

**Mtra. María de Jesús Gómez Cruz**  
Directora de la División de Ciencias y Artes para el  
Diseño UAM Xochimilco

**INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

Unidad Ticoman

Periodo: **13 de febrero de 2012 al 14 de septiembre de 2012**

Proyecto: **Mantenimiento y Diseño de la Planta Eléctrica y Subestación de  
Plantel**

Clave. **XCAD000519**

**Amin Cardona Basurto**

Matricula: **204355954**

Licenciatura: **Arquitectura**

**División de Ciencias y Artes para el Diseño**

Tel: 58472254

Cel: 04455 2332 3969

Correo electrónico: [amincardona@gmail.com](mailto:amincardona@gmail.com)

A T E N T A M E N T E

**LIC. HOMERO OLEA MEDINA**  
NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE  
DEL PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

**ARQ. ALEJANDRO RESENDIZ BALLESTAR**  
COORDINADOR DE LA  
CARRERA DE ARQUITECTURA

## **Introducción**

La base para el desarrollo de un proyecto de diseño de una subestación eléctrica es la normatividad vigente, junto con las nuevas tecnologías y las necesidades de demanda de energía de los usuarios de un sistema eléctrico.

Para el diseño de la subestacion electrica, implico de actividades varias, la cuales fueron investigar, analizar, diseñar, elaborar, revisar las diferentes propuestas de diseño y su ingeniería con la ayuda de software para diseño asistido por computadora como son, (*CAD, Computer-Aided Design, SiDSED, Sistema para el Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución*), estimar costos, calcular la volumetría para la elaboración del presupuesto base con hojas de cálculo convencionales y producir documentos, para integrarlos como parte de un proyecto ejecutivo. Los documentos se elaboraron manualmente y de forma individual, resultando un proceso tardado, laborioso y factible de inconsistencia entre los documentos.

## **Objetivos Generales**

Ayudar a los alumnos del IPN Unidad Ticoman a generar un sistema que los orientara para poder elaborar un diseño pertinente y apropiado de una subestación eléctrica, dentro de este sistema se debe definir las características de operación de las subestaciones, su clasificación y sus elementos principales, así como manuales de operación de los programas con los que se desarrolló el diseño de la subestación eléctrica de distribución tomando en cuenta todas las normativas posibles y reglamentaciones descritas en los reglamentos para el diseño y su construcción.

## **Objetivos Específicos**

Realizar la investigación de campo que consiste en un levantamiento y croquiz de subestaciones ya diseñadas y construidas en las diversas unidades del IPN, así como su reglamentación tomando en cuenta las existentes para el diseño de las mismas, generar conceptos basicos de subestaciones electricas y revisar fuentes de información relacionadas al software llamado SiDSED.

Generar los planos que definan la obra electromecánica y civil, realizacion de presupuestos, calcular la volumetría de la obra, crear el catálogo de conceptos, programacion, planificacion y el presupuesto base con costos unitarios.

Efectuar recorridos virtuales, navegar en todas las áreas de la subestación para ver detalles de conectores y componentes (equipos, materiales, herrajes de conexiones, cables, tubos, buses, conexión a tierra, mandos de cuchillas, barda perimetral, caseta de control, cimentaciones, etc.) y medir entre componentes para verificar las distancias normalizadas de seguridad.

## **Metodología Utilizada para el Sistema para el diseño de subestaciones eléctricas de distribución**

### Generación de conceptos básicos y características de operación de las subestaciones

Estas características pueden conjugarse en el momento de decidir la configuración de una subestación, dependiendo de la ubicación de esta dentro del sistema de potencia, de acuerdo con su función o por su capacidad. Si la subestación es de una capacidad e importancia tales que su salida del sistema de potencia produzca suspensiones y problemas de racionamiento en todo este, entonces la subestación requiere de un alto grado de seguridad. Si la subestación tiene un gran número de circuitos y ellos pertenecen a diferentes sistemas, dicha subestación requiere de un alto grado de flexibilidad. Si la subestación tiene como objetivo primordial el suministro de energía la necesidad principal de esta subestación es la confiabilidad.

De tal manera que las características las podemos dividir de la siguiente forma.

1. Flexibilidad
2. Confiabilidad
3. Seguridad
4. Modularidad

### Clasificación de las Subestaciones

Las clasificaciones de subestaciones puede realizarse bajo criterios básicos que cubran los tipos existentes dentro de nuestro medio, esto se puede separar de tres maneras, por su función dentro del sistema de potencia, por su tipo de operación, por su forma constructiva.

Las Clasificaciones por Función dentro del sistema se deriva en cuatro tipos, se puede clasificar por Subestación de Generación donde su objetivo esencial es transformar el voltaje a niveles altos para lograr economía con la reducción de la corriente, en Subestación de Transmisión donde su función es interconectar las diferentes líneas de transmisión de 115kV o 220kV, Subestación de

Subtransmision que alimentan o interconectan líneas de nivel intermedio de tensión, 44kV o 34.5kV para transporte a distancias moderadas y de cargas no muy altas y las Subestaciones de Distribucion donde su función es reducir a tensión a niveles de distribución 13.2 kV para enviarla a los centros de consumo industrial o residencial, en donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos, se encargan de reducir los niveles a baja tensión (440, 220, 108 V), para alimentar a los usuarios.

Clasificaciones por tipo de operación en las cuales se transforma la tención dentro del sistema de potencia a valores adecuados para su trasporte o utilización. De acuerdo a la función de transformación que cumplan en el sistema de potencia se dividen en:

1.- Subestacion de transformación: aquí la tención de salida es diferente a la de entrada; estas son las que permiten elevar o reducir los niveles de tensión desde los puntos de generación, pasando por lo niveles más altos de transmisión, hasta lo niveles más bajos de subtransmisión o distribución.

2.- Subestación de maniobra: Su función es unir algunas líneas de transporte con otras de distribución, con el propósito de dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio; el nivel de tensión es uno solo, por lo tanto no se utilizan transformadores de potencia que eleven o reduzcan el voltaje.

Clasificación por forma de construcción donde se identifican por montaje y tipo de equipamiento.

Por montaje.

- a. Subestaciones Interiores: Donde sus elementos constructivos se instalan en el interior de edificios apropiados
- b. Subestaciones Exteriores o a la Intemperie: Sus elementos constitutivos se instalan a las condiciones ambientales.

Por tipo de equipamiento.

- a. Subestación Convencional: Es del tipo exterior pero la instalación de su equipo es abierta, sin que nada los proteja
- b. Subestación Encapsulada: Es una subestación cuyas partes vivas y equipos que soportan tensión están contenidos dentro de envolventes metálicos.
- c. Subestación Móvil: Se caracteriza porque todo el conjunto de equipos está instalado sobre un remolque. Su objetivo básico es

el de ser utilizado bajo circunstancias de emergencia, en cualquier punto del sistema.

La disposición, característica y cantidad de equipo para cada subestación, depende directamente de la configuración escogida. Por lo tanto se hará una descripción general y esencial aplicable a cualquier configuración.

Son las Subestaciones del tipo convencional las que se tomaron como referencia, dado que es este el tipo de subestación más comunes dentro de las unidades de enseñanza de IPN. En ellas se encuentran además de las estructuras y soportes que facilitan la llegada y salida de las líneas, un conjunto denominado "elementos principales de la subestación". Estos elementos se clasifican en 3 categorías así:

Equipo de patio: Son elementos constitutivos del sistema de potencia que se encuentran instalados en el patio de conexiones, generalmente a la intemperie, estando expuestos a las condiciones ambientales. El espacio ocupado por el conjunto de equipos pertenecientes a una misma salida de la subestación se denomina "Campo" o "Bahía",

Equipo de tablero: Son todos los elementos de control, medición y protección, indicadores luminosos y alarmas, instalados en la casa de control y soportados por los tableros de la subestación. Su función es facilitar la supervisión y manejo de la subestación, por parte del operador.

Servicio auxiliares: Son todo el conjunto de instalaciones formadas por las fuentes de alimentación de corriente continua y de corriente alterna, de baja tensión que se utilizan para energizar los sistemas de control, protección, señalización, alarmas y alumbrado de una subestación, así como el sistema contra incendio. Las partes del sistema auxiliar son las siguiente:

Servicio de DC: Interruptores, tableros, baterías, alumbrado de emergencia, cargadores.

Servicio AC: Calefacción, alumbrado, aire acondicionado, ventilación, sistemas contra incendio

### Selección de herramientas de software

Se evaluó el software que ofreciera la funcionalidad para soportar el ciclo completo para el diseño de subestaciones. En esta etapa se aplicó una metodología que consiste en seleccionar un conjunto de

criterios o parámetros basados en las características técnicas y propiedades funcionales del software. Primeramente se evaluó el software CAD, debido a que sus características determinaron la selección del software de ingeniería de costos y visualización.

En esta actividad se revisó Inventor (Autodesk), Catia (Dessault Systemes), Substation Design (Bentley) y Allplan (Nemetschek). El resultado preliminar sugirió que Autodesk CAD y SiDSED eran los más apropiados para la ingeniería de diseño.

Autodesk requería de varios productos independientes para integrar el sistema y demandaba mayores recursos de memoria y procesamiento gráfico. Se seleccionó AutoCAD por ofrecer la funcionalidad integrada, compatibilidad de datos, mejor costo y tipo de licencias, así como para el modelado gráfico 3D de subestaciones, la generación de planos y el cálculo de la volumetría. Se seleccionó Opus para cuantificar el costo de la obra y generar el catálogo de conceptos y 3D Max para el análisis de la obra mediante recorridos virtuales interactivos y verificar distancias de seguridad.

Desglose del programa principal de diseño SiDSED “sistema para el diseño de subestaciones eléctricas de distribución”, en su curso básico para maestros y alumnos.

Encontramos que el programa SiDSED lo podíamos desglosar en tres módulos, para el desarrollo de ingeniería de diseño, ingeniería de costos y visualización.

#### Módulo de ingeniería de diseño

En este módulo de Ingeniería de Diseño se aloja la biblioteca de componentes del sistema y ofrece la funcionalidad para el modelado gráfico 3D, el diseño del sitio de construcción, configuración de la subestación, elaboración de planos, cálculo de volumetría y exportación de la maqueta virtual.

Biblioteca de modelos.

La Biblioteca de modelos 3D con información y datos de planos de ingeniería, catálogos, manuales y levantamientos físicos se creó una biblioteca de modelos de equipos primarios, comunicación y control, estructuras, cimentaciones, edificaciones, materiales, subestaciones GIS y equipos híbridos en 115 kV. Los modelos se crearon conforme a la normativa de la CFE.

Elementos individuales.

En los Elementos individuales, se encuentran modelos de equipos, estructuras (soporte de transición, percha de remate tipo A, etc.), materiales (conectores, cadena de aisladores, etc.), registros, edificaciones y cimentaciones en su representación básica. Los

elementos individuales se agrupan en macros para asignarles una clave de concepto y para el cálculo de volumetría.

Simbolos.

Los Símbolos son “ensambles” de elementos individuales que están agrupados de acuerdo a su operación funcional y constructiva. Por ejemplo, un transformador de potencia está “ensamblado” a la percha de transición, a la conexión de la red de tierras y a su respectiva cimentación, y el interruptor de potencia tipo tanque muerto a su cimentación.

Modulos.

En los Módulos podemos encontrar agrupaciones para la configuración de arreglos físicos normalizados de subestaciones, e incluyen los módulos de línea, enlace y banco de transformación, caseta de control, red de tierras, buses aéreos, ductos y registros de control y de potencia, así como la barda perimetral y pisos terminados.

De esta forma encontramos que un elemento constructivo es un modelo 3D con características asociadas de forma, dimensiones, representación, posición, materiales. Con éstos se construyen componentes que tienen características variables, tales como muros, ductos, castillos y cables, con una configuración modular se puede diseñar fácilmente una subestación eléctrica utilizando diferentes niveles de agrupación predefinidos, con la versatilidad de que éstos pueden ser modificados para un diseño en particular. La biblioteca aloja 151 modelos, 20 símbolos y 10 módulos.

El contenido incluye modelos para subestaciones encapsuladas para 115 y 230 kV, así como equipos híbridos (arreglos híbridos compactos de desconexión) para 115 kV y equipos para subestaciones de 230 kV. Para el diseño del sitio de construcción, el flujo de trabajo para el diseño de una subestación inicia con el diseño del sitio de construcción.

Basado en datos topográficos de estaciones totales y archivos de planos de curvas de nivel con altimetría en formato dwg, con esta información se pueden analizar perfiles, curvas de nivel y calcular el volumen de movimiento de tierra de desmonte y terraplén, para la configuración de una subestación, tomando como referencia la poligonal del terreno, se construye la barda perimetral con todos sus elementos civiles y de protección, tales como: muros, cimentaciones, castillos, dalas y concertina.

Una vez que se ha delimitado el área de la subestación se insertan los módulos de la bahía eléctrica, caseta de control y el resto de elementos civiles y electromecánicos. Se ajustan las distancias y

reconfiguran los elementos, se diseña la red de tierras, los ductos y se insertan los registros.

Finalmente se diseñan los diferentes tipos de pisos (vialidades, bahía eléctrica, banquetas, etc.), incluir futuras ampliaciones de la subestación en la maqueta virtual, con la finalidad de visualizar el diseño de la ampliación y dimensionar costo y planes de construcción, así la elaboración de planos una vez que se cuenta con el modelo de la subestación (anteproyecto), se generan los planos del diseño que partiran de una ingeniería básica, para posteriormente finalizar con una ingeniería de detalle que permita la definición del diseño y de los requerimientos técnicos, los cuales mantienen una relación con la maqueta digital, de tal manera que cualquier modificación en el modelo se reflejan en los planos, asegurando la consistencia entre el diseño 3D y su documentación.

#### Módulo de ingeniería de costos

El precio unitario está determinado a través del análisis de una tarjeta de precios en un catálogo de conceptos, con el software de ingeniería de costos.

En este proceso, el software de ingeniería de costos OPUS nos ayudó con los valores y la asociación de sus respectivos conceptos con precios unitarios y cantidades, para calcular el costo, obtener fácilmente presupuestos base de diferentes opciones de diseño, y nos aseguró la consistencia entre el modelo de la subestación, los planos de diseño y el catálogo de conceptos.

#### Módulo de visualización

Aunque las herramientas CAD permiten visualizar el modelo de la subestación mediante recorridos a través de la maqueta digital, éstos se llevan a cabo a lo largo de una trayectoria fija, sin permitir la libertad de visualizar un punto específico.

Se exporta la maqueta digital a un formato geométrico, el cual puede ser interpretado por un software de navegación interactiva. El diseñador puede explorar la subestación desde cualquier perspectiva, medir distancias, agregar notas, visualizar cortes transversales o longitudinales, observar detalles y crear animaciones sencillas del proceso de construcción.

Esta funcionalidad facilita el compartir información durante el proceso de diseño para diferentes propósitos, tales como: identificar errores de diseño antes de la etapa de construcción, revisión del anteproyecto, aprobación del proyecto y demostración de la subestación eléctrica con distintas autoridades y contratistas.



## **Actividades realizadas**

En el Servicio realizado, a cada uno de los prestadores del mismo se le encargaron actividades específicas a realizar, en mi caso fue buscar el acoplamiento del programa SiDSED con el software AutoCAD y su compresión, por lo que logre a base de la revision de manueles enfocados a la utilizacion del programa SiDSED entender el desglose de los tres puntos presentados como; Módulo de ingeniería de diseño, el cual aloja la biblioteca de componentes del sistema y ofrece la funcionalidad para el modelado grafico en 3D, Modulo ingeniería de costos, donde se determina a traves del analisis de una tarjeta de precios en un catalogo de conceptos, y Módulo de visualización, donde se puede explorar la subestacion desde cualquier perspectiva.

En esta etapa aunque el programa SiDSED es capaz de generar planos en 2D, fui el encargado de desarrollar sus esquemas de diseño y su anteproyecto, por lo que elabore a mano alzada y en AutoCAD la planta y la sección base y su esquema en 3D de la subestación.

## **Objetivos y metas alcanzados**

Los objetivos generales y particulares de alguna manera fueron cubiertos satisfactoriamente, esto se logró, debido a que la ayuda proporcionada a los alumnos del IPN para la obtención de los software de diseño (*CAD, SiDSED*) y costos (*OPUS*), su compaginación y generación de un sistema de investigación y orientación para el diseño apropiado de la subestación en base a las normativas y reglamentaciones como su programa de mantenimiento dieron como resultado una subestación con un diseño justo.

Uno de los principales problemas que se nos presentaron al momento de diseñar fue el espacio, ya que con el espacio que se contaba para albergar la planta era de algunos escasos 15m<sup>2</sup>, el cual a base de la investigación de las subestaciones de los demás planteles nos ayudó a tener más en claro el cómo y por qué debíamos usar los software seleccionados y diseñar teniendo en cuenta todas las reglamentaciones.

Al término de este servicio una de las metas que no pude realizar en su totalidad, fue la realización de los manuales, ya que a mí solo se me asignó el desglose y acoplamiento del software llamado SiDSED, desglose que en la mayoría ya estaba resuelto por un boletín que me facilitaron y que los alumnos del IPN obtuvieron, lo único que pude realizar fue la adaptación de los módulos de ingeniería de diseño,

ingeniería de costos y visualización que se presentan en la Metodología Utilizada para el Sistema para el diseño de subestaciones eléctricas de distribución, al programa CAD para que posteriormente mis compañeros del servicio que aun permanecerían ahí realizaran el compendio y termino de los manuales de diseño y mantenimiento de la de subestaciones eléctricas de distribución.

## **Resultados**

Se obtuvieron con base a investigaciones, las clasificaciones de las subestaciones con respecto a sus características de operación, funcion dentro de el sistema, forma de contruccion, por tipo de equipamiento.

Se obtuvo una base metodologica de trabajo que refleja cada uno de los pasos a seguir a la hora de iniciar el diseño basico de una subestacion electrica, desde el punto de vista de la ingenieria hasta detalles arquitectonicos los cuales podemos identificar y definir a planos realizados con los programas de diseño, ademas de una comparacion de metodologias.

Se obtuvieron e identificaron normas para llevar a cabo la finalidad de proyecto, tambien se revisaron trabajos acerca del diseño de subestaciones electricas para facilitar el desarrollo de cada una de las metodologias comparadas, igualmente se realizaron analisis de diseño sobre el dimensionamiento aproximado de subestaciones electricas.

## **Conclusiones**

El diseño de una subestacion electrica involucra desde la investigacion y su clasificacion, asi como la participacion de un grupo multidisciplinario de profecionales con suficiente formacion y experiencia, El SiDSED nos da las ventajas de la tecnología CAD, ingeniería de costos y realidad virtual, para optimizar el proceso del diseño de subestaciones eléctricas.

Este sistema está dirigido particularmente a promover la estandarización de procedimientos para el diseño de subestaciones en las Divisiones de Distribución de la CFE, facilitar el análisis eficaz de alternativas de diseño, y reducir tiempo y esfuerzo para elaborar la documentación adecuada así como sus manuales de diseño y mantenimiento.

Se estimó una reducción de tiempo para el diseño de la subestación de seis acuatro semanas.

Aunque el SiDSED está orientado al diseño de subestaciones de distribución, por su metodología y estructura también se puede utilizar para el diseño de subestaciones de transmisión, proyectos de arquitectura (edificios, oficinas, naves industriales) y otro tipo de edificaciones.

### **Recomendaciones**

Con base en el trabajo realizado durante el servicio social, se recomienda que los compañeros que realicen cualquier tipo de diseño, sigan claramente la estructura de cualquier trabajo de investigación, y se apeguen a sus obetivos generales y particulares, ya que solo de esta forma podran llegar a concluir el Servicio cumpliendo estos objetivos.

### **Bibliografía**

Boletin IIE	Tendencia Tecnologica
CFE DCDSEBPE	Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución en Bajo Perfil y Encapsuladas.
CFE SE-0001	Especificaciones de Construccion De Subestaciones Electricas
NOM-001-SEDE-2005	Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas