

¿Qué es una subestación eléctrica?



Contenido

- 3** Glosario de términos
- 4** ¿Cómo nacen los proyectos de transmisión de energía eléctrica?
- 5** Paso a paso de un proyecto de transmisión
- 6** ¿Qué es una subestación eléctrica?
- 7** Elementos de una subestación
- 8** Tipos de subestaciones eléctricas
- 10** ¿Cuál es la importancia de las subestaciones eléctricas?
- 12** Seguridad y salud en una subestación eléctrica
- 13** ¿Cómo se construyen las subestaciones eléctricas?
- 14** **Etapas previas al proceso constructivo**
 - 15** ¿Cómo se determina la ubicación de la subestación?
 - 16** ¿Después de seleccionado el lote que se hace?
 - 18** Ingeniería de detalle
- 21** **Proceso constructivo**
 - 22** Obras civiles
 - 25** Montaje electromecánico
 - 32** Pruebas y puesta en servicio de la subestación

Glosario de términos



Subestación Termocandelaria. Cartagena.

Línea de transmisión

Es un conjunto de cables y estructuras metálicas que tiene como objetivo transportar grandes bloques de energía eléctrica.

Subestación eléctrica

Es una instalación que alberga un conjunto de dispositivos eléctricos que tiene como función modificar los niveles de tensión, para que la energía sea transmitida y distribuida a nuestros hogares.

Electricidad

Es una forma de energía que comprende el conjunto de fenómenos producidos por la presencia, movimiento e interacción de las cargas eléctricas.

Corriente

Es el flujo de electrones que circula por un conductor en un determinado momento; su unidad de medida es el amperio.

Diferencia de tensión

Es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor de un circuito eléctrico. Su unidad de medida es el voltio.

Servidumbre

Es el espacio establecido bajo las líneas de transmisión; su principal objetivo es garantizar la seguridad para las personas, los animales y los bienes.

Conductor

Son cables o hilos que se usan como camino para que la corriente eléctrica pueda ir de un lado a otro.



Subestación La Loma. Cesar.

¿Cómo nacen los proyectos de transmisión de energía eléctrica?

El Gobierno nacional, a través de la **Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) -adscrita al Ministerio de Minas y Energía-**, realiza un análisis de consumo de energía eléctrica, para determinar las necesidades de expansión y de la prestación del servicio, y así poder **planear las soluciones necesarias** tendientes a fortalecer y soportar el sistema de transmisión nacional y regional.

De esta manera, **la UPME planea y determina los proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica** necesarios para cumplir con un servicio

público **confiable, continuo, estable y de calidad**, garantizando el suministro a todas las regiones y aportando al desarrollo de las comunidades.

Una vez definidos los proyectos, la UPME inicia, a través de convocatorias públicas, el **proceso de selección de las empresas que ejecutarán las obras**.

Posteriormente, estas deben realizar los **estudios correspondientes para la solicitud de la licencia ambiental**; una vez aprobadas, se inicia a la etapa constructiva.

Paso a paso de un proyecto de transmisión

Planeación

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) planea los proyectos energéticos de acuerdo a las necesidades del país.



Entidad Adscrita
al Ministerio de
Minas y Energía

1

Licenciamiento

La autoridad ambiental correspondiente otorga las licencias a los proyectos velando por el cumplimiento de la normativa ambiental y uso eficiente de los recursos.



Autoridades
ambientales

2

Ejecución

El Grupo Energía Bogotá ejecuta los proyectos teniendo en cuenta el marco normativo, los intereses de la comunidad y la sostenibilidad de los recursos naturales **para la construcción de la línea de transmisión.**



3

Operación y mantenimiento

El Grupo Energía Bogotá se queda en el territorio. Opera y hace el mantenimiento de las líneas y subestaciones.



4

5



Subestación Termocandelaria. Cartagena.

¿Qué es una subestación eléctrica?

Son instalaciones formadas por equipos o dispositivos eléctricos cuya función es la **conversión de voltaje, protección, control, regulación y distribución de la energía eléctrica**. Además, en estos complejos se transforman los niveles de voltaje para que la energía pueda llegar al sector industrial, comercial, hospitales, colegios, vías públicas y hogares, entre otros.

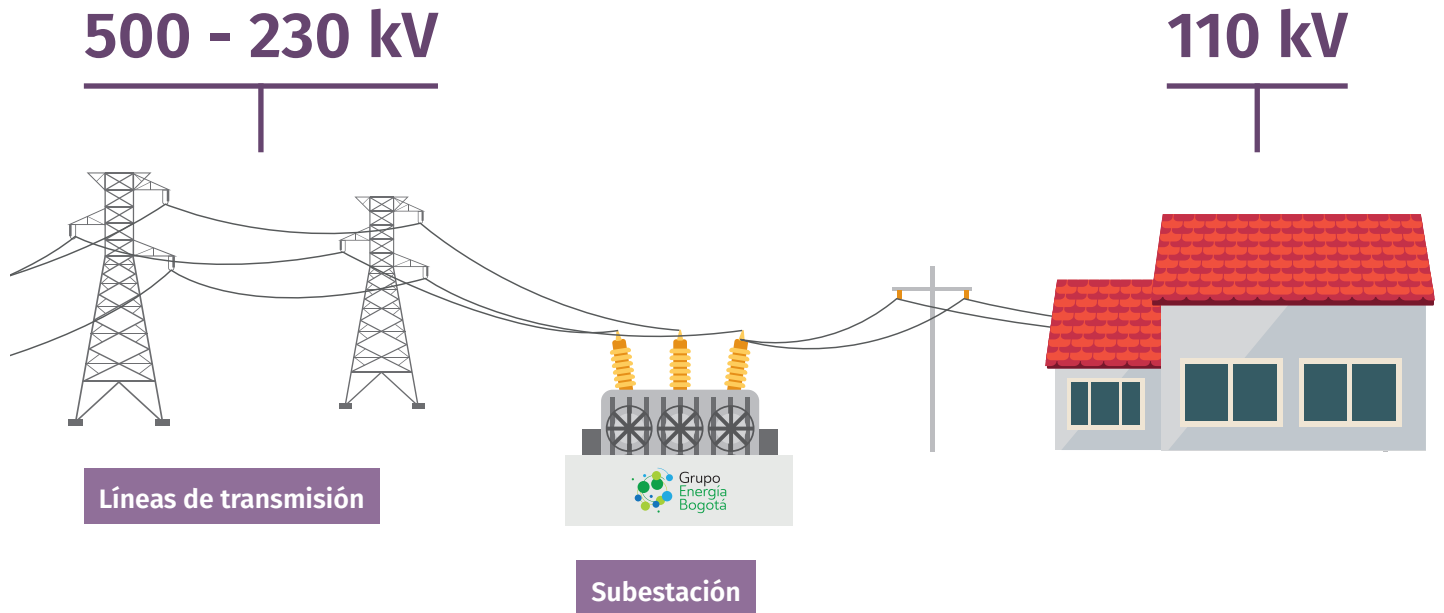
Gracias a las subestaciones eléctricas se puede **garantizar la continuidad, calidad y eficiencia del suministro de energía eléctrica**, cumpliendo con la normativa exigida en Colombia.

¿Qué es una subestación eléctrica?

Son instalaciones formadas por equipos o dispositivos eléctricos cuya función es la **conversión de voltaje, protección, control, regulación y distribución de la energía eléctrica**. Además, en estos complejos se transforman los niveles de voltaje para que la energía pueda llegar al sector industrial, comercial, hospitales, colegios, vías públicas y hogares, entre otros.

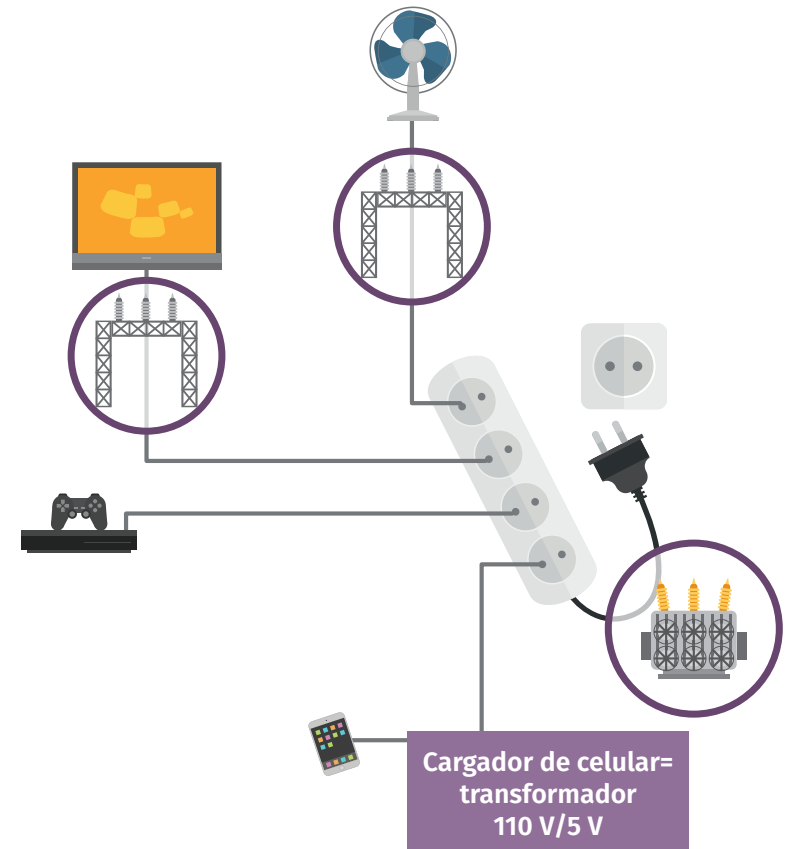
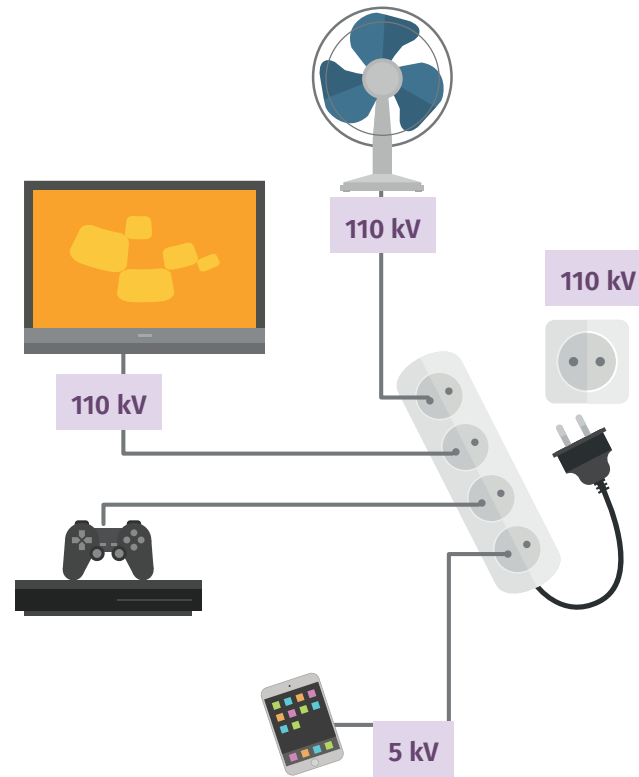
Gracias a las subestaciones eléctricas se puede **garantizar la continuidad, calidad y eficiencia del suministro de energía eléctrica**, cumpliendo con la normativa exigida en Colombia.

En las líneas de transmisión se transporta energía a 500 y 230 kV, en la red de nuestras casas tenemos interconexiones a 110 voltios.



Una subestación eléctrica es como si conectáramos una multitoma al tomacorriente de nuestra sala. Con esta multitoma **podemos distribuir la energía a los electrodomésticos que necesitamos**. Si no tuviéramos esta multitoma y necesitáramos conectar varios equipos al tiempo no podríamos. Igual ocurre con las subestaciones, por eso, son tan importantes para poder **conectar y derivar energía eléctrica a diferentes centros de consumo**.

Subestación de 110 voltios de donde podemos hacer conexiones para alimentar cargas o electrodomésticos que **funcionan a 110 voltios o transformar a otros niveles de tensión como a 5 voltios para cargar un celular**.



Elementos de una subestación

Llegada línea de transmisión

Es donde llega la línea de transmisión o torre de transmisión terminal.

En el esquema anterior se visualiza con color azul.

Transformador de potencia

Es importante precisar que no todas las subestaciones tienen transformadores de potencia.

Corresponde al área de color rojo en el esquema anterior.

Estructuras metálicas

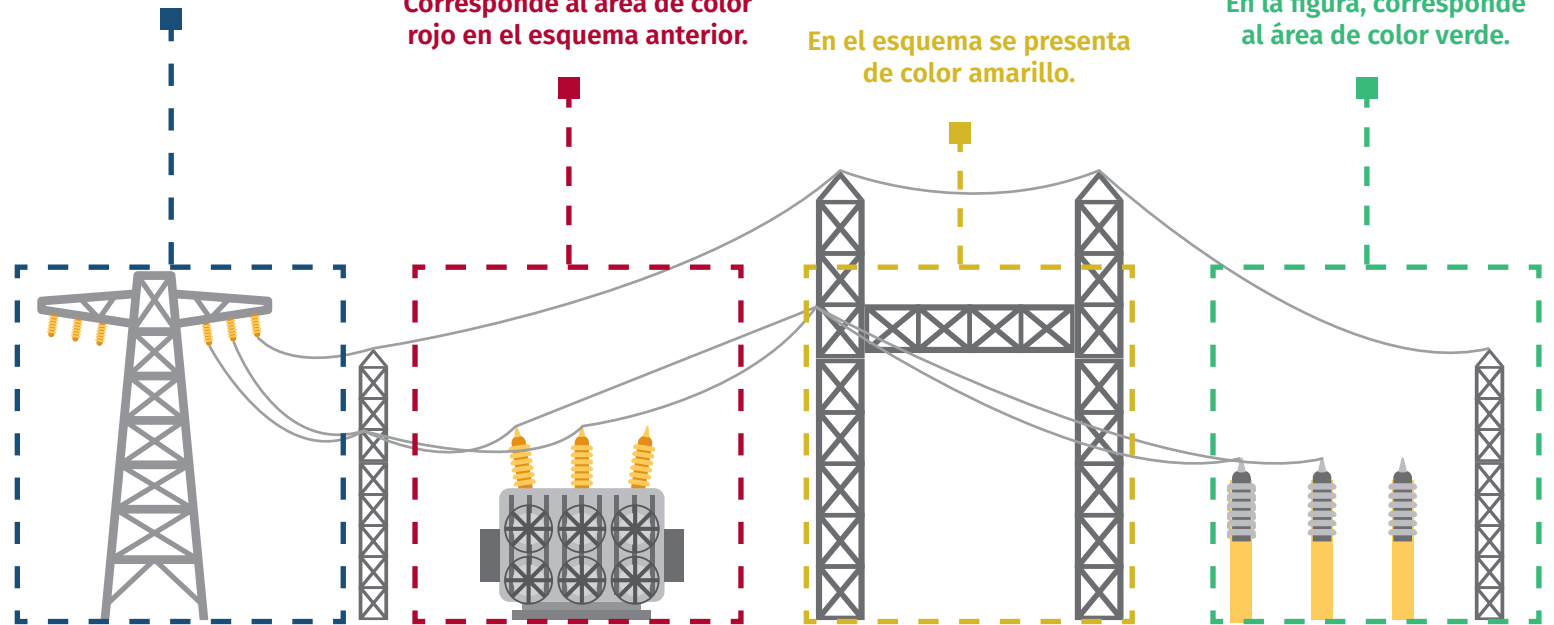
Son las que permiten la llegada de los cables de las líneas de transmisión y todos los cables que se necesitan al interior de la subestación.

En el esquema se presenta de color amarillo.

Equipos de potencia

Son los equipos que permiten controlar, proteger y monitorear la subestación y las líneas de transmisión.

En la figura, corresponde al área de color verde.



Tipos de subestaciones eléctricas

Existen cuatro tipos de subestaciones, principalmente:

Subestación de transformación

Como su nombre lo indica, dentro de sus equipos **se encuentran uno o varios transformadores de potencia que sirven para variar el voltaje dentro del sistema eléctrico.** Por medio de ellos se puede aumentar o disminuir el valor del voltaje, para poder transportarlo dentro del sistema de transmisión nacional.

En la siguiente fotografía se muestran los transformadores de potencia dentro de una subestación:



Una subestación de transformación **se podría comparar con una motobomba de agua**, la cual absorbe una cantidad de líquido y por otra parte sale un chorro de agua con una cantidad y presión diferente, como se observa en la fotografía. Comparando lo anterior, el voltaje de entrada sería el agua absorbida; la motobomba, el transformador de potencia, y el chorro que sale, al voltaje transformado.



Subestación de maniobra

Tiene una barra donde **se conectan varias líneas de transmisión**, permitiendo hacer la operación y control de la red eléctrica.

Dentro de la subestación de maniobra existen interruptores de potencia que permiten **conectar y desconectar las diferentes líneas de transmisión** que llegan a la subestación.

En el siguiente esquema se muestran las barras donde se conectan las diferentes líneas de transmisión y los interruptores que hacen la conexión y desconexión:



Las subestaciones de maniobra **se pueden comparar con los interruptores de la luz** que existen en nuestras casas, que permiten prender y apagar los bombillos según lo necesitemos. De igual forma una subestación de maniobra permite prender y apagar las líneas de transmisión según se requiera, para garantizar la confiabilidad y el suministro de energía en el sistema eléctrico.

Subestación elevadora y reductora

Las subestaciones elevadoras se encuentran principalmente en las plantas de generación de energía. Las subestaciones reductoras son las que **bajan el valor del voltaje para que pueda llegar la energía a nuestras casas.**

¿Cuál es la importancia de las subestaciones eléctricas?

Debido a las grandes distancias que existen entre las plantas de generación y nuestras viviendas, es imposible transportar la energía directamente. Cuando la distancia es amplia, hay grandes pérdidas de energía por los cables de las líneas de transmisión. La solución a este problema es **aumentar el voltaje durante el proceso de transporte de energía, incluso a los 500.000 voltios.**

Las plantas generadoras producen energía a un voltaje de hasta 38.000 voltios. Ahí entra **la primera subestación eléctrica, en este caso una elevadora** que pasa el voltaje de 38.000 voltios a 230.000 voltios. Dependiendo de la distancia de la línea de transmisión se construye otra subestación elevadora que permita alcanzar los 500.000 voltios.

A medida que las líneas de transmisión se acercan a las ciudades, se construyen **subestaciones reductoras que bajan el voltaje** de 500.000 o 230.000 voltios a 115.000 voltios. Estas subestaciones generalmente ya están en las ciudades y desde estas se adecúa el voltaje para que llegue a los transformadores que se encuentran en los postes de nuestros barrios. De esta manera llega la energía a las casas o a las diferentes industrias.

En el siguiente esquema se muestra gráficamente lo descrito anteriormente:

Planta de generación

38.000 voltios

Subestación elevadora

de 38.000 voltios a 230.000 voltios

Tiene transformadores de potencia elevadores que suben el voltaje para que se pueda transportar por las líneas de transmisión y pueda viajar grandes distancias

Líneas de Transmisión

Voltajes de 230.000 voltios o 500.000 voltios

Subestación reductora

de 230.000 voltios a 115.000 voltios

Tiene transformadores de potencia que bajan el voltaje para llevar la energía que viaja por las redes eléctricas de las ciudades y que alimentan las industrias y nuestras casas

Redes eléctricas



Seguridad y salud en una subestación eléctrica



Actualmente, con el desarrollo de la tecnología se construyen **equipos altamente confiables que aumentan la seguridad de las personas** que pueden estar alrededor de la subestación.

La subestación se diseña con las **distancias de seguridad eléctricas necesarias**, para que las personas que estén cerca de ella **no tengan ningún tipo de riesgo eléctrico**. De igual manera, se traza cumpliendo con los valores máximos exigidos por las normas colombianas e internacionales en lo referente a la emisión de campos electromagnéticos. La subestación tiene una malla de puesta a tierra que **protege a las personas y a los animales que pueden circular alrededor de la subestación**.

Las subestaciones eléctricas de potencia **se diseñan para que estén protegidas** y si existen daños internos, no afecte a las personas que se encuentran alrededor de ella; se delimitan de tal manera que únicamente personas autorizadas y capacitadas ingresen a las zonas de riesgo eléctrico.

¿Cómo se construyen las subestaciones eléctricas?



Etapas previas al proceso constructivo

Subestación La Loma. Cesar.

16

¿Cómo se determina la ubicación de la subestación?

La UPME determina un radio o una zona **donde se debe construir la nueva subestación**. Para encontrar el lote óptimo donde se construirá la nueva subestación se tienen en cuenta los siguientes criterios:

Clasificación general del terreno y modelo de ordenamiento territorial.

- Criterio constructivo. mínimas del terreno.
- Criterio topográfico, hidrológico y geotécnico.
- Criterio ambiental.
- Criterio por amenazas naturales.
- Criterio por dimensiones
- Criterio social.
- Criterio legal (división predial).
- Criterio económico.
- Criterios técnicos.

Con el cumplimiento de estos criterios, se procede a la selección del lote teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Se realiza un avalúo de acuerdo con los valores promedio de la zona.
- Se analizan los lotes disponibles, con sus ventajas y desventajas.
- Se escogen las mejores alternativas.
- Finalmente se selecciona un lote y se procede a la compra.

Con la definición de la ubicación final del lote, **se trazan las posibles rutas por donde se van a construir las líneas de transmisión que conectan las diferentes subestaciones localizadas a lo largo del país.**

¿Después de seleccionado el lote que se hace?

Después de obtener la aprobación del **Plan de Manejo Ambiental (PMA)** y de obtener la licencia por parte de la autoridad ambiental de la zona o nacional, se realiza el **estudio de suelos y el levantamiento topográfico al lote licenciado.**

¿Qué es un estudio de suelos?

Es un **estudio efectuado al terreno o suelo del lote donde se va a construir la subestación;** aquí se presenta la exploración geotécnica efectuada y los ensayos de laboratorio. Este estudio nos indica cómo es la geología y el subsuelo encontrado en la exploración.

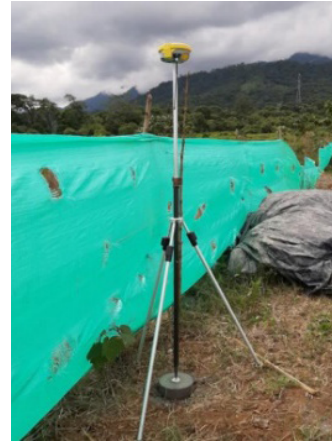
Con estos resultados se **establece el modelo geotécnico para el diseño de fundaciones en concreto** y se concluye sobre el sistema de cimentación más conveniente para las diferentes estructuras y equipos que se tienen previstos en la subestación, incluyendo tipo y profundidad, capacidad de soporte, probables asentamientos y se hacen recomendaciones constructivas.



¿Qué es un levantamiento topográfico?

Es un estudio que se realiza a la zona donde se va a construir la subestación para obtener la información detallada de la superficie del terreno, **obteniendo la representación gráfica, planimetría o plano del terreno.**

En el plano resultante **se indican los desniveles que presente el terreno seleccionado** y de esta manera se puede determinar qué tipo de adecuaciones se deben realizar al terreno, tanto de relleno como de recorte.



Ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle son los estudios, memorias de cálculo y planos que se requieren para hacer la construcción de la subestación. **Existen tres grandes grupos de ingeniería:**

- Ingeniería civil.
- Ingeniería primaria o ingeniería de montaje electromecánico de equipos de potencia.
- Ingeniería secundaria o ingeniería de control, protección, medida y comunicaciones:



Ingeniería civil:

Es el área encargada del **diseño y construcción de la infraestructura básica de la subestación**, como el diseño de las estructuras metálicas, diseño y construcción de los desagües y manejos de agua, diseño y construcción de casetas en mampostería, diseño y construcción de las bases en concreto que soportan los equipos de potencia y las estructuras metálicas, diseño y construcción de las vías internas, construcción de cerramientos y todas las obras civiles constructivas que se requieran para el funcionamiento de la subestación.

Dentro del proceso de diseño **se crean unos planos, los cuales se llevan a las obras y con base en esta información se empieza con las labores de construcción.** En los siguientes esquemas se muestran unos planos de ingeniería civil para la construcción de las vías y de fundaciones o bases en concreto.

Ingeniería primaria o ingeniería de montaje electromecánico de equipos de potencia.

Para el desarrollo de la ingeniería de detalle se hacen **todos los estudios eléctricos previos** y así cumplir con las normas nacionales e internacionales, para que no se tengan riesgos sobre las personas o la **infraestructura eléctrica nacional**.

Durante esta etapa del proyecto se hace toda la ingeniería para la **instalación de los equipos de potencia** sobre las bases en concreto y las estructuras previamente diseñadas y construidas. Con esta ingeniería de detalle se garantizan que no existan riesgos eléctricos para las personas o para los equipos construidos.



Ingeniería secundaria o ingeniería de control, protección, medida y comunicaciones:

En esta etapa se diseña la ingeniería de detalle para **garantizar la protección de las subestaciones** aislando las posibles fallas que se presenten en el sistema eléctrico nacional. Esta ingeniería define las **condiciones para realizar las maniobras de cierre y apertura de interruptores** con sus respectivas lógicas para los distintos estados de operación de la subestación.

En esta etapa **se diseñan los equipos o relés a instalar**, los equipos de control y comunicaciones para garantizar el control y la protección desde el centro de control remoto.

También se diseñan **todos los protocolos de pruebas que son necesarios** hacer en el momento de poner en funcionamiento a la subestación.





Proceso constructivo

Subestación El Guavío.

23

Obras civiles

Adecuación del terreno:

Con los resultados del estudio topográfico se procede a efectuar las adecuaciones de terreno, haciendo **relleno o recortes de suelo** para dejar el terreno completamente explanado.



Replanteo:

Con el equipo de topografía y con los planos de diseño civil se marca sobre el terreno explanado **la ubicación precisa en donde se deben construir las fundaciones en concreto** para equipos de potencia, estructuras metálicas, bases de transformadores o reactores, muros cortafuegos, casetas, edificio de control, cerramiento y demás obras civiles indicadas en los planos de detalle.



Construcción de fundaciones en concreto:



Con equipo de excavación se hacen las **perforaciones en el suelo**, con la profundidad y medidas indicadas en los planos civiles.



Después de efectuar las perforaciones se pone una capa de concreto sobre el suelo, que sirve de **soporte del armazón metálico, encofrado y posterior vertimiento de concreto** para la construcción de la zapata en ese material.



En la ingeniería de detalle civil se indica el **proceso constructivo del armazón o estructura metálica**, características, calibre, número de varillas y su figuración, que sirven de armadura para las fundaciones en concreto. Generalmente se arman fuera de la perforación en donde se va a instalar.



Después de armada la estructura metálica se ubica en la **respectiva perforación**.



Sigue el proceso de encofrado, que consiste en armar un molde metálico con las dimensiones dadas en la ingeniería de detalle civil; sirve para **dar la forma al concreto con las medidas de altura, ancho y profundidad de la fundación.**



Después de verificado el correcto armado del encofrado se procede a **verter el concreto, con las características técnicas indicadas** en la ingeniería de detalle.



Este mismo proceso se hace **para todas las fundaciones en concreto de equipos de potencia**, muros cortafuegos, casetas, pórticos y demás obras civiles indicadas en la ingeniería de detalle.



Una de las obras civiles que más toma tiempo **construir son las edificaciones**, como las casetas, la casa de control y la portería. El proceso es igual al descrito anteriormente.

Montaje electromecánico

Esta etapa constructiva se divide en las siguientes fases:

Montaje de estructura metálicas, pórticos

La subestación eléctrica está conformada por **estructuras metálicas de gran altura denominadas pórticos**, que sirven para **recibir los cables** que traen las líneas de transmisión y para armar las diferentes barras dentro de la subestación.

Como los pórticos están conformados por muchas partes metálicas, el primer paso consiste en un **prearmado de las estructuras en el piso**, para después armarlas sobre las fundaciones civiles que previamente se habían construido.

Se hace necesario el **uso de grúas y de personal capacitado** para el armado de los pórticos.



Montaje de estructuras metálicas de equipos de patio

Consiste en el **armado de estructuras más pequeñas** que van montadas sobre las fundaciones en concreto. Su función es el **soporte de los equipos de patio**.

Los equipos que se instalan sobre la estructura son los siguientes:

- Interruptores de potencia.
- Seccionadores.
- Transformadores de medida.
- Descargadores de sobretensión o pararrayos.
- Aisladores de soporte.
- Esta actividad se hace simultáneamente con el montaje de los pórticos, utilizando grúas y personal capacitado.



Montaje de equipos de potencia

Cuando las estructuras metálicas de equipos de potencia están completamente armadas, y cumpliendo con todos los requerimientos técnicos como nivelación y apriete, **se montan sobre estos elementos los equipos de potencia.**

El montaje tiene que cumplir con unas **especificaciones dadas por los fabricantes y por los planos de ingeniería de detalle** de ingeniería primaria. Posterior al montaje de los equipos de patio se efectúan pruebas eléctricas especializadas a todos los equipos de patio para garantizar que están **funcionando de la manera adecuada** y no vayan a presentar problemas durante la operación de la subestación.



Tendido de grava

Durante la etapa de montaje electromecánico se hace el **proceso de tendido de grava o piedra pulverizadas** seleccionadas con un tamaño específico, provenientes de canteras. El tendido se efectúa sobre todo el patio de la subestación donde están ubicados los equipos de potencia y las edificaciones.

Esta capa de grava sirve para **dar la seguridad al personal de operación y mantenimiento**, minimizando cualquier riesgo eléctrico.



Montaje de gabinetes de control y protecciones

Para proteger la subestación eléctrica y las líneas de transmisión es necesario **instalar equipos electrónicos llamados relés o unidades controladoras** que están censando permanentemente las condiciones eléctricas adecuadas. Ante cualquier desbalance eléctrico en la subestación o en las líneas de transmisión, los controladores electrónicos dan la orden a los interruptores de potencia de abrirse, **aislando cualquier tipo de falla** y protegiendo de esta manera a la subestación y las líneas de transmisión.



Tendido de cables

Cuando se termina el montaje de los equipos de patio es necesario hacer **conexiones eléctricas por medio de cables** entre estos, los gabinetes de control y las protecciones ubicados en las casetas de relés y/o caseta de control.



Construcción del cerramiento

Es de tipo malla eslabonada y se construye durante el montaje electromecánico. Esta malla se diseña y se construye para **garantizar la seguridad de las personas que transitan o viven cerca a la subestación eléctrica**. Las personas o animales la pueden tocar sin que tengan algún tipo de riesgo eléctrico.



Pruebas y puesta en servicio de la subestación

Cuando terminan los trabajos de obras civiles y de montaje electromecánico es necesario **efectuar pruebas eléctricas completas, denominadas 'Pruebas y puesta en servicio'**.

En esta etapa se verifica que todo el cableado hecho entre los equipos de potencia y los gabinetes ubicados en las casetas esté conectado de la manera que la ingeniería secundaria lo determine. **También se hacen las siguientes verificaciones:**

- Verificación de las señales de corriente y voltaje.
- Verificación de bloqueos o enclavamientos.
- Verificación de mandos eléctricos sobre los equipos de potencia.
- Pruebas de alarmas y de apertura de interruptores.
- Pruebas de los relés de protección.
- Pruebas funcionales entre los equipos de patio y el sistema de control y protecciones.
- Pruebas de comunicación para protección de las líneas de transmisión.
- Diligenciamiento de protocolos de pruebas y energización.



Otra función de las pruebas es **verificar que las comunicaciones estén funcionando correctamente entre el centro de control ubicado en Bogotá y la subestación**, para garantizar que se tenga el control de manera remota desde la capital del país.

Estas pruebas **garantizan que todos los equipos electrónicos de control, protección, medida y comunicaciones estén trabajando de manera adecuada**, protegiendo a las personas y a la subestación.

Cuando se terminan las pruebas completas se puede **garantizar que la subestación va a funcionar** de manera adecuada, por lo tanto se puede iniciar el proceso de energización o puesta en servicio definitivo. En este punto la subestación eléctrica está totalmente terminada y lista para funcionar.

Para la energización final de la subestación es necesario **hacer la coordinación con el operador del Sistema de Transmisión Nacional**, que el caso de Colombia es XM.

Cuando se cumplen todos los protocolos de energización se dice que **la subestación entró en servicio**.





Transmisión

Grupo Energía Bogotá





**¡Que se note la
buena energía!**

Oficina principal:

Carrera 9 #73-44

PBX (571) **326 8000**

Bogotá D.C. Colombia

-  @GrupoEnergiaBog
-  Grupo Energía Bogotá
-  /GrupoEnergiaBogota
-  grupoenergiabogota

www.grupoenergiabogota.com