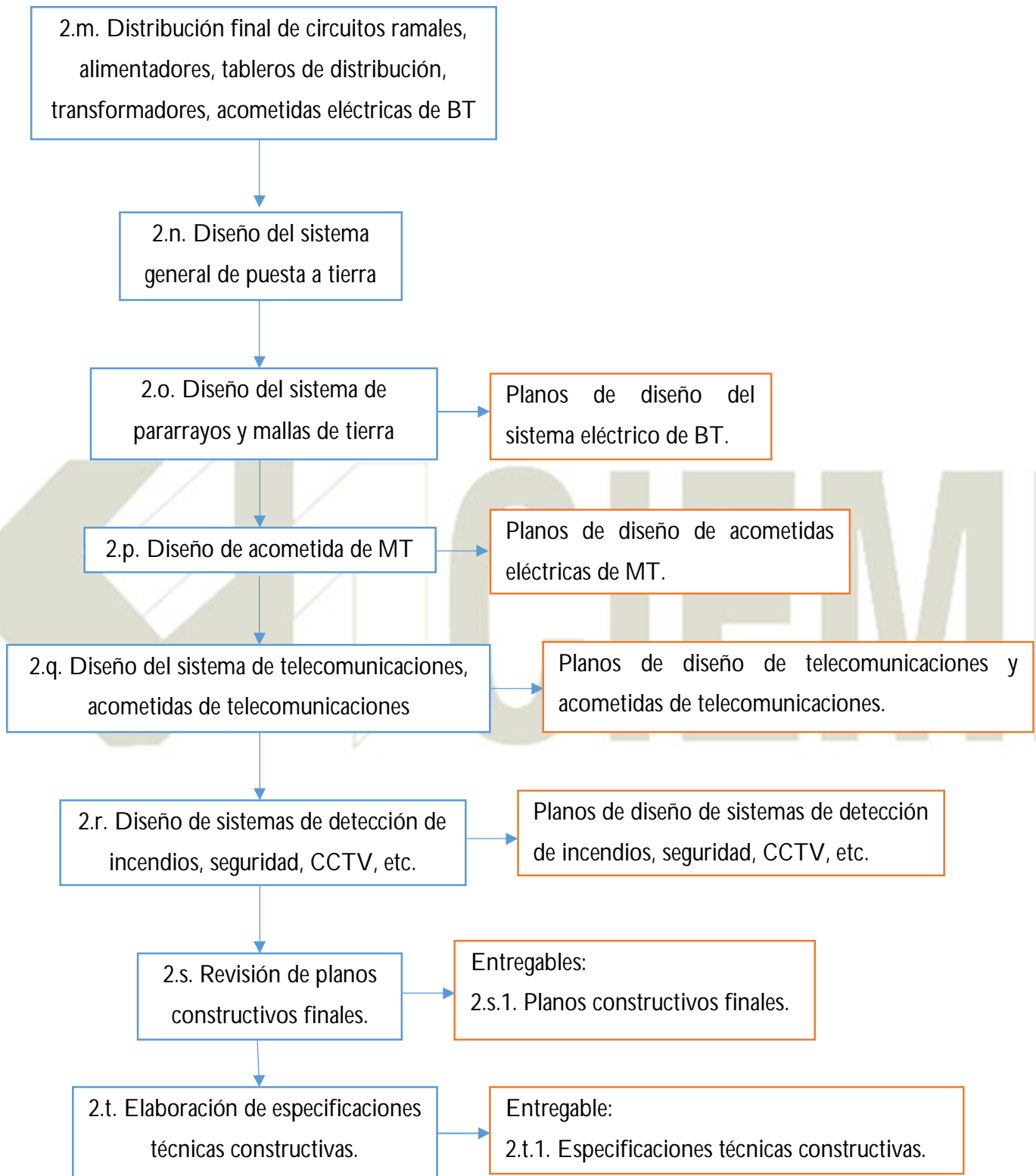


Continúa en página siguiente.





Continúa en página siguiente.



## Diccionario Etapa 2: Diseño del proyecto eléctrico.

### 2.a. Inicio basado en entregables de un anteproyecto.

Se toma como base los siguientes documentos elaborados como parte del anteproyecto eléctrico:

1. Planos de anteproyecto de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y demás.
2. Diagramas unifilares preliminares.
3. Documento con los requerimientos finales para aprobación del cliente.

### 2.b. Distribución de luminarias.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones con el arquitecto, promotores y el cliente para la selección de las luminarias a utilizarse en el proyecto.
2. Elaborar los cálculos de los niveles de iluminación con base en requerimientos lumínicos de los espacios y el tipo de luminarias seleccionado.
3. Ubicar las luminarias en los planos arquitectónicos del proyecto.
4. Ubicar luminarias con balastos de emergencia o lámparas y rótulos de salida de emergencia, con base en los requerimientos de la NFPA 101.
5. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de las luminarias y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.

## 2.c. Distribución de tomacorrientes y salidas eléctricas especiales.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Ubicarlos tomacorrientes de uso general en los planos arquitectónicos del proyecto, con base a los requerimientos mínimos establecidos en el Código Eléctrico.
2. Realizar reuniones con el arquitecto, promotores y el cliente para ubicarlos tomacorrientes especiales o salidas especiales a utilizarse en el proyecto.
3. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de los tomacorrientes y salidas especiales y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.

## 2.d. Distribución de cargas de motores, unidades de aire acondicionado, ventilación y otras cargas eléctricas especiales.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto, el equipo de diseño y el cliente para definir las ubicaciones, consumos y controles especiales de las cargas de motores, unidades de aire acondicionado, ventilación y otras cargas eléctricas especiales como centros de control de motores, equipos de control, etc.
2. Ubicar en los planos arquitectónicos del proyecto las cargas y los controles requeridos para cada motor, unidad de aire acondicionado, ventilación y equipos eléctricos especiales.
3. Dimensionar las acometidas y protecciones a cada motor y equipos eléctricos especiales con base a los requerimientos establecidos en el Código Eléctrico.
4. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de los motores, unidades de aire acondicionado, ventilación, y equipos eléctricos especiales, y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.

## 2.e. Construcción del diagrama unifilar preliminar para iniciar los estudios de ingeniería.

Luego de los procesos 2.b., 2.c. y 2.d. se procede a distribuir las cargas de los circuitos ramales en tableros de distribución para iniciar el dimensionamiento de las acometidas y la construcción del diagrama unifilar preliminar del proyecto eléctrico.

Es importante indicar que el dimensionamiento de las acometidas y circuitos ramales de los pasos 2.b., 2.c. y 2.d. se basa exclusivamente en los requerimientos mínimos de consumo de las cargas, sin embargo, el dimensionamiento puede verse afectado una vez se hagan los análisis de resultados de los estudios de ingeniería.

## Inicio de los Estudios de ingeniería.

### 2.f. Estudio de demanda de cargas.

Para ver la especificación del Estudio de demanda de cargas refiérase al **Estudio de Demanda de Cargas (EDC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Demanda de Cargas** es calcular la carga demandada y la carga de diseño para cada barra, a partir de la carga conectada, incluyendo los efectos producidos por el concepto de diversidad de cargas. Las corrientes de carga calculadas están referidas al voltaje nominal de cada barra y los resultados obtenidos sirven de base para Estudios subsiguientes.

### 2.g. Estudio de dimensionamiento.

Para ver la especificación del Estudio de Dimensionamiento refiérase al **Estudio de Dimensionamiento (EDI\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Dimensionamiento** es dimensionar componentes tales como conductores de fase, neutros, conductores de puesta a tierra de protección, canalizaciones y transformadores con base en los resultados del **Estudio de Demanda de Cargas**. El dimensionamiento se realiza cumpliendo con la última versión autorizada del NEC y con las normas de diseño comercial e industrial de la IEEE. El **Estudio de Dimensionamiento** combinado con el **Estudio de Demanda de Cargas** de una instalación,

asegura que los conductores y transformadores escogidos para esa instalación, siguiendo los resultados de esos estudios, cumplen con los requerimientos de carga mínimos exigidos.

## 2.h. Estudio de flujos de cargas.

Para ver la especificación del Estudio de flujos de cargas refiérase al **Estudio de Flujos de cargas (EFC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Flujos de cargas** es analizar:

1. Las corrientes de línea pasando a través de conductores, transformadores, tableros, interruptores, y demás elementos del sistema eléctrico del proyecto, para determinar si bajo las condiciones requeridas por las cargas del proyecto, la capacidad nominal de los elementos es adecuada, y por lo tanto los elementos del sistema no trabajen en condiciones de sobrecarga.
2. Los voltajes en cada uno de los elementos del sistema eléctrico, para determinar si las caídas de voltaje son adecuadas.
3. Los valores de los factores de potencia en las diferentes barras del sistema.

## 2.i. Estudio de corrientes de cortocircuito.

Para ver la especificación del Estudio de corrientes de cortocircuito refiérase al **Estudio de Corrientes de Cortocircuito (ECC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito** es determinar las magnitudes de las corrientes de cortocircuito y el factor X/R en cada barra del sistema de potencia, en varios intervalos de tiempo, luego de que se presente una falla. Una vez que se conocen estos valores se puede seleccionar correctamente los elementos de protección contra sobrecorriente, elementos de conducción y tipos de gabinetes de elementos de distribución como tableros, centros de control de motores, subestaciones, etc.

## 2.j. Estudio de coordinación de protecciones y Estudio de selectividad (cuando aplica).

Para ver la especificación del Estudio de coordinación de protecciones y selectividad (cuando aplica) refiérase al **Estudio de Coordinación de Protecciones (ECP\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Coordinación de Protecciones** es especificar los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, con sus respectivos ajustes en caso de ser protecciones ajustables, para proteger en caso de sobrecorrientes y cortocircuitos los elementos del sistema eléctrico tales como cables, motores, transformadores, generadores, entre otros, asegurando que las protecciones operaran apropiadamente eliminando cualquier falla sin que se produzcan daños extensos en los elementos del sistema eléctrico.

El objetivo del **Estudio de selectividad (cuando aplica)** es asegurar que el dispositivo de protección contra sobrecorrientes más cercano a una falla en el sistema eléctrico interrumpirá cualquier corriente de sobrecarga y cortocircuito más rápidamente que cualquier otro dispositivo contra sobrecorrientes aguas arriba. El estudio de selectividad aplicará para aquellos circuitos del sistema que requiera selectividad.

## 2.k. Estudio de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica).

Para ver la especificación de los Estudios de análisis armónicos y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) refiérase al **Estudio de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) (EAM\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de análisis armónico** es examinar durante la fase de diseño y antes de que se construya una instalación eléctrica si los equipos a especificar e instalar operan apropiadamente en el sistema y que no generarán distorsión armónica que pueda impactar adversamente la operación de otros equipos, sean nuevos o existentes.

El objetivo del **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** es realizar el nivel de compensación requerido para obtener el factor de potencia deseado.

El **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** se complementará con el **Estudio de análisis armónico** para determinar las frecuencias de resonancia del sistema que puedan llegar a destruir equipos eléctricos.

## 2.1. Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash).

Para ver la especificación del Estudio de arco eléctrico (Arc Flash) refiérase al **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash) (EAF\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** es determinar los valores de energía incidente, los límites de protección de arco (flash) y los límites de protección de electrocución, cuando se realizan labores de mantenimiento, inspección o modificación de sistemas eléctricos energizados, para definir las medidas de protección para el personal. Además, de generar las etiquetas para los equipos eléctricos y los permisos de trabajo.

## 2.m. Distribución final de circuitos ramales, alimentadores, tableros de distribución, transformadores y acometidas de baja tensión.

Con base en los resultados de los estudios de ingeniería se revisan los circuitos ramales, los alimentadores, las acometidas de baja tensión, así como las especificaciones de los tableros de distribución y los transformadores.

## 2.n. Diseño del sistema general de puesta a tierra.

Consiste en el diseño de los conductores para realizar la puesta a tierra de los sistemas eléctricos, y la conexión equipotencial de elementos metálicos propensos a energizarse.

Debe realizarse con base en los requerimientos establecidos en el Código Eléctrico.

## 2.o. Diseño del sistema de pararrayos y mallas de tierra.

Consiste en el diseño de las puntas de pararrayos, los conductores bajantes y las mallas de tierras de sistemas eléctricos, malla de pararrayos, malla del sistema de telecomunicaciones, interconectadas funcionando como el sistema de electrodos de puesta a tierra establecido en el Código Eléctrico.



## 2.p. Diseño de la acometida de media tensión.

Consiste en el diseño de la acometida de media tensión para alimentación del edificio comercial o industrial, con base en los requerimientos establecidos en el reglamento de media tensión vigente en el país.

## 2.q. Diseño del sistema de telecomunicaciones, y acometidas de telecomunicaciones.

Consiste en el diseño del sistema de telecomunicaciones basado en los estándares ANSI/TIA para la distribución de la red pasiva de telecomunicaciones, así como las acometidas de telecomunicaciones hacia el edificio comercial o industrial, con base en los requerimientos establecidos por el cliente y por el proveedor de servicios de telecomunicaciones.

## 2.r. Diseño del sistema de detección de incendios, seguridad, CCTV, etc.

Consiste en el diseño de los sistemas de detección de incendios, basado en la norma NFPA 72 y NFPA 101, así como el diseño de sistemas de seguridad, CCTV, sonido y cualquier otro sistema que se requiera de acuerdo al alcance del proyecto.

## 2.s. Revisión de planos constructivos finales

Corresponde a la revisión final de los planos de diseño eléctrico que se elaboran luego de concluir los procesos indicados anteriormente, revisando como mínimo:

1. El alcance de todos los sistemas esté definido adecuadamente en los planos.
2. Conflictos entre diferentes sistemas eléctricos o entre sistemas eléctricos y mecánicos, estructurales, etc.
3. La información contenida en los planos cumple con los requerimientos mínimos para la presentación de los planos en el CFIA.

Una vez completada la revisión se pueden entregar los planos constructivos de diseño del proyecto.

## 2.t. Elaboración de especificaciones técnicas.

Una vez concluida la elaboración de los planos constructivos del proyecto, se procede a elaborar las especificaciones técnicas del proyecto, que incluirán todos los sistemas establecidos en el alcance del proyecto, así como requerimientos especiales que deben establecerse para dejar claro al contratista el alcance del proyecto.



## CAPITULO 2: Procedimientos para el Planeamiento y Diseño de ampliaciones o remodelaciones de instalaciones eléctricas existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales.

### Descripción:

El Procedimiento que se presenta a continuación para el Planeamiento y Diseño de ampliaciones o remodelaciones de instalaciones eléctricas existentes en edificios comerciales, industriales e institucionales, se muestra como un diagrama de flujo, en el cual se incluyen los principales procesos y actividades que deben ser contemplados para un proyecto de este tipo.

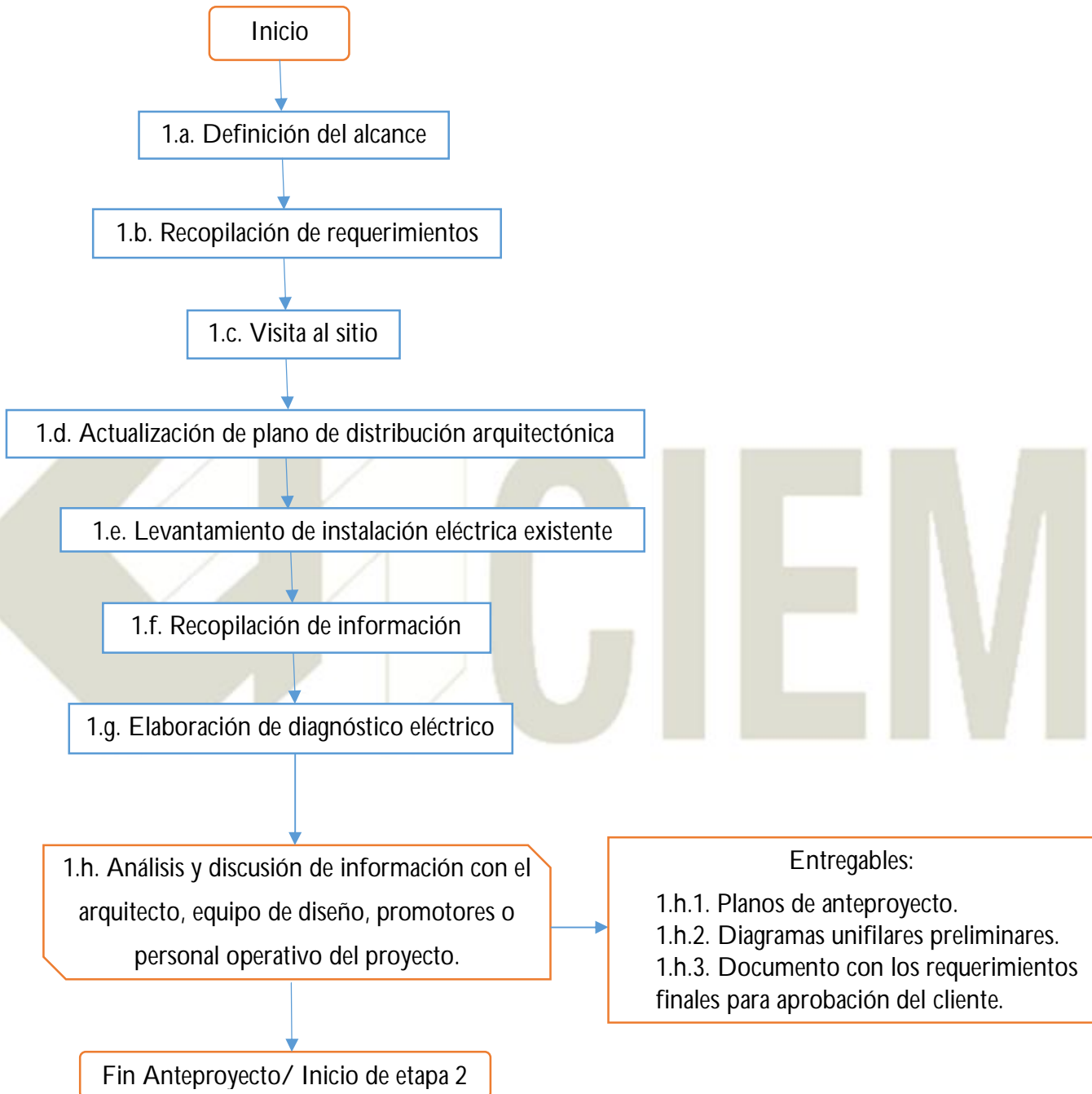
El Procedimiento se divide en dos etapas que forman el proyecto:

1. Etapa de anteproyecto eléctrico.
2. Etapa de diseño del proyecto eléctrico.

Cada etapa incluye un diccionario asociado, el cual desarrolla el proceso indicado en el diagrama de flujo, con el objeto de unificar los criterios e interpretaciones.

Es importante indicar que el Procedimiento no incluye procesos relacionados a actividades como la coordinación con otras disciplinas de ingeniería y arquitectura, y que son responsabilidad del profesional especialista en diseño de instalaciones eléctricas de edificios comerciales, industriales e institucionales, y que deben ser realizadas desde la etapa de anteproyecto eléctrico y más fuertemente en la etapa de diseño.

## Etapa 1: Anteproyecto Eléctrico.



## Diccionario Etapa 1: Anteproyecto eléctrico.

### 1.a. Definición del alcance.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones en conjunto con el arquitecto, promotores o el personal operativo del proyecto para definir qué sistemas deben ser incluidos en el diseño de las instalaciones del proyecto, incluyendo los sistemas eléctricos, de telecomunicaciones, seguridad, circuito cerrado de televisión, detección de incendios, sonido, y cualquier otro sistema requerido en el proyecto.
2. Realizar reuniones en conjunto con el arquitecto, promotores o el personal operativo del proyecto para definir cuál será el alcance de cada uno de los sistemas que se diseñarán.
3. Definir el marco normativo que regirá el proyecto.
4. Documentar el alcance del proyecto basado en las reuniones.

### 1.b. Recopilación de requerimientos.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones en conjunto con los involucrados del proyecto, por ejemplo el propietario, gerentes operativos, arquitectos, promotores y el personal operativo del proyecto para recopilar requerimientos específicos para cada sistema requerido en el proyecto.
2. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto, y demás profesionales del equipo de diseño para transmitir requerimientos especiales que deban ser conocidos por los demás profesionales del equipo de diseño.
3. Documentar los requerimientos del proyecto para cada sistema definido en el alcance del proyecto.

### 1.c. Visita al sitio.

La visita al sitio tiene el objetivo de recopilar información básica para el diseño de la acometida eléctrica, ya sea de media o baja tensión, así como información para el diseño de la acometida de telecomunicaciones, así como cualquier otra información adicional que pueda afectar al proyecto (ejemplo: instalación de objetos particulares en el sitio del proyecto, entre otros).

Se recomienda documentar la recopilación de la información de la visita al sitio.

### 1.d. Actualización de plano de distribución arquitectónica.

Se deben incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Levantamiento de medidas internas del edificio.
2. Levantamiento de ventanas, puertas, escaleras.
3. Levantamiento de cuartos eléctricos, mecánicos, telecomunicaciones, elevadores, etc.
4. Levantamiento de mobiliario fijo.
5. Dibujo en computadora de los puntos anteriores por nivel.

### 1.e. Levantamiento de instalación eléctrica existente.

Se deben incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Diagrama unifilar eléctrico con las acometidas, generadores, UPS, transformadores, tableros, etc., existentes.
2. Diagrama unifilar telecomunicaciones.
3. Sistema puesta a tierra.
4. Ubicación en planos de tomacorrientes, luminarias, apagadores, motores.

5. Ubicación en planos de cuartos eléctricos con tableros, etc.
6. Identificación de circuitos de tomacorrientes.
7. Identificación de circuitos de iluminación.
8. Identificación de circuitos de cargas especiales.
9. Actualización de directorios de tableros existentes.
10. Verificación de distancias y alturas correctas en cuartos eléctricos según NEC.
11. Determinación del uso o no de productos listados.
12. Levantamiento de marcas, modelos, tipo etc., de materiales y equipos existentes.
13. Verificación del método de instalación correcto según NEC.
14. Mediciones del sistema de puesta a tierra.
15. Mediciones de calidad de energía en acometida principal, tableros y subtableros para diferentes modos de operación del sistema eléctrico.
16. Termografía de tableros principales y secundarios, transformadores, interruptores, etc. para diferentes modos de operación del sistema eléctrico.
17. Verificación del par de apriete en terminales eléctricos.
18. Dibujo en computadora por nivel de los diferentes sistemas actualizados.

#### 1.f. Recopilación de información.

Se deben Incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Recopilar información sobre la antigüedad de las instalaciones y fechas de las intervenciones efectuadas.
2. Recopilar información sobre la clasificación del tipo de ocupación según NFPA 101.
3. Recopilación de los últimos doce recibos de energía eléctrica.
4. Recopilación de fichas técnicas de equipos existentes.
5. Recopilar el reporte sobre la evaluación de cumplimiento de la norma NFPA 101 (si existiera).
6. Recopilar métodos de identificación y control de calidad de las instalaciones.
7. Recopilar ejemplos de permisos de trabajo en equipos energizados.
8. Recopilar información sobre vestimenta para trabajos eléctricos.
9. Solicitar corriente de corto circuito máxima y mínima y relación X/R en el punto de acople común contractual a la compañía distribuidora de energía eléctrica.
10. Solicitar estructura tarifaria que aplica.
11. Recopilar información sobre los modos de operación del sistema eléctrico.
12. Recopilar planos según se construyó la obra. (si existiera).
13. Recopilar información sobre la estrategia de mantenimiento preventivo y contratos de mantenimiento externos.
14. Recopilación de marco normativo que aplica.
15. Solicitar información sobre proyectos futuros de ampliación o remodelación.



### 1.g. Elaboración de diagnóstico eléctrico.

Se deben Incluir como mínimo las siguientes actividades:

1. Registro fotográfico de incumplimientos del NEC.
2. Evaluación de cumplimiento de marco normativo.
3. Estudio de corto circuito.
4. Estudio de coordinación de protecciones.
5. Estudio de flujo de carga.
6. Estudio de Armónicos y factor de potencia.
7. Estudio de Arc Flash.
8. Análisis de estudios eléctricos.
9. Conclusiones y recomendaciones.
10. Elaboración de premisas para el rediseño eléctrico.
11. Reporte escrito.
12. Presentación de resultados.

### 1.h. Análisis y discusión de alternativas con el arquitecto, equipo de diseño, promotores o personal operativo del proyecto.

Una vez elaborados los reportes del estado de las instalaciones eléctricas, que se definieron en los puntos 1.e., 1.f. y 1.g., se presentan los resultados para su análisis y discusión con el arquitecto, equipo de diseño, promotores o personal operativo del proyecto.

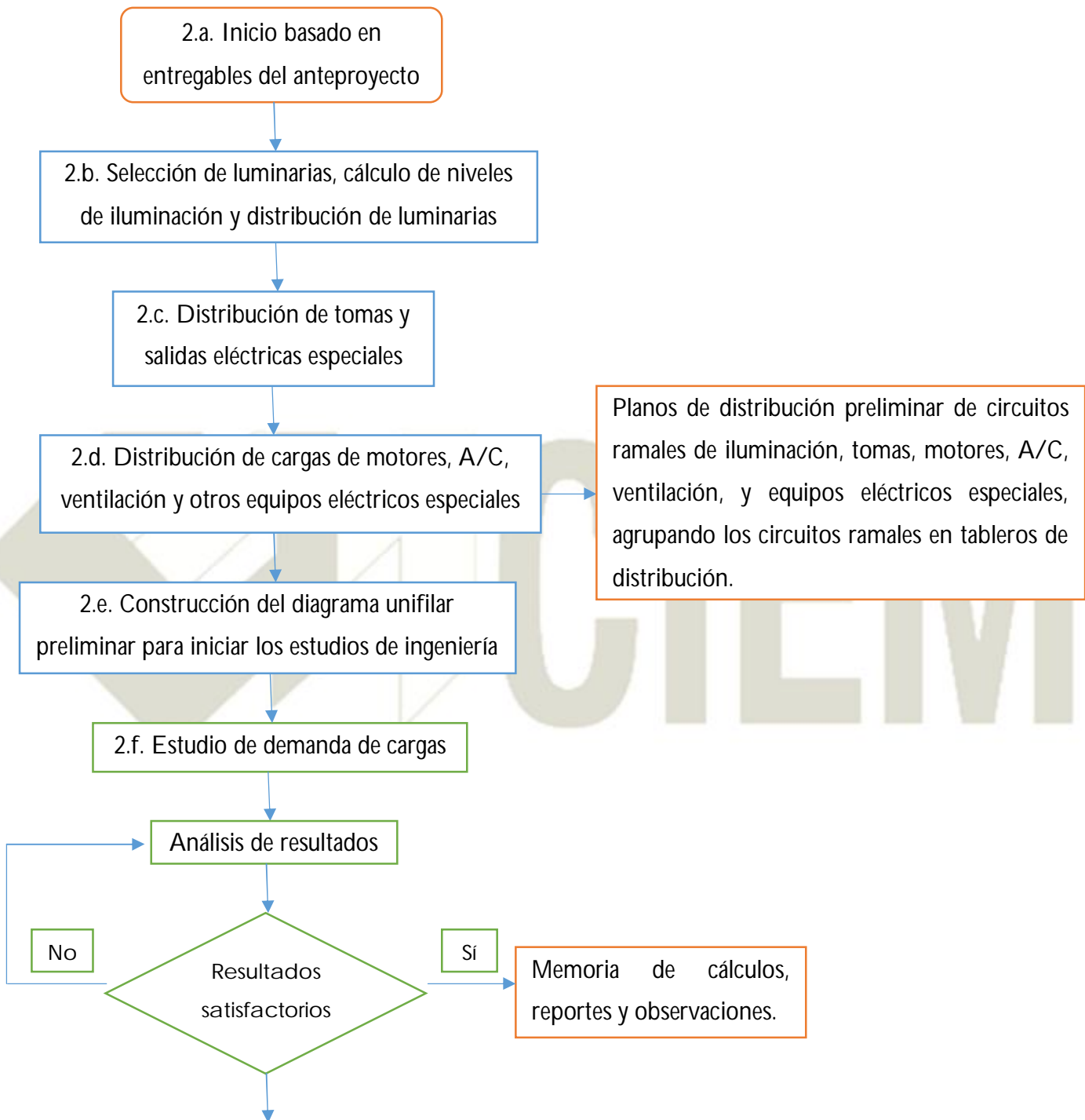
Deben incluirse al menos las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto y demás profesionales del equipo de diseño, para analizar las alternativas de ubicación tentativa de los cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, transformador y gabinete de medición, arquetas, y rutas de acometidas eléctricas de media tensión, baja tensión y acometidas de telecomunicaciones.
2. Elaborar planos de anteproyecto con las ubicaciones definidas en conjunto con el arquitecto y el equipo de diseño, para los cuartos eléctricos, cuartos de equipos, cuartos de telecomunicaciones, transformador y gabinete de medición, arquetas, y rutas de acometidas eléctricas de media tensión, baja tensión y acometidas de telecomunicaciones.
3. Presentar los resultados a los promotores o personal operativo del proyecto, para su revisión y aprobación.

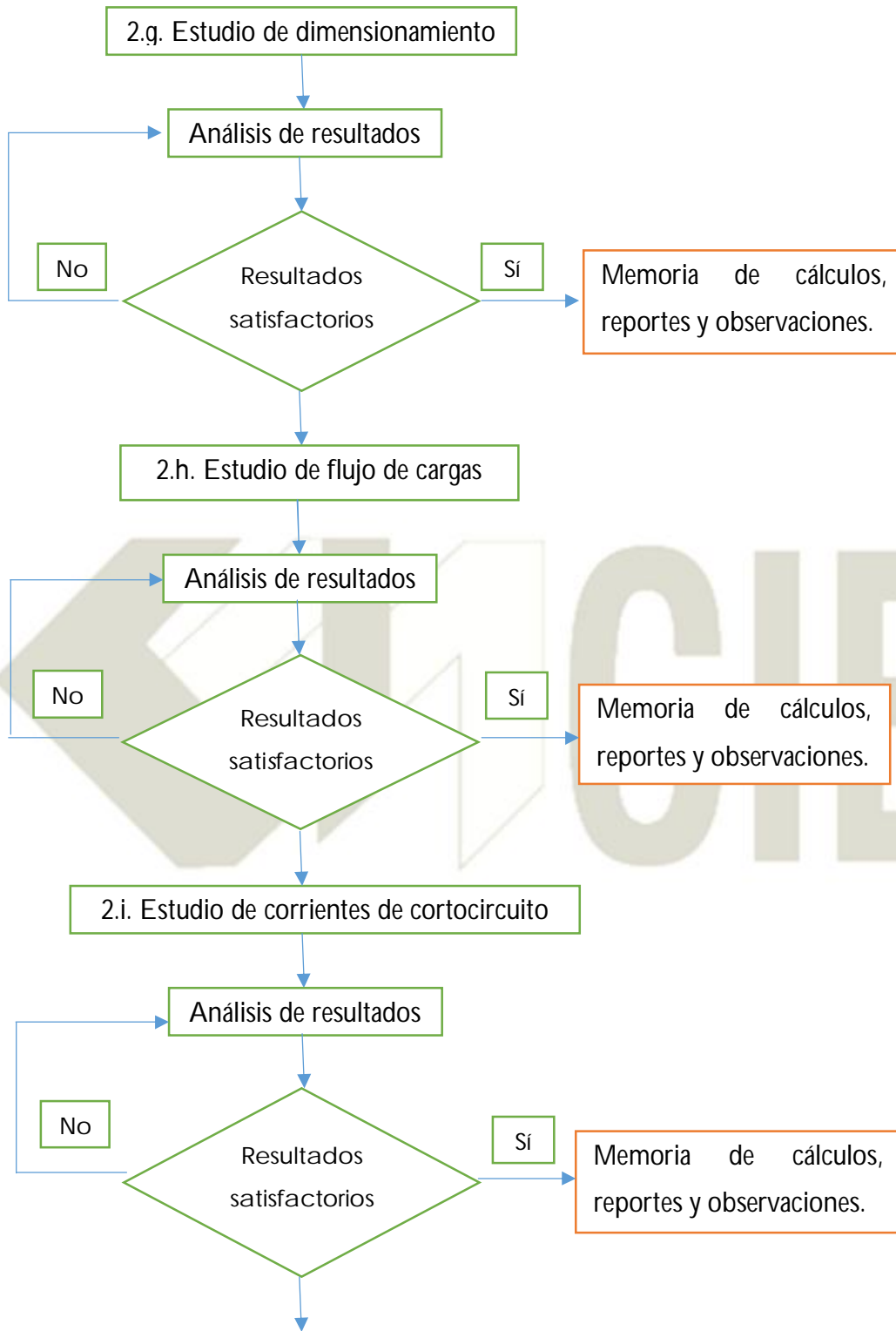
Una vez aprobados los planos de anteproyecto, se proceden a entregar los siguientes documentos:

- 1.h.1. Planos de anteproyecto de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y demás.
  - 1.h.2. Diagramas unifilares preliminares.
  - 1.h.3. Documento con los requerimientos finales para aprobación del cliente.
- Con la aprobación por parte del cliente de los entregables definidos anteriormente se procede a iniciar los planos de diseño constructivo, las especificaciones técnicas y las memorias de cálculo.

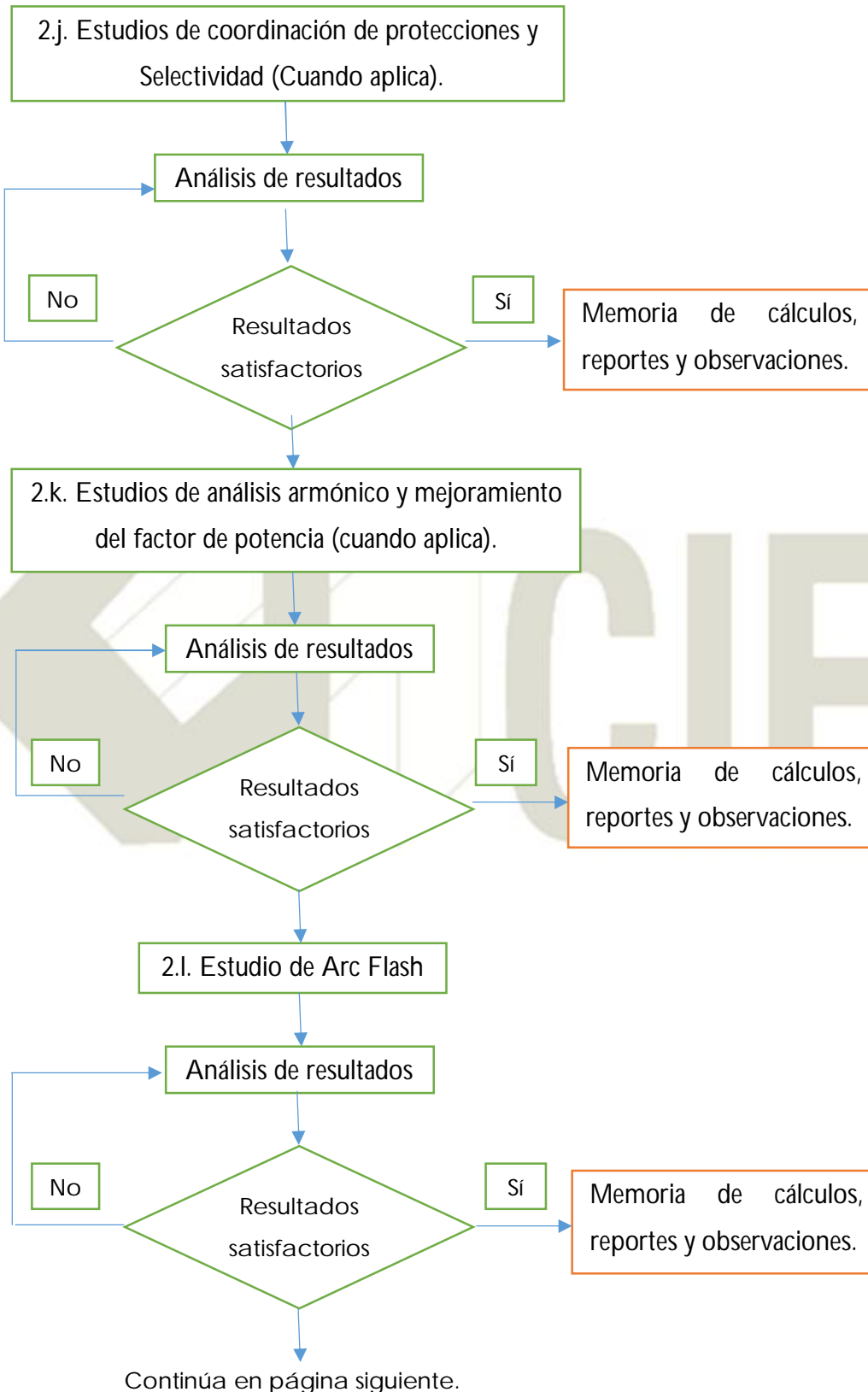
## Etapa 2: Diseño del Proyecto Eléctrico.

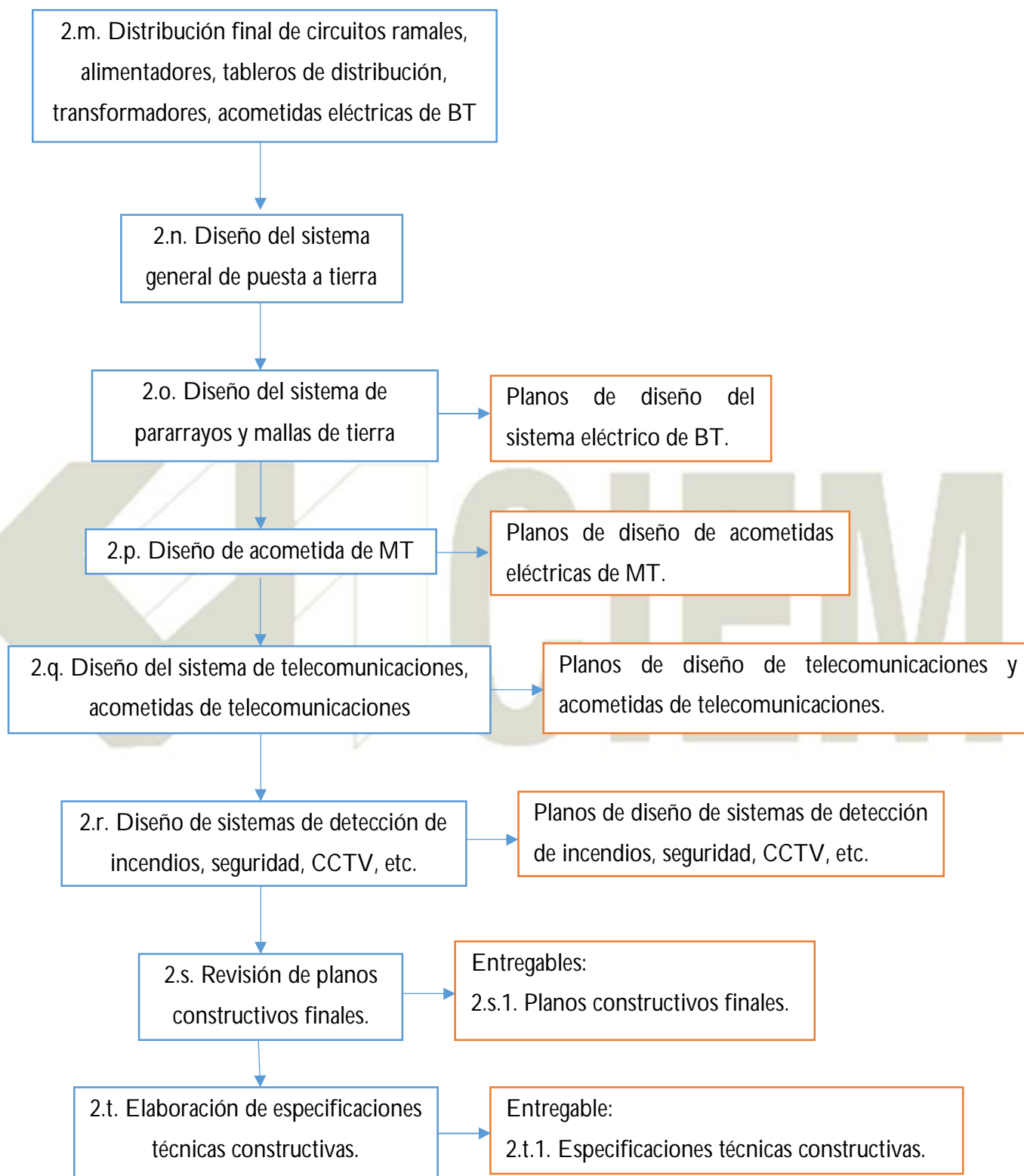


Continúa en página siguiente.



Continúa en página siguiente.





## Diccionario Etapa 2: Diseño del proyecto eléctrico.

### 2.a. Inicio basado en entregables de un anteproyecto.

Se toma como base los siguientes documentos elaborados como parte del anteproyecto eléctrico:

1. Planos de anteproyecto de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y demás.
2. Diagramas unifilares preliminares.
3. Documento con los requerimientos finales para aprobación del cliente.

### 2.b. Distribución de luminarias.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones con el arquitecto, promotores y el cliente para la selección de las luminarias a utilizarse en el proyecto.
2. Elaborar los cálculos de los niveles de iluminación con base en requerimientos lumínicos de los espacios y el tipo de luminarias seleccionado.
3. Ubicar las luminarias en los planos arquitectónicos del proyecto.
4. Ubicar luminarias con balastos de emergencia o lámparas y rótulos de salida de emergencia, con base en los requerimientos de la NFPA 101.
5. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de las luminarias y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.

## 2.c. Distribución de tomacorrientes y salidas eléctricas especiales.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Ubicarlos tomacorrientes de uso general en los planos arquitectónicos del proyecto, con base a los requerimientos mínimos establecidos en el Código Eléctrico.
2. Realizar reuniones con el arquitecto, promotores y el cliente para ubicarlos tomacorrientes especiales o salidas especiales a utilizarse en el proyecto.
3. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de los tomacorrientes y salidas especiales y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.

## 2.d. Distribución de cargas de motores, unidades de aire acondicionado, ventilación y otras cargas eléctricas especiales.

Incluye como mínimo las siguientes actividades:

1. Realizar reuniones de coordinación en conjunto con el arquitecto, el equipo de diseño y el cliente para definir las ubicaciones, consumos y controles especiales de las cargas de motores, unidades de aire acondicionado, ventilación y otras cargas eléctricas especiales como centros de control de motores, equipos de control, etc.
2. Ubicaren los planos arquitectónicos del proyecto las cargas y los controles requeridos para cada motor, unidad de aire acondicionado, ventilación y equipos eléctricos especiales.
3. Dimensionar las acometidas y protecciones a cada motor y equipos eléctricos especiales con base a los requerimientos establecidos en el Código Eléctrico.
4. Distribuir los circuitos ramales de alimentación de los motores, unidades de aire acondicionado, ventilación, y equipos eléctricos especiales, y representarlos en los planos arquitectónicos del proyecto.



## 2.e. Construcción del diagrama unifilar preliminar para iniciar los estudios de ingeniería.

Luego de los procesos 2.b., 2.c. y 2.d. se procede a distribuir las cargas de los circuitos ramales en tableros de distribución para iniciar el dimensionamiento de las acometidas y la construcción del diagrama unifilar preliminar del proyecto eléctrico.

Es importante indicar que el dimensionamiento de las acometidas y circuitos ramales de los pasos 2.b., 2.c. y 2.d. se basa exclusivamente en los requerimientos mínimos de consumo de las cargas, sin embargo, el dimensionamiento puede verse afectado una vez se hagan los análisis de resultados de los estudios de ingeniería.

## Inicio de los Estudios de ingeniería.

### 2.f. Estudio de demanda de cargas.

Para ver la especificación del Estudio de demanda de cargas refiérase al **Estudio de Demanda de Cargas (EDC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Demanda de Cargas** es calcular la carga demandada y la carga de diseño para cada barra, a partir de la carga conectada, incluyendo los efectos producidos por el concepto de diversidad de cargas. Las corrientes de carga calculadas están referidas al voltaje nominal de cada barra y los resultados obtenidos sirven de base para Estudios subsiguientes.

### 2.g. Estudio de dimensionamiento.

Para ver la especificación del Estudio de Dimensionamiento refiérase al **Estudio de Dimensionamiento (EDI\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Dimensionamiento** es dimensionar componentes tales como conductores de fase, neutros, conductores de puesta a tierra de protección, canalizaciones y transformadores con base en los resultados del **Estudio de Demanda de Cargas**. El dimensionamiento se realiza cumpliendo con la última versión autorizada del NEC y con las normas de diseño comercial e industrial de la IEEE. El **Estudio de Dimensionamiento** combinado con el **Estudio de Demanda de Cargas** de una instalación,

asegura que los conductores y transformadores escogidos para esa instalación, siguiendo los resultados de esos estudios, cumplen con los requerimientos de carga mínimos exigidos.

## 2.h. Estudio de flujos de cargas.

Para ver la especificación del Estudio de flujos de cargas refiérase al **Estudio de Flujos de cargas (EFC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Flujos de cargas** es analizar:

1. Las corrientes de línea pasando a través de conductores, transformadores, tableros, interruptores, y demás elementos del sistema eléctrico del proyecto, para determinar si bajo las condiciones requeridas por las cargas del proyecto, la capacidad nominal de los elementos es adecuada, y por lo tanto los elementos del sistema no trabajen en condiciones de sobrecarga.
2. Los voltajes en cada uno de los elementos del sistema eléctrico, para determinar si las caídas de voltaje son adecuadas.
3. Los valores de los factores de potencia en las diferentes barras del sistema.

## 2.i. Estudio de corrientes de cortocircuito.

Para ver la especificación del Estudio de corrientes de cortocircuito refiérase al **Estudio de Corrientes de Cortocircuito (ECC\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito** es determinar las magnitudes de las corrientes de cortocircuito y el factor X/R en cada barra del sistema de potencia, en varios intervalos de tiempo, luego de que se presente una falla. Una vez que se conocen estos valores se puede seleccionar correctamente los elementos de protección contra sobrecorriente, elementos de conducción y tipos de gabinetes de elementos de distribución como tableros, centros de control de motores, subestaciones, etc.

## 2.j. Estudio de coordinación de protecciones y Estudio de selectividad (cuando aplica).

Para ver la especificación del Estudio de coordinación de protecciones y selectividad (cuando aplica) refiérase al **Estudio de Coordinación de Protecciones (ECP\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Coordinación de Protecciones** es especificar los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, con sus respectivos ajustes en caso de ser protecciones ajustables, para proteger en caso de sobrecorrientes y cortocircuitos los elementos del sistema eléctrico tales como cables, motores, transformadores, generadores, entre otros, asegurando que las protecciones operaran apropiadamente eliminando cualquier falla sin que se produzcan daños extensos en los elementos del sistema eléctrico.

El objetivo del **Estudio de selectividad (cuando aplica)** es asegurar que el dispositivo de protección contra sobrecorrientes más cercano a una falla en el sistema eléctrico interrumpirá cualquier corriente de sobrecarga y cortocircuito más rápidamente que cualquier otro dispositivo contra sobrecorrientes aguas arriba. El estudio de selectividad aplicará para aquellos circuitos del sistema que requiera selectividad.

## 2.k. Estudio de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica).

Para ver la especificación de los Estudios de análisis armónicos y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) refiérase al **Estudio de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) (EAM\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de análisis armónico** es examinar durante la fase de diseño y antes de que se construya una instalación eléctrica si los equipos a especificar e instalar operan apropiadamente en el sistema y que no generarán distorsión armónica que pueda impactar adversamente la operación de otros equipos, sean nuevos o existentes.

El objetivo del **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** es realizar el nivel de compensación requerido para obtener el factor de potencia deseado.

El **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** se complementará con el **Estudio de análisis armónico** para determinar las frecuencias de resonancia del sistema que puedan llegar a destruir equipos eléctricos.

## 2.1. Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash).

Para ver la especificación del Estudio de arco eléctrico (Arc Flash) refiérase al **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash) (EAF\_ene 2015)** del capítulo 3.

El objetivo del **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** es determinar los valores de energía incidente, los límites de protección de arco (flash) y los límites de protección de electrocución, cuando se realizan labores de mantenimiento, inspección o modificación de sistemas eléctricos energizados, para definir las medidas de protección para el personal. Además, de generar las etiquetas para los equipos eléctricos y los permisos de trabajo.

## 2.m. Distribución final de circuitos ramales, alimentadores, tableros de distribución, transformadores y acometidas de baja tensión.

Con base en los resultados de los estudios de ingeniería se revisan los circuitos ramales, los alimentadores, las acometidas de baja tensión, así como las especificaciones de los tableros de distribución y los transformadores.

## 2.n. Diseño del sistema general de puesta a tierra.

Consiste en el diseño de los conductores para realizar la puesta a tierra de los sistemas eléctricos, y la conexión equipotencial de elementos metálicos propensos a energizarse.

Debe realizarse con base en los requerimientos establecidos en el Código Eléctrico.

## 2.o. Diseño del sistema de pararrayos y mallas de tierra.

Consiste en el diseño de las puntas de pararrayos, los conductores bajantes y las mallas de tierras de sistemas eléctricos, malla de pararrayos, malla del sistema de telecomunicaciones, interconectadas funcionando como el sistema de electrodos de puesta a tierra establecido en el Código Eléctrico.

## 2.p. Diseño de la acometida de media tensión.

Consiste en el diseño de la acometida de media tensión para alimentación del edificio comercial o industrial, con base en los requerimientos establecidos en el reglamento de media tensión vigente en el país.

## 2.q. Diseño del sistema de telecomunicaciones, y acometidas de telecomunicaciones.

Consiste en el diseño del sistema de telecomunicaciones basado en los estándares ANSI/TIA para la distribución de la red pasiva de telecomunicaciones, así como las acometidas de telecomunicaciones hacia el edificio comercial o industrial, con base en los requerimientos establecidos por el cliente y por el proveedor de servicios de telecomunicaciones.

## 2.r. Diseño del sistema de detección de incendios, seguridad, CCTV, etc.

Consiste en el diseño de los sistemas de detección de incendios, basado en la norma NFPA 72 y NFPA 101, así como el diseño de sistemas de seguridad, CCTV, sonido y cualquier otro sistema que se requiera de acuerdo al alcance del proyecto.

## 2.s. Revisión de planos constructivos finales

Corresponde a la revisión final de los planos de diseño eléctrico que se elaboran luego de concluir los procesos indicados anteriormente, revisando como mínimo:

1. El alcance de todos los sistemas esté definido adecuadamente en los planos.
2. Conflictos entre diferentes sistemas eléctricos o entre sistemas eléctricos y mecánicos, estructurales, etc.
3. La información contenida en los planos cumple con los requerimientos mínimos para la presentación de los planos en el CFIA.

Una vez completada la revisión se pueden entregar los planos constructivos de diseño del proyecto.

## 2.t. Elaboración de especificaciones técnicas.

Una vez concluida la elaboración de los planos constructivos del proyecto, se procede a elaborar las especificaciones técnicas del proyecto, que incluirán todos los sistemas establecidos en el alcance del proyecto, así como requerimientos especiales que deben establecerse para dejar claro al contratista el alcance del proyecto.



## CAPITULO 3: Estudios de ingeniería.

### Introducción:

No es posible plasmar planos que garanticen sistemas eléctricos seguros y confiables en edificios, hasta que se determinen ciertos parámetros en puntos particulares del sistema, algunos establecidos en fase de diseño (tales como los factores de demanda [recabados en el NEC], los factores de diversidad [recabados conforme a la experiencia del diseñador], el factor X/R en la acometida [suministrado por la compañía distribuidora] y otros determinados conforme al cálculo (tales como, caídas de tensión, factores de potencia, X/R en las diferentes barras, corrientes de cortocircuito, Distorsión Armónica de Voltaje [THVD], etc.) y una vez determinados, manipularlos de manera tal que nos garanticen el funcionamiento deseado. Esto es posible, ya que la electricidad obedece a leyes físicas específicas.

La determinación de los parámetros antes dichos y su respectiva manipulación se hace posible mediante **los estudios de ingeniería** respectivos, que más adelante se describirán.

Por consiguiente, antes de procederse a la realización de los planos constructivos propiamente dichos, que coronan el diseño eléctrico completo de un edificio, se requiere la realización de un diseño eléctrico base que contempla el dimensionamiento de los componentes del sistema en función de la potencia activa y reactiva que absorben, toma en cuenta el dimensionamiento por caída de tensión y la disposición de los componentes dentro de los espacios del edificio. También debe comprender el diseño meticuloso de un plano unifilar que esquemáticamente represente las funciones que cada componente del sistema debe cumplir dentro del conjunto. El todo enmarcado dentro de los delineamientos del NEC.

El diseño eléctrico base se nutre a su vez de un diseño previo de iluminación que define los parámetros lumínicos requeridos para la instalación.

Al mismo tiempo, el diseño eléctrico base se rodea con otros aspectos necesarios para el buen comportamiento del sistema eléctrico, en condiciones normales y anormales de funcionamiento, como son la puesta a tierra y el diseño de la malla de tierra, el diseño del sistema de pararrayos, el diseño de los sistemas de voz y de datos y el diseño de los

diversos sistemas de alarmas, donde a su vez se requiere apegarse a normas aplicables como la NFPA 70, la NFPA 780, la UL96A, la NFPA 72, las ANSI/TIA/EIA, etc.

Luego, se requiere de análisis más complejos como son los **Estudios de Demanda y Dimensionamiento**, los **Estudios de Flujo de Carga**, los **Estudios de Cortocircuito**, los **Estudios de Coordinación de Protecciones**, los **Estudios de Mejoramiento del Factor de Potencia y Análisis Armónico** y los **Estudios de Falla de Arco**, obteniéndose así un diseño eléctrico completo, plasmado en planos constructivos, que logra dimensionar los componentes del sistema para que no sólo funcionen eficientemente en condiciones normales, sino que en caso de presentarse una falla eléctrica, se maximice la continuidad del servicio y se salvaguarde la vida y la propiedad.





## Estudio de demanda de Cargas (Referencia: EDC\_ene 2015)

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Demanda de Cargas** es calcular la carga demandada y la carga de diseño para cada barra, a partir de la carga conectada, incluyendo los efectos producidos por el concepto de diversidad de cargas. Las corrientes de carga calculadas están referidas al voltaje nominal de cada barra y los resultados obtenidos sirven de base para Estudios subsiguientes.

El Estudio debe asegurar absoluto cumplimiento con los requerimientos de la última edición del NEC vigente y con las normativas de diseño eléctrico comercial e industrial de la IEEE.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Demanda de Carga** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios del CIEMI.

### Parte 2 – EJECUCION.

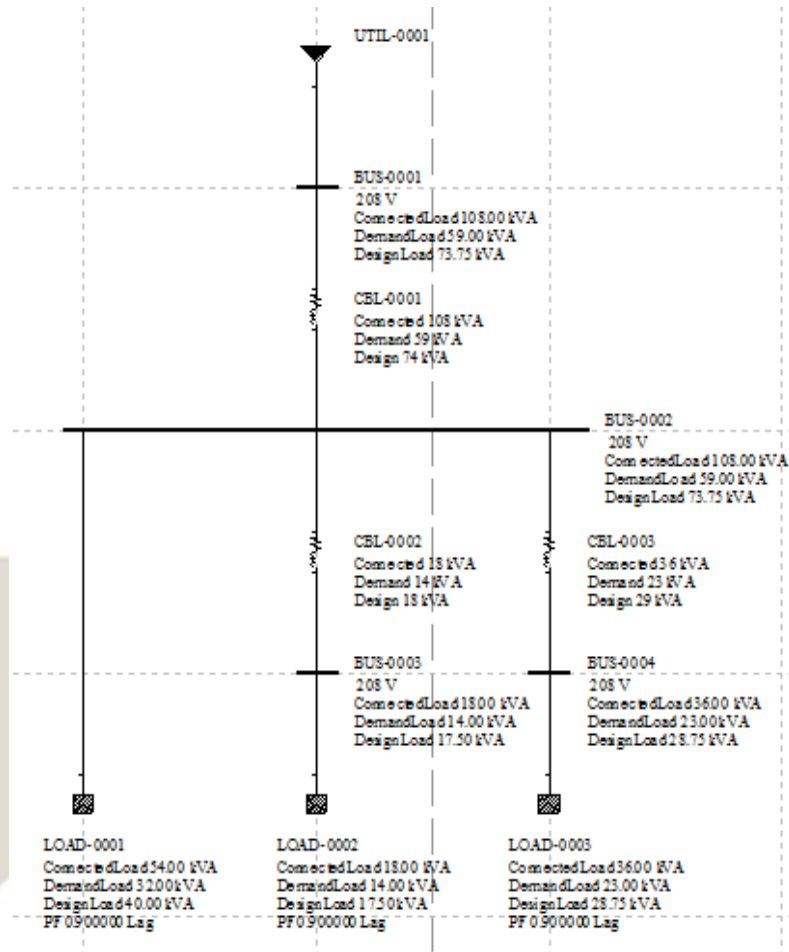
#### ¿Se requiere realizar un Estudio de Demanda de Cargas?

Si se requieren determinar las capacidades mínimas de los circuitos ramales y alimentadores y la de los transformadores del sistema, el **Estudio de Demanda de Cargas** es un método válido para lograr el objetivo. No se requiere, si el sistema es existente o bien se ha dimensionado mediante otros medios.

Para realizar un **Estudio de Demanda de cargas**, se requiere primero:

- Definir la topología del sistema y sus conexiones (diagrama unifilar del sistema)
- Definir las conexiones con el sistema de distribución
- Definir las cargas individuales

### Ejemplo de Estudio de Demanda de Carga



### Parte 3 – ANALISIS.

El **Estudio de Demanda de Cargas** suma vectorialmente las cargas individuales a través de un sistema de potencia con el objetivo de dimensionar luego los conductores y transformadores, mediante un **Estudio de Dimensionamiento** y además provee información para un estudio subsiguiente de **Flujo de Cargas**.

Comenzando con las barras más lejanas de la acometida del sistema, el **Estudio de Demanda de Cargas** calcula vectorialmente la suma de todas las cargas en cada barra y reporta los valores de carga conectada, demandada y de diseño. Este proceso se repite en cada barra y ramal aguas arriba desde el sistema de barras más lejano de la

acometida del sistema de potencia, tomando en cuenta también el concepto de diversidad de cargas.

En caso de que los resultados no sean satisfactorios, deben realizarse los cambios respectivos en el diagrama unifilar del sistema, para cumplir los requisitos que no se cumplan, y volver a simular los escenarios requeridos por el estudio, para obtener resultados satisfactorios.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se tendrá una imagen de cómo se reparte la carga total de un proyecto con base en la última versión vigente del NEC, de las normativas de diseño eléctrico comercial e industrial de la IEEE y de los algoritmos propios de cada software de cálculo que sea utilizado.

#### Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados.
3. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo. Incluir los datos de entrada. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
4. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
5. Incluir los límites permitidos de los niveles de corrientes y voltajes según la normativa que aplica.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.

## Estudio de Dimensionamiento (Referencia: EDI\_ene 2015)

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Dimensionamiento** es dimensionar componentes tales como conductores de fase, neutros, conductores de puesta a tierra de protección, canalizaciones y transformadores con base en los resultados del **Estudio de Demanda de Cargas**.

El dimensionamiento se realiza cumpliendo con la última versión autorizada del NEC y con las normas de diseño comercial e industrial de la IEEE.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Dimensionamiento** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

### Parte 2 – EJECUCION.

#### ¿Se requiere siempre realizar un Estudio de Dimensionamiento?

El NEC exige la determinación de capacidades mínimas para conductores, transformadores y canalizaciones cuando se dimensiona una instalación y el **Estudio de Dimensionamiento** es un método para lograr el objetivo. No se requiere la realización del Estudio si la instalación es existente o bien su dimensionamiento se ha logrado por otros métodos.

Para realizar un **Estudio de Dimensionamiento**, se requiere primero:

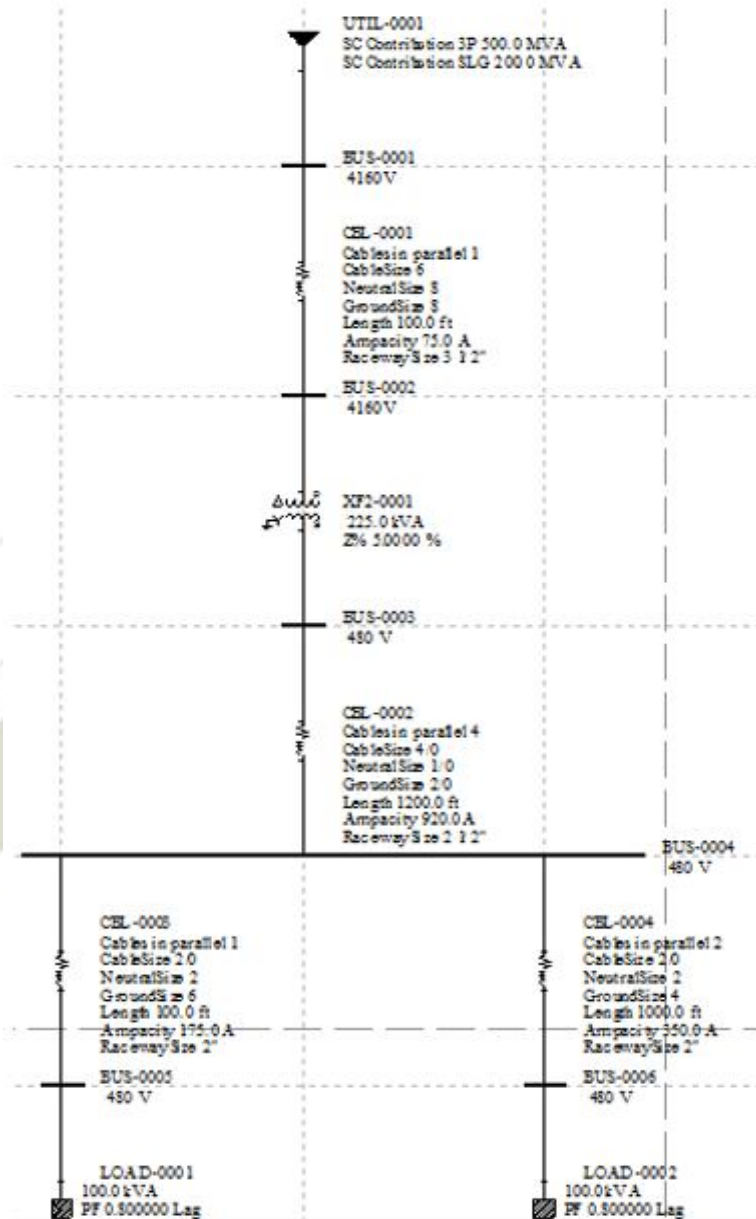
- Definir la topología del sistema y sus conexiones (diagrama unifilar del sistema)
- Definir las conexiones con el sistema de distribución
- Definir las cargas individuales
- Haber realizado el **Estudio de Demanda de cargas**

Debe considerarse como parte del dimensionamiento de los conductores el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el código eléctrico vigente, normativas de diseño eléctrico comercial e industrial de la IEEE y de los algoritmos propios de cada software de cálculo que sea utilizado, como factores de ajuste por carga continua, por temperatura, por agrupamiento de conductores, así como cualquier requerimiento especial que establezca el código eléctrico vigente para el tipo de carga que se desea alimentar.

Debe definirse y analizarse la utilización de conductores de cobre o de aluminio en alimentadores, y debe analizarse si los conductores se podrán conectar en los dispositivos terminales del conductor. Las capacidades de conducción de los conductores de cobre y de aluminio son diferentes y por lo tanto las caídas de tensión y los calibres serán diferentes.

Debe tomarse en cuenta las consideraciones especiales definidas en el código eléctrico para conductores en paralelo de línea, neutro y conductores de puesta a tierra.

**Ejemplo de Estudio de Dimensionamiento**



**Parte 3 – ANALISIS.**

El **Estudio de Dimensionamiento** combinado con el **Estudio de Demanda de Cargas** de una instalación, asegura que los conductores y transformadores escogidos para esa instalación, siguiendo los resultados de esos estudios, cumplen con los requerimientos de carga mínimos exigidos. Una vez que el diseño preliminar sea definido, se requieren

estudios más detallados como los de flujo de carga, corrientes de cortocircuito, coordinación de protecciones, arc flash, etc., para verificar que los dispositivos eléctricos estén dimensionados para trabajar, tanto en condiciones normales como anormales de funcionamiento.

El **Estudio de Dimensionamiento** suministra información sobre las características de los conductores y transformadores y entrega reportes acerca de estas características y además puede suministrar caídas de tensión porcentuales preliminares para alimentadores y ramales (valores de caídas de tensión más precisas se encuentran después de un Estudio de Flujo de Carga).

En caso de que los resultados no sean satisfactorios, deben realizarse los cambios respectivos en el diagrama unifilar del sistema, para cumplir los requisitos que no se cumplan, y volver a simular los escenarios requeridos por el estudio, para obtener resultados satisfactorios.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se obtendrán los calibres recomendados para los conductores y la capacidad nominal de los transformadores con base en los valores de Demanda de Carga y de Carga de Diseño calculados de un sistema. Una vez determinadas las ampacidades de los conductores de fase y de neutro, el **Estudio de Dimensionamiento** recomienda los calibres de las canalizaciones y el conductor de puesta a tierra.

#### Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados.
3. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo. Incluir los datos de entrada. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.

4. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
5. Incluir los límites permitidos de los niveles de corrientes y voltajes según la normativa que aplica.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.





## Estudio de Flujos de Cargas (Referencia: EFC\_ene 2015).

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Flujos de cargas** analizar:

1. Las corrientes de línea pasando a través de conductores, transformadores, tableros, interruptores, y demás elementos del sistema eléctrico del proyecto, para determinar si bajo las condiciones requeridas por las cargas del proyecto, la capacidad nominal de los elementos es adecuada, y por lo tanto los elementos del sistema no trabajen en condiciones de sobrecarga.
2. Los voltajes en cada uno de los elementos del sistema eléctrico, para determinar si las caídas de voltaje son adecuadas.
3. Los valores de los factores de potencia en las diferentes barras del sistema.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Flujos de cargas** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

Se recomienda realizar el estudio de flujos de carga mediante el uso de software especializado para estudios eléctricos que permita en forma simultánea el cálculo de las caídas de tensión considerando métodos de cálculo iterativos.

### Parte 2 – EJECUCION.

Antes de iniciar el estudio de flujos de carga se debe haber realizado los siguientes trabajos:

1. Realizar el **Estudio de demanda de cargas**, para distribuir las cargas en circuitos ramales y alimentadores y definir las cargas asociadas a cada tablero de distribución.
2. Realizar el **Estudio de dimensionamiento** para determinar la capacidad de transformadores, generadores (en caso de utilizarse), UPS (en caso de utilizarse),

bancos de capacitores, y demás elementos del sistema, así como calibres de los conductores de acometida del proyecto, calibres de los conductores alimentadores de cada tablero de distribución y calibres de circuitos ramales.

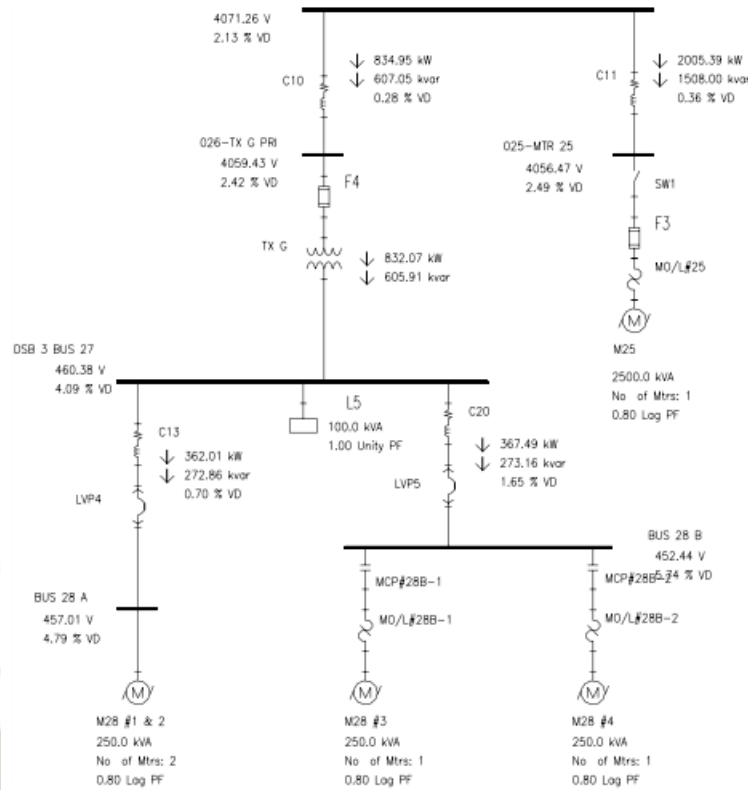
3. Elaborar el diagrama unifilar preliminar, con la distribución completa del sistema eléctrico del proyecto, incluyendo todos los elementos del sistema, los calibres de los conductores, el tipo de conductor (ya sea de cobre o de aluminio), y las distancias desde su fuente de alimentación.

Se recomienda hacer diferentes escenarios en el estudio de flujos de carga para verificar que el sistema trabajará adecuadamente en cada escenario.

Una vez elaborado el diagrama unifilar preliminar del proyecto, con todas las cargas definidas y distribuidas, y con los resultados de los estudios de demanda y dimensionamiento de los conductores y de los elementos del sistema, se procede a realizar el **Estudio de Flujos de Cargas**.



**Ejemplo de Estudio de Flujos de cargas**



**Parte 3 – ANALISIS.**

El estudio de flujos de carga se encarga de analizar si los conductores, transformadores, tableros, interruptores y demás elementos son adecuados para:

1. Transportar las corrientes de línea bajo las condiciones ambientales establecidas y del método de instalación utilizado.
2. Cumplir con los voltajes adecuados en cada elemento del sistema eléctrico, comparando las caídas de voltaje obtenidas y los valores de caídas de voltaje máximas recomendadas en el código eléctrico.

Conceptualmente, la caída de tensión mostrada como un porcentaje, debe expresarse con respecto al voltaje nominal de la fuente y no con respecto a la barra que lo alimenta. En caso de que se tenga un sistema derivado separado, el porcentaje de caída de tensión debe expresarse con respecto al valor de voltaje del sistema derivado separado.

En caso de que los resultados no sean satisfactorios, deben realizarse los cambios respectivos en el diagrama unifilar del sistema, para cumplir los requisitos que no se cumplan, y volver a simular los escenarios requeridos por el estudio, para obtener resultados satisfactorios.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se tendrá la siguiente información:

1. El tipo de conductores (cobre o aluminio) y los calibres a utilizarse, así como consideraciones especiales para los transformadores, tableros, interruptores y demás elementos del sistema eléctrico a utilizarse.
2. Los voltajes en cada barra del sistema y su caída de voltaje asociada en voltios y en porcentaje con respecto al voltaje nominal de la fuente.
3. Los valores de corrientes de línea, potencia en kVA, kW, o factor de potencia.
4. Las pérdidas en cada ramal y las pérdidas en el proyecto.

#### Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados.
3. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo. Incluir los datos de entrada. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
4. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
5. Incluir los límites permitidos de los niveles de corrientes y voltajes según la normativa que aplica.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.

## Estudio de Corrientes de Cortocircuito (Referencia: ECC\_ene 2015).

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito** es:

Determinar las magnitudes de las corrientes de cortocircuito y el factor X/R en cada barra del sistema de potencia, en varios intervalos de tiempo, luego de que se simule una falla. Una vez que se conocen estos valores se pueden especificar las capacidades interruptivas de los elementos de protección contra sobrecorriente, y las capacidades de soporte de cortocircuito de los demás elementos que componen el sistema eléctrico, para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación aún bajo condiciones de falla.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Corrientes de cortocircuito** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

Se recomienda realizar el estudio de Corrientes de cortocircuito mediante el uso de software especializado para estudios eléctricos que permita en forma simultánea simular diferentes escenarios.

### Parte 2 – EJECUCION.

Previo a la ejecución del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito**, se necesitan los resultados del **Estudio de Demanda de cargas**, **Estudio de Dimensionamiento** y **Estudio de Flujos de Cargas**. Debe tomarse en consideración que el **Estudio de Corrientes de Cortocircuito** puede modificar elementos del sistema y por lo tanto se deberán actualizar estos estudios antes mencionados.

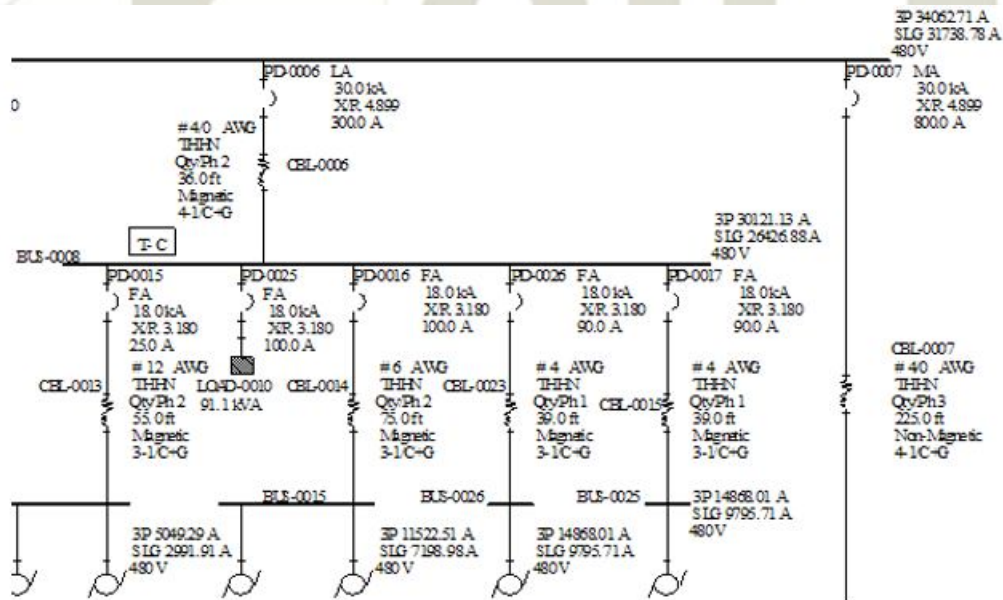
El **Estudio de Corrientes de Cortocircuito** debe ser realizado de acuerdo con las prácticas recomendadas y procedimientos establecidos por ANSI/IEEE 399 y los procedimientos paso a paso desglosados en los capítulos de cortocircuito de IEEE 141 y ANSI/IEEE 242 en su última versión. Debe además cumplir con ANSI C37.010, C37.13 y C37.5.

Se deben realizar diferentes escenarios en el **Estudio de Corrientes de Cortocircuito**, considerando la operación durante condiciones normales, configuraciones de operación alternas, condiciones de emergencia y cualesquiera otras operaciones, para determinar las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas que el sistema eléctrico estará sometido y que serán información útil para estudios posteriores como el **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)**, **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad**, y **Estudio de Corrientes Armónicas**.

El estudio de cortocircuito incluirá todas las porciones del sistema de distribución eléctrico, desde las fuentes de alimentación normal y fuentes alternas hacia cada uno de los tableros mostrados en el diagrama unifilar.

El estudio de cortocircuito debe considerar los diferentes tipos de corrientes de falla, al menos trifásica y fase a tierra.

**Ejemplo de Estudio de Corrientes de Cortocircuito**



### Parte 3 – ANALISIS.

Se analizarán los datos de las tablas generadas por el programa para cada tipo de corriente de falla, cada escenario y cada caso que se haya definido de acuerdo con la topología del diagrama unifilar.

Se deberán comparar los valores de corrientes de cortocircuito y factores X/R obtenidos para cada barra y componente del sistema con respecto a las capacidades interruptivas de cada protección contra sobrecorriente y capacidad de soporte de cortocircuito de los otros elementos del sistema como cables, tableros eléctricos, motores, transformadores, etc. En caso de incumplimiento deberán realizarse los cambios respectivos.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se tendrá la siguiente información:

1. Las magnitudes de corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en cada barra del sistema.
2. Los factores X/R en cada barra del sistema.
3. Tabla de evaluación entre corrientes de cortocircuito y factores X/R en cada barra versus capacidad interruptiva y factor X/R de protecciones contra sobrecorrientes, y capacidad de soporte de cortocircuito de los demás elementos del sistema tales como cables, tableros eléctricos, motores, transformadores, etc.

### Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usará en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados.
3. Bases del proyecto que contenga los datos de entrada como ubicación, tipo de proyecto (industrial o comercial), descripción, objetivos y alcance del estudio.

4. información de entrada de la compañía distribuidora, que como mínimo debe contener:
  - a. Nombre de la compañía,
  - b. Localización y nombre del circuito de distribución,
  - c. Nivel de tensión,
  - d. Corriente de cortocircuito máximo y mínimo,
  - e. Relación X/R,
  - f. Impedancias de secuencia positiva, negativa y cero.
5. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.





## Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica) (Referencia: *ECP\_ene 2015*).

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Coordinación de Protecciones** es:

Especificar los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, con sus respectivos ajustes en caso de ser protecciones ajustables, para protegeren caso de sobrecorrientes y cortocircuitos los elementos del sistema eléctrico tales como cables, motores, transformadores, generadores, entre otros, asegurando que las protecciones operaran apropiadamente eliminando cualquier falla sin que se produzcan daños extensos en los elementos del sistema eléctrico.

El objetivo del **Estudio de selectividad (cuando aplica)** es:

Asegurar que el dispositivo de protección contra sobrecorrientes más cercano a una falla en el sistema eléctrico interrumpirá cualquier corriente de sobrecarga y cortocircuito más rápidamente que cualquier otro dispositivo contra sobrecorrientes aguas arriba. El estudio de selectividad aplicará para aquellos circuitos del sistema que requiera selectividad.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica)** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

### Parte 2 – EJECUCION.

Previo a la ejecución del **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica)**, se necesitan los resultados del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito**, **Estudio de Demanda de cargas**, **Estudio de Dimensionamiento** y **Estudio de Flujos de Cargas**. Debe tomarse en consideración que el **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad**

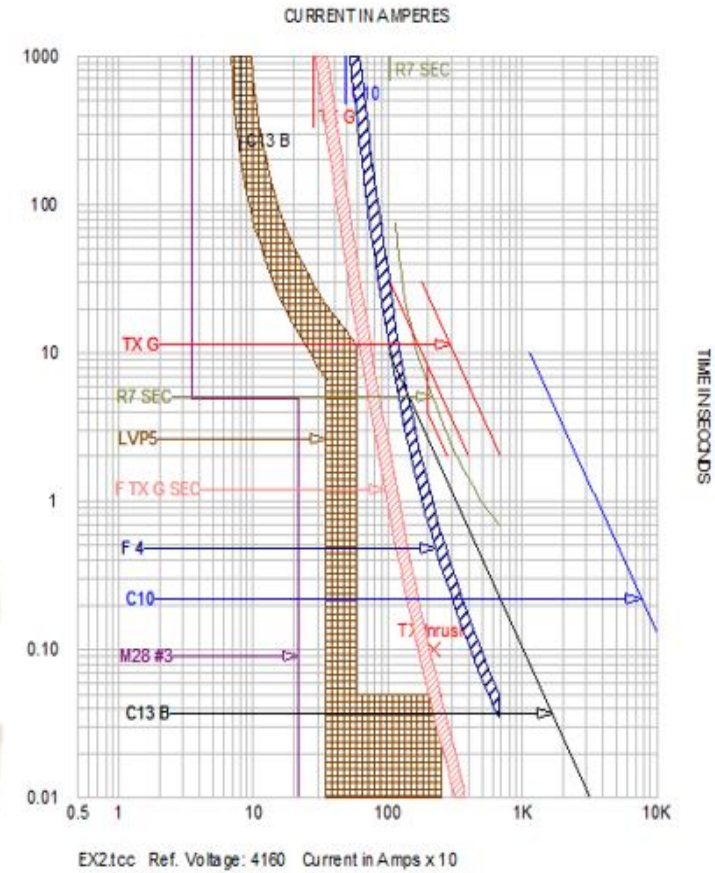
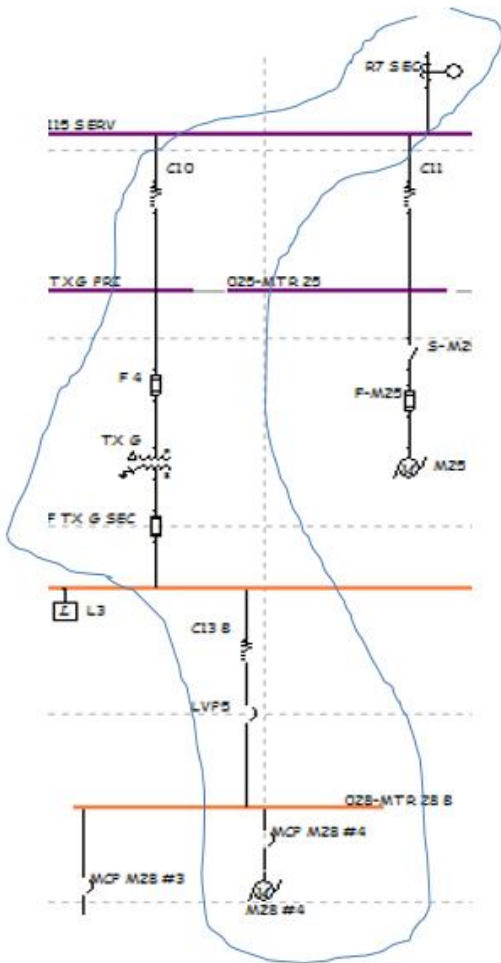
(cuando aplica) puede modificar elementos del sistema y por lo tanto se deberán actualizar estos estudios antes mencionados. Los resultados del **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica)** serán utilizados para estudios posteriores como el **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)**.

Se deben realizar diferentes escenarios en el **Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad (cuando aplica)**, considerando la operación durante condiciones normales, configuraciones de operación alternas, condiciones de emergencia y cualesquiera otras operaciones, para determinar si las protecciones contra sobrecorriente coordinan y protegen adecuadamente a los elementos del sistema eléctrico.

Las curvas de coordinación deben mostrar al menos la siguiente información:

1. Ajustes de las protecciones de cortocircuito y sobrecorriente.
2. Ajustes de las protecciones de falla a tierra (cuando aplica).
3. Identificación del dispositivo de protección contra cortocircuito y sobrecorriente.
4. Escala de tiempo corriente para las curvas.
5. Curvas de disparo de interruptores, fusibles y relés, mostrando las bandas de operación.
6. Curvas de daño de los cables de media y baja tensión.
7. Curvas de daño y decremento de generadores.
8. Curvas de daño de transformadores, de acuerdo a ANSI C37.91 incluyendo la corriente de magnetización.
9. Curvas de arranque de motores.
10. Relés y fusibles de las empresas de distribución eléctrica.

**Ejemplo de Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad:**



**Parte 3 – ANALISIS.**

Se analizarán los datos de las tablas generadas por el programa para cada tipo de corriente de falla, cada escenario y cada caso que se haya definido de acuerdo con la topología del diagrama unifilar.

El **Estudio de Coordinación de Protecciones** incluirá el análisis de todos los elementos del sistema eléctrico, incluyendo al menos los siguientes: cables de media tensión, cables de baja tensión, transformadores, generadores, motores, tableros, ajustes de las protecciones.

El **Estudio de Selectividad** incluirá el análisis de los ajustes de las protecciones de acuerdo a los resultados del estudio de coordinación de protecciones y las posibles pérdidas de selectividad que se puedan producir.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se tendrá la siguiente información:

1. Curvas de coordinación de las protecciones contra sobrecorriente y las curvas de daño del elemento a proteger.
2. Curvas de selectividad de las protecciones contra sobrecorriente y las curvas de daño del elemento a proteger.
3. Ajustes de las protecciones contra sobrecorriente ajustables.

#### Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados.
3. Bases del proyecto que contenga los datos de entrada como ubicación, tipo de proyecto (industrial o comercial), descripción, objetivos y alcance del estudio.
4. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
5. Incluir los límites permitidos de los niveles de corrientes y voltajes según la normativa que aplica.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.

## Estudios de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica) (Referencia: *EAM\_ene 2015*).

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de análisis armónico** es examinar durante la fase de diseño y antes de que se construya una instalación eléctrica si los equipos a especificar e instalar operan apropiadamente en el sistema y que no generarán distorsión armónica que pueda impactar adversamente la operación de otros equipos, sean nuevos o existentes.

El objetivo del **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** es realizar el nivel de compensación requerido para obtener el factor de potencia deseado.

El **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** se complementará con el **Estudio de análisis armónico** para determinar las frecuencias de resonancia del sistema que puedan llegar a destruir equipos eléctricos.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución de los **Estudios de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

### Parte 2 – EJECUCION.

Previo a la ejecución del **Estudio de análisis armónico**, se necesitan los resultados del **Estudio de Corrientes de Cortocircuito**, **Estudio de Demanda de cargas**, **Estudio de Dimensionamiento** y **Estudio de Flujos de Cargas**. Debe tomarse en consideración que el **Estudio de análisis armónico** puede modificar elementos del sistema y por lo tanto se deberán actualizar estos estudios antes mencionados. Los resultados del **Estudio de análisis armónico** serán utilizados para estudios posteriores como el **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)**.

Se deben realizar diferentes escenarios en los **Estudios de análisis armónico y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)**, considerando la operación durante condiciones normales, configuraciones de operación alternas, condiciones de emergencia y cualesquiera otras operaciones, que puedan resultar en una distorsión armónica que exceda los límites establecidos.

El **Estudio de análisis armónico** deberá incluir la situación del peor caso que pueda ser producido. El peor caso es definido como aquella combinación de equipos que se considera más probable para crear el más alto nivel de distorsión total armónica de voltaje y distorsión de corriente demandada en el punto dado.

Las cargas no lineales serán modeladas con el espectro producido a plena carga.

Para las distintas condiciones de operación del sistema, se realizara el estudio de frecuencias (impedancia versus frecuencia) para determinar la respuesta característica de frecuencia del sistema.

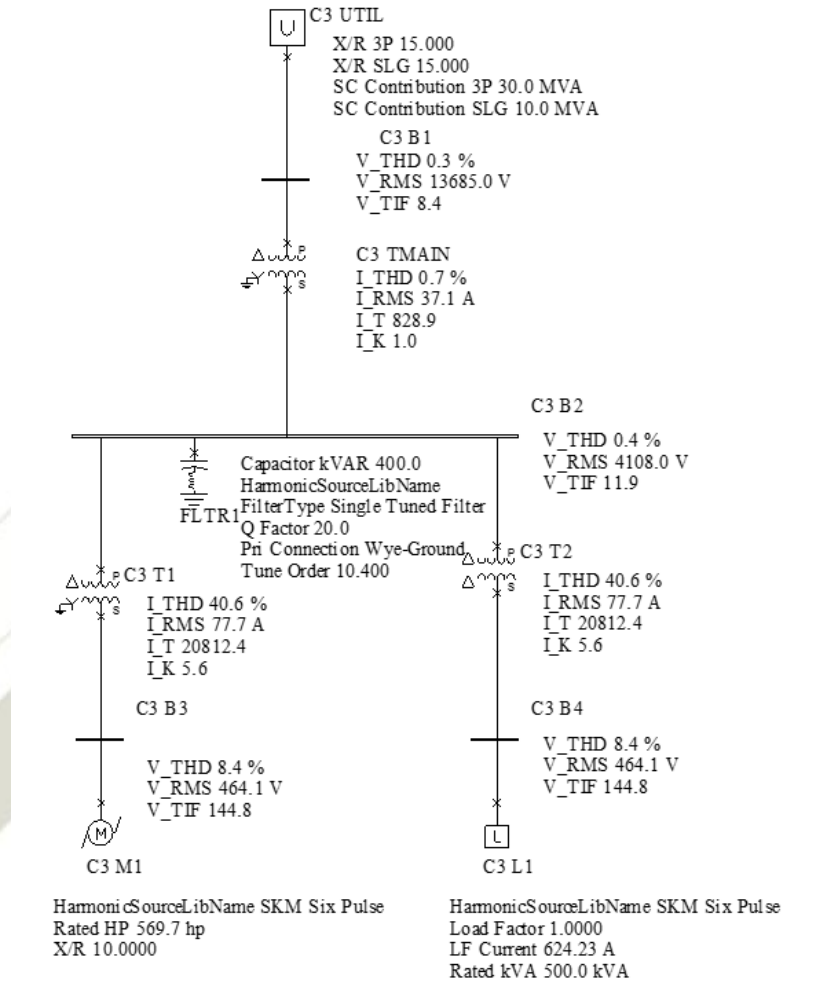
Si es necesario, la aplicación de filtros de armónicos será evaluada para determinar la configuración y dimensionamiento óptimo de los filtros.

El **Estudio de mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** deberá incluir la situación del peor caso que pueda ser producido. El peor caso es definido por las frecuencias de resonancia que pueden presentarse en el sistema al combinar corrientes armónicas y bancos de capacitores para compensación del factor de potencia.

Se debe valorar la inclusión de capacitores en equipos individuales, en grupos de equipos, en diferentes puntos del sistema para encontrar la forma más simple y de bajo costo que provea la mejor solución para las condiciones de operación consideradas.

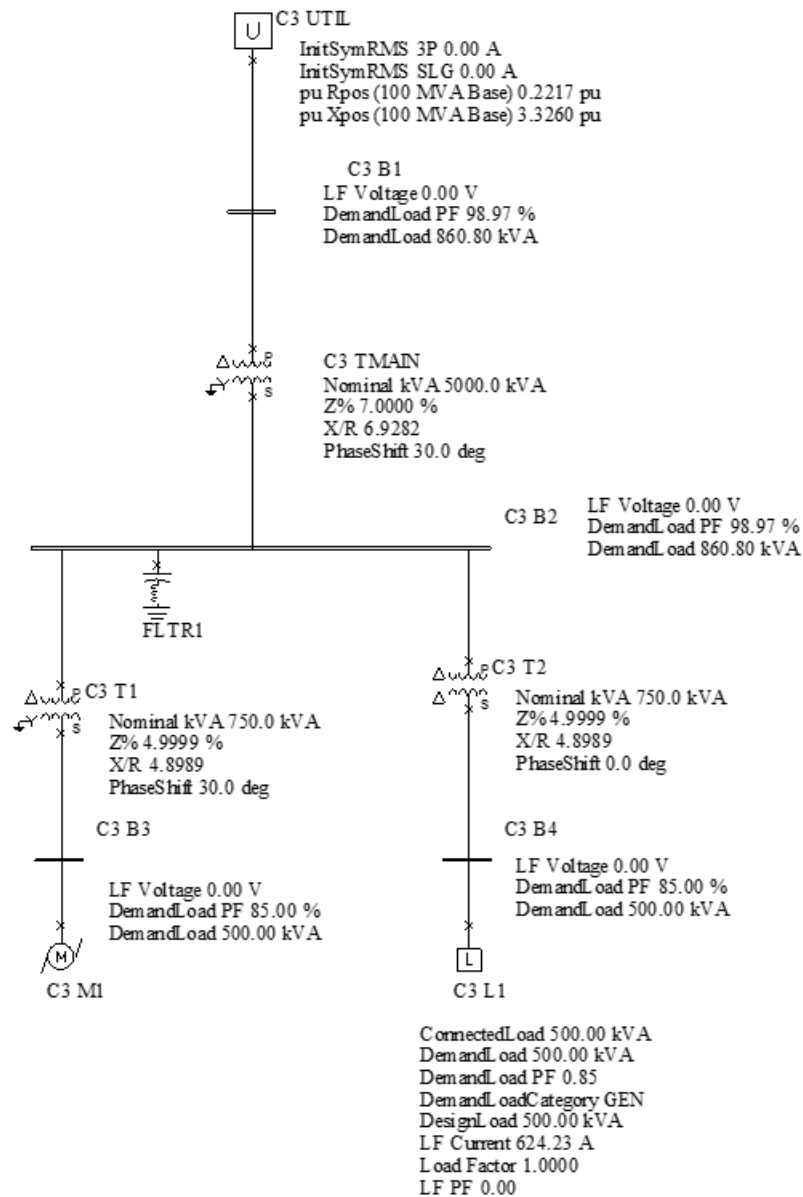
El estudio se basara en información del factor de potencia del equipo según el fabricante a diferentes condiciones de carga, en datos recolectados de mediciones en sitio, registros históricos por un sistema de monitoreo, facturación por parte de la compañía distribuidora, todo esto para caracterizar el factor de potencia del sistema sobre un periodo de tiempo bajo condiciones de carga variantes.

**Ejemplo de Estudio de Análisis Armónico:**





**Ejemplo de Estudio de Mejoramiento del Factor de Potencia:**



**Parte 3 – ANALISIS.**

Los cálculos de los **Estudios de análisis armónicos y mejoramiento del factor de potencia (cuando aplica)** generan resultados en las siguientes ubicaciones:

1. Lado primario de cada subestación (alimentación normal)
2. Los buses de cada tablero (alimentación normal y alterna)



3. Cada fuente alterna de alimentación (incluyendo generadores)
4. El punto de acople común

El punto de acople común será tomado en el punto de medición de la compañía distribuidora o en el punto establecido contractualmente.

En el caso de múltiples puntos de medición primaria, el punto de acople común corresponderá a aquel definido en ANSI/IEEE estándar 519(última versión).

Incluir recomendaciones para mitigar la distorsión total armónica de voltaje o la distorsión total de corriente demandada en el sistema si la combinación de cargas excede o viola los límites de la compañía de distribución o el estándar ANSI/ IEEE 519.

Incluir recomendaciones para mitigar el impacto de la distorsión en los equipos del sistema o los procesos si los niveles son tales que el equipo o procesos pueden ser dañados o afectados.

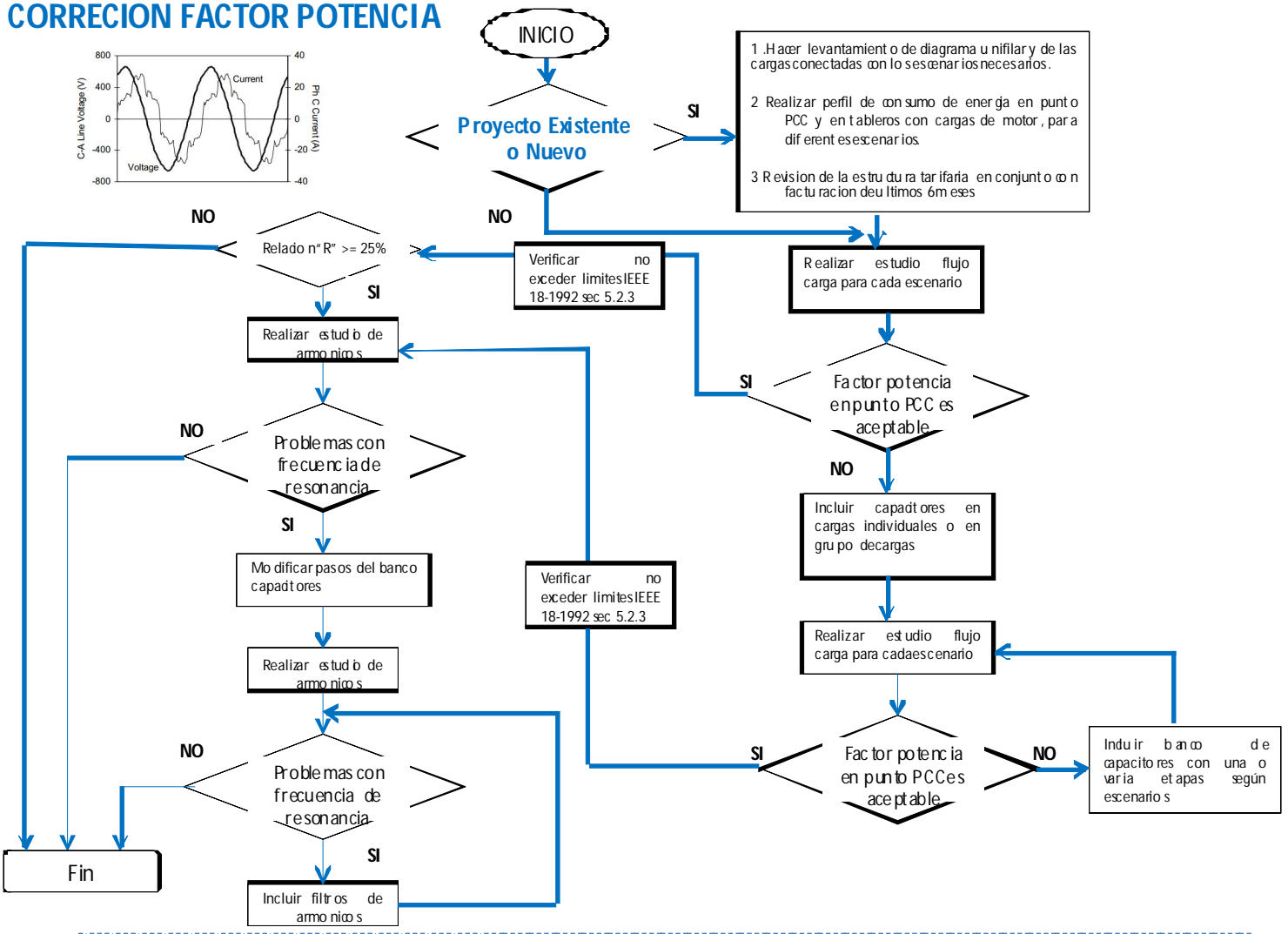
Incluir recomendaciones para mejorar el factor de potencia en el sistema si la combinación de cargas excede o viola los límites de la compañía de distribución.

Se debe verificar que los parámetros indicados en la norma IEEE-18 1992 sec. 5.2.3 sean cumplidos.

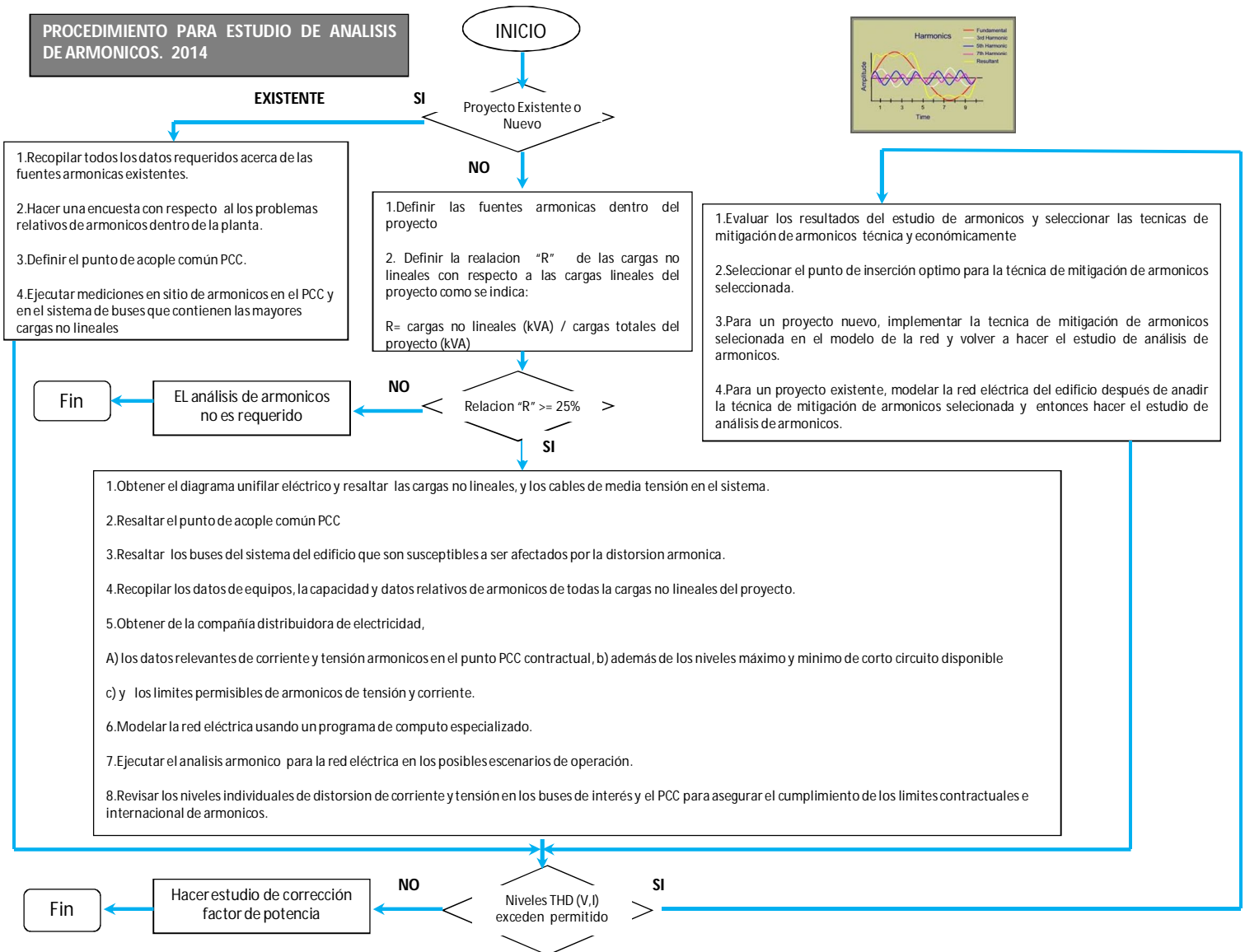
En caso de que los resultados no sean satisfactorios, deben realizarse los cambios respectivos en el diagrama unifilar del sistema, para cumplir los requisitos que no se cumplan, y volver a simular los escenarios requeridos por el estudio, para obtener resultados satisfactorios.

A continuación un diagrama de flujo que complementa pero no sustituye la especificación descrita anteriormente para la realización del estudio de mejoramiento del factor de potencia.

### CORRECCION FACTOR POTENCIA



A continuación un diagrama de flujo que complementa pero no sustituye la especificación descrita anteriormente para la realización del estudio de armónicos.



## Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados. En el caso de ser necesario, se incluirán secciones del diagrama unifilar en los casos a analizar, para una mayor comprensión.
3. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo de las corrientes y tensiones armónicas. Incluir los datos de entrada. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
4. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo de la forma de onda de tensión de todos los buses significativos y la forma de onda de corriente de todos los circuitos significativos. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
5. Impresión de los resultados del programa utilizado del cálculo de la forma de onda, magnitud y ángulo, para la frecuencia de resonancia.
6. Si son utilizados, presentar una tabla con la información de los filtros, capacitores, etc., considerados en el estudio.
7. Cuando se usen bancos de capacitores con operación en etapas, se debe indicar en cada caso de estudio, cual es la etapa y la magnitud del banco de capacitores que es considerada.

8. Copia de la información de fabricante de los capacitores considerados, incluyendo diagramas de instalación por cada tipo y consideraciones por condiciones ambientales a ser tomados en cuenta.
9. Copia de la información de fabricante del espectro armónico producido por cada carga no lineal del sistema.
10. Información de la compañía distribuidora en los distintos circuitos que pueden alimentar el proyecto, incluir nombre, identificación, fecha del estudio, localización, nivel tensión, corriente de corto circuito máximo y mínimo, relación X/R, impedancia secuencia positiva, negativa, cero, etc.
11. En el caso de cargas no lineales cuyo modelo del espectro armónico fue tomado de mediciones reales, se deben presentar copia de las mediciones indicando las condiciones de demanda de las cargas durante la medición, modelo y marca del equipo de medición y la fecha última de calibración.
12. Incluir el punto de acople común contractual
13. Incluir los límites permitidos de los niveles de distorsión armónica total y por cada orden de corriente y tensión según normativa que aplica.

Todas las secciones serán claramente tabuladas e incluirán el índice para facilitar la referencia.

## Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash) (Referencia: EAF\_ene 2015).

### Parte 1 – GENERAL

#### 1.1 DESCRIPCIÓN:

El objetivo del **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** es:

Determinar los valores de energía incidente, los límites de protección de arco (flash) y los límites de protección de electrocución, cuando se realizan labores de mantenimiento, inspección o modificación de sistemas eléctricos energizados, para definir las medidas de protección para el personal. Además, de generar las etiquetas para los equipos eléctricos y los permisos de trabajo.

#### 1.2 CALIFICACION:

El profesional responsable de la ejecución del **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** deberá ser un miembro del CFIA que demuestre conocimientos, estudios y práctica profesional especializados en la materia correspondiente, incluyendo el certificado de actualización profesional en diseño eléctrico de edificios.

### Parte 2 – EJECUCION.

Previo a la ejecución del **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)**, se necesitan los resultados del **Estudio de Demanda de cargas, Estudio de Dimensionamiento y Estudio de Flujos de Cargas, Estudio de Corrientes de Cortocircuito y Estudio de Coordinación de Protecciones y Selectividad**. Debe tomarse en consideración que el **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** puede modificar elementos del sistema y por lo tanto se deberán actualizar estos estudios antes mencionados.

El **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)** debe ser realizado de acuerdo con las prácticas recomendadas y procedimientos establecidos por IEEE 1584 y NFPA 70E.

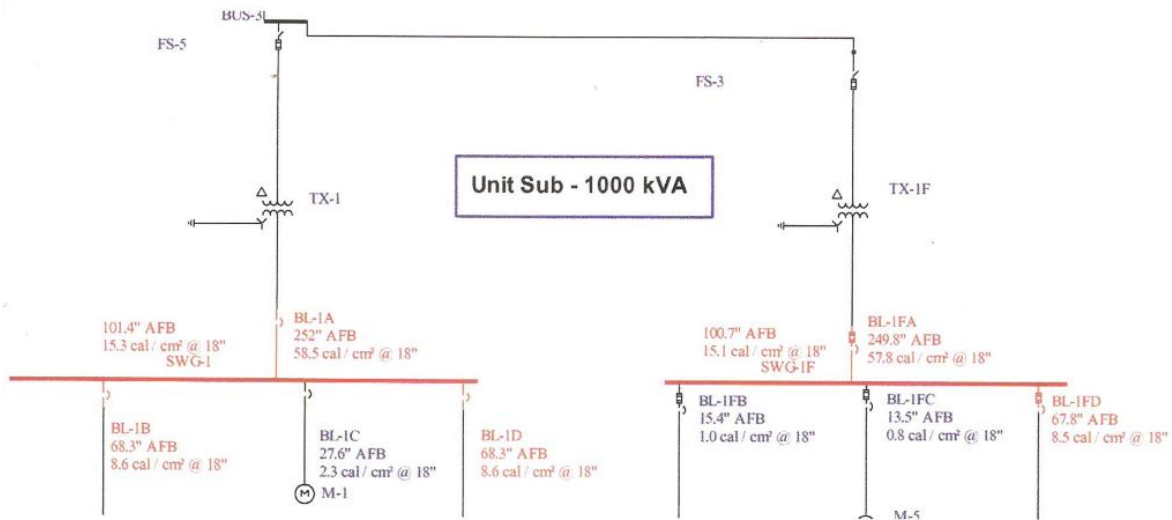
Se deben realizar diferentes escenarios en el **Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash)**, considerando la operación durante condiciones normales, configuraciones de operación alternas, condiciones de emergencia y cualesquiera otras operaciones.

Se recomienda que los cálculos incluyan la comparación de las corrientes de arqueo al 100% y 85 % para equipos de baja tensión para cada configuración o modo de operación del sistema eléctrico, indicando el riesgo del caso más crítico.

El estudio de arc flash debe contemplar lo siguiente:

1. Nombre del equipo y nivel de tensión.
2. Nombre del dispositivo de protección contra sobrecorriente aguas arriba y su función, ejemplo: 51/50, etc.
3. Tipo de equipo, ejemplo: Centro control motores, panel, Variador frecuencia, etc.
4. Espacio del arco en el equipo
5. Corriente de falla franca y de arqueo estimada en el punto de falla en Amperios simétricos. La estimación de la corriente de arqueo deberá ser basada en las ecuaciones de corriente de arqueo de la norma IEEE 1584.
6. Tiempo de disparo, tiempo de apertura y tiempo de despeje de falla total de los dispositivos de protección.
7. Frontera de arc flash del caso más crítico para cada bus y equipo en el modelo.
8. Energía incidente en cal/cm<sup>2</sup> del caso más crítico para cada bus y equipo en el modelo.
9. Equipo de protección personal del caso más crítico para cada bus y equipo en el modelo.
10. Distancias de trabajo para las cinco diferentes distancias de los puntos anteriores.
11. Indicar "peligro" para las áreas donde la energía incidente es mayor a 40 cal/cm<sup>2</sup>.
12. Resaltar donde el 85% de la corriente de arqueo manifiesta el resultado del caso más crítico.

### Ejemplo de Estudio de Arco Eléctrico (Arc Flash):



### Parte 3 – ANALISIS.

Se analizarán los datos de las tablas generadas por el programa para cada escenario y cada caso que se haya definido de acuerdo con la topología del diagrama unifilar.

Se deberán verificar los valores de energía incidente y límite de protección de arco (flash) obtenidos para cada barra y componente del sistema. Se deben indicar los cambios en los ajustes y tipos de dispositivos de protección que son necesarios en caso de necesitarse reducir los niveles de energía incidente.

Se deben brindar recomendaciones para los modos de operación que presenten mayor riesgo de arco eléctrico (arcflash) por la manipulación de los equipos energizados.

Una vez culminado el análisis de los resultados, y obtenidos los resultados satisfactorios, se tendrá la siguiente información:

1. Los valores de energía incidente en cada barra del sistema.
2. Los límites de protección de arco (flash).
3. Los límites de protección de electrocución.
4. Las etiquetas mostrando la información anteriormente mencionada.



## Parte 4 – REPORTE

Se recomienda entregar al Propietario como parte de la documentación final del proyecto un reporte con la siguiente información como mínimo:

1. Introducción y resumen ejecutivo que incluya las consideraciones asumidas y las recomendaciones.
2. Descripción del sistema y explicación de la numeración de los buses y ramales.
3. Recomendaciones priorizadas del estudio de arc flash.
4. Incluir los modos de operación estudiados, cada escenario y condición de operación será claramente documentado.
5. Bases del proyecto que contenga los datos de entrada como ubicación, tipo de proyecto (industrial o comercial), descripción, objetivos y alcance del estudio.
6. Copia del diagrama unifilar. Cada componente en el diagrama debe tener una identificación única que se usara en el estudio, y más tarde para la identificación de los equipos una vez instalados. En el caso de ser necesario, se incluirán secciones del diagrama unifilar en los casos a analizar, para una mayor comprensión.
7. Impresión de los resultados del programa. Se deben presentar en secciones separadas cada escenario estudiado.
8. Recomendaciones para reducir la energía incidente en equipos con niveles de energía por encima de 40 cal/cm<sup>2</sup>.
9. Deberá entregarse una copia en formato digital del archivo electrónico de la base de datos y librería usado para generar el modelo del sistema de potencia.
10. Generar las etiquetas para los equipos.
11. Generar los permisos de trabajo según los modos de operación.

## GLOSARIO:

**Arc flash:** es una corriente que fluye por el aire desde un conductor energizado expuesto, hasta otro conductor o a una carcasa metálica puesta a tierra o a un conductor de puesta a tierra.

**Armónico:** Según IEEE 519 – 1981, componente senoidal de una onda periódica teniendo una frecuencia que es un múltiple entero de la frecuencia fundamental

**Arco eléctrico:** Fulguración de corriente eléctrica a través del aire entre dos conductores vivos expuestos, entre un conductor vivo expuesto y la tierra.

**Banco capacitores:** Grupo de capacitores que actúan conjuntamente en una o varios escalones de magnitud.

**Carga.-** Una carga es un componente que absorbe potencia real del sistema. La potencia reactiva puede ser absorbida o bien entregada por el componente.

**Carga Conectada.-** Es la capacidad nominal o sumatoria vectorial de las capacidades nominales de los componentes de carga de un sistema de barras.

**Carga Continua.-** Una carga cuya máxima corriente perdurará por tres o más horas.

**Caso:** Se refiere al análisis de las opciones que se pueden generar en un escenario o en el proyecto base.

**Categoría de riesgo:** Número que clasifica el riesgo de energía incidente según NFPA 70E.

**Choque eléctrico:** Corriente circulante a través de la piel, los músculos, y órganos vitales. La severidad depende de la intensidad de esta corriente y la duración del contacto.

**Corriente de falla de arco:** Es la corriente que circula a través del aire entre una fase y tierra o entre dos fases o entre una fase y el neutro.

**Demanda de Carga.-** Es el mayor valor de carga de la carga conectada. Generalmente es menor que la sumatoria vectorial de la carga conectada. Es calculada multiplicando la carga conectada por el factor de demanda.

**Escenario:** Contiene la representación de todos los elementos de un sistema eléctrico bajo una condición de operación dada por ejemplo alimentándose por medio de una fuente alterna, o con transformadores en paralelo. Es una variación del proyecto base.

**Espectro armónico:** Es la distribución de magnitudes de varios armónicos como función de su orden armónico.

**Factor de Demanda.-** Razón entre la Demanda de Carga a la Carga Conectada. Generalmente menor de uno (1).

**Factor de Carga Continua o Factor de Diseño:** El recíproco del factor de reducción para una carga continua ( $1/0.8 = 1.25$ ). El Factor de Diseño afectará a la porción de Demanda de Carga Continua de la Demanda de Carga Total (Continua y no Continua).

**Factor de Diversidad.-** Es la razón de la suma vectorial de las demandas de varios grupos de cargas diversas, a la demanda del entero sistema. El **Factor de Diversidad** es 1 para un sistema sin diversidad y es mayor de 1 para un sistema con diversidad.

**Factor de potencia verdadero fdp:**

Es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) cuando en un sistema existen cargas tanto lineales como no lineales.

**Factor de potencia de desplazamiento fdp:**

Es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) cuando en un sistema existen solo cargas lineales no productoras de armónicos.

**Frecuencia resonancia:**

Fenómeno eléctrico presente en instalaciones con presencia de corrientes armónicas y capacitores que manifiesta muy altas corrientes y voltajes que pueden causar distintos danos.

**IEEE 1584:**

Norma que realiza la investigación y los procedimientos de prueba acerca del arc flash y además establece los procedimientos de cálculo del fenómeno.

**Límite de acercamiento:** Los límites de acercamiento limitado, restringido y prohibido son para la protección contra choque eléctrico y se basan en el nivel de tensión del sistema según NFPA 70 E tabla 130.2(c).

**Límite de protección de fognazo:** Distancia a la cual una persona no se puede acercar a un conductor energizado y expuesto sin portar equipo de protección personal apropiado y sin correr riesgo de sufrir una quemadura de segundo grado.

**Memoria de cálculo.**-Conjunto de estudios de ingeniería necesarios para la confección de los planos constructivos, reportes, observaciones, fotos, videos y cualquier información que se considere necesaria.

**NFPA 70 E:** Norma que establece los procedimientos y se ocupa del equipo de protección personal para realizar labores en equipos eléctricos energizados.

**Orden armónico:** Es la relación de la frecuencia del componente armónico a aquella frecuencia de la fundamental.

**Proyecto Base:** Contiene la representación de todos los elementos de un sistema eléctrico bajo una condición de operación dada que podrá ser única o sujeta al análisis de otros escenarios.

**Quemadura segundo grado:** Quemadura que produce daño de tejidos, ampollas y la capa externa de la piel se destruye.

**Técnicas de mitigación:** Son métodos para reducir o eliminar el efecto dañino de los armónicos en los sistemas eléctricos por medio de equipos introducidos al sistema y que requieren de un estudio de armónicos para su evaluación.

**Vestimenta FR:** Vestimenta resistente a la flama que cumple con la norma ASTM 1506.

**1.2 cal/cm<sup>2</sup>:** Nivel de umbral para una quemadura de segundo grado. La protección de arc flash tiene como objetivo de limitar el daño a este tipo de quemadura.