



**PROPUESTA DE TRABAJO DE FIN DE GRADO  
PROPUESTA DE PROYECTO FIN DE CARRERA  
CURSO 2016 - 2017**

TÍTULO DEL TRABAJO:	PROYECTO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA PRIVADA DE 15 MVA
TUTORES:	Dr. Ing. Norberto Redondo Melchor
DESCRIPCIÓN GENERAL:	Proyecto eléctrico de las instalaciones eléctricas de potencia, de control y de protección de una subestación transformadora privada 45/6 kV y 15 MVA, con entrada y salida de línea aérea de 45 kV, para alimentar a tres posiciones de salida de línea subterránea de 6 kV.
CONTENIDOS MÍNIMOS:	El trabajo deberá incluir obligatoriamente todos los contenidos técnicos que se desglosan en el esquema que sigue más abajo. Los tutores pueden asesorar al alumno que desee introducir contenidos añadidos.

DESCRIPCIÓN PARTICULAR:

Se trata de diseñar y calcular algunas instalaciones necesarias para el funcionamiento normal y seguro de una subestación transformadora privada emplazada en entorno a industrializar (en adelante STP), insertada en el trazado de una línea aérea simple, que se considera existente, de 45 kV. Dicha línea se interrumpirá, insertando un nuevo apoyo, para darle entrada y salida hacia la STP, protegiendo ambos extremos con relés apropiados y colocando seccionadores tripolares con puesta a tierra (lado STP) e interruptores automáticos en SF6, todos ellos de intemperie y con mando manual y motorizado, accionable localmente y a distancia. Se alimentará al transformador de 15 MVA tipo Dyn11 refrigeración ONAF, construido según UNE-EN 60076 y Reglamento europeo de Ecodiseño, con 5 tomas en el primario ( $\pm 5\% U_n$ ). Las salidas subterráneas vendrán protegidas también por relés adecuados que actuarán sobre los interruptores automáticos asociados a cada una y colocados en celdas modulares. Estas celdas dispondrán también de seccionador tripolar y de puesta a tierra. El interruptor estará motorizado y será accionable manual y automáticamente, de modo local y a distancia. Todos los accionamientos remotos funcionarán con 110 V de corriente continua. El transformador para servicios auxiliares en baja tensión será de 25 kVA y alimentará, entre otros receptores de la subestación, a un Sistema de Alimentación Ininterrumpida que proporcionará autonomía a la subestación durante 1 hora.

El alumno definirá, mediante planos de planta con suficiente detalle, la ubicación de la STP, el trazado de la línea de 45 kV existente, las intervenciones a realizar en ella, la planta de las instalaciones de la STP, sus alzados con las vistas correspondientes para definir bien la entidad del proyecto, la infraestructura subterránea, la red de puesta a tierra, los edificios, los accesos y cerramientos, y la solución adoptada para la salida de líneas subterráneas. Además habrá planos de esquemas desarrollados que detallen el



sistema de control y supervisión de la subestación, y en los que figure también el cableado de las señales a los relés y a los sistemas de protección.

Será necesario también adjuntar el estudio de los parámetros que definan el posterior ajuste de las protecciones (curvas de disparo, umbrales de actuación, selectividad entre protecciones, etc.).

En el proyecto deberán contemplarse las siguientes instalaciones:

- Instalación de alta tensión
- Instalación de transformación
- Red de puesta a tierra
- Servicios auxiliares y sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Instalación de baja tensión en corriente alterna
- Instalación de baja tensión en corriente continua
- Climatización
- Detección y extinción automática de incendios
- Alumbrado exterior

Las protecciones eléctricas serán, como mínimo, las siguientes (códigos ANSI):

- Para las líneas de entrada (45 kV) y de salida (6 kV): 46, 50, 51, 50N, 51N, 27, 59, 81m, 81M.
- Para el transformador principal (15 MVA): 50, 51, 50N, 51N, 50G, 49, 63 gas, 63 sobrepresión, 71, 87.
- Para el transformador de servicios auxiliares: 49, 63 gas, 63 sobrepresión.

La STP llevará los enclavamientos de seguridad apropiados que impidan absolutamente toda maniobra insegura o peligrosa, tanto para un operario que manipule localmente los equipos como para cualquier operación a distancia. Toda la aparatada de alta y media tensión será motorizada.

La STP dispondrá de un sistema de control remoto compatible con los sistemas de la compañía titular de la red de distribución a 45 kV, y de un PC supervisor en el que se habilitarán todas las funciones de mando presentes también en el cuadro sinóptico de control de la subestación. El alumno debe diseñar el cuadro sinóptico de control, pero no tiene que incluir detalles ni sobre el sistema de control remoto ni sobre la programación del PC.

El trabajo respetará y aplicará toda la normativa vigente, en especial sobre requisitos de seguridad, y también la de gestión de residuos de la construcción y la de salud y seguridad en las obras de construcción. Deberá contar con un pliego de condiciones técnicas generales y particulares, más los planos necesarios para la comprensión de la instalación proyectada, y el anejo de mediciones y presupuesto a precios actuales.

**IMPORTANTE:** El resto de detalles no especificados en esta descripción podrán ser supuestos por el alumno, pero deberán asemejarse lo más posible a datos extraídos de la realidad.



OBSERVACIONES:

Se empleará únicamente el Sistema Internacional de Unidades, con su notación correspondiente.

No se admitirán faltas de ortografía, ni siquiera en las unidades.

El trabajo es estrictamente personal e individual. No se admitirán proyectos con similitudes sustanciales en planos, mediciones del presupuesto o cálculos.

ESQUEMA A SEGUIR <sup>(1)</sup><sup>(2)</sup>:

I. Memoria

- A. Introducción y objeto del proyecto
- B. Normativa aplicada
- C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas
- D. Soluciones adoptadas y esquema unifilar
- E. Plazo y diagrama de ejecución
- F. Resumen de presupuesto
- G. Conclusión a la Memoria y firma

II. Anejo de 45 kV

- A. Introducción y objeto
- B. Características generales de la instalación existente
  - a. Emplazamiento
  - b. Características principales de la línea aérea existente
- C. Intervención a realizar
  - a. Descripción de la intervención
  - b. Distancias de seguridad, cruzamientos y paralelismos
- D. Diseño mecánico
  - a. Cálculos mecánicos de los conductores
  - b. Cálculos mecánicos de los apoyos
  - c. Aisladores
  - d. Cimentaciones
  - e. Puesta a tierra de los apoyos

III. Anejo de la STP: instalaciones de potencia

---

<sup>1</sup> El alumno deberá respetar este esquema aportando contenidos en aquellos apartados donde lo estime necesario, indicando en el resto la mención "No aplicable porque..." seguida de la razón correspondiente. También podrá añadir otros epígrafes si fuera necesario, pero nunca eliminar los que se indican.

<sup>2</sup> Únicamente se considerarán aptas para la evaluación del alumno aquellas tablas o compendios de datos que sean resultado de los cálculos explicados en la Memoria o sus anejos, y siempre que puedan ser evidentemente verificables por el Profesor, lo que al menos exige la correcta identificación de los datos (encabezamientos de filas y columnas, por ejemplo) y la inclusión de la unidad o magnitud de que se trate.



- A. Introducción y objeto
  - B. Normativa aplicada
  - C. Obra civil
    - a. Distribución del espacio interior de la STP
    - b. Cerramientos y accesos
    - c. Canalizaciones subterráneas
    - d. Estructuras de soporte
    - e. Cimentaciones
  - D. Entrada de líneas y embarrado de 45 kV
    - a. Aisladores
    - b. Seccionadores de entrada
    - c. Autoválvulas
  - E. Transformador de potencia
  - F. Embarrado y salida de líneas 6 kV
  - G. Edificio de control
  - H. Servicios auxiliares
    - a. Sistema de alimentación desde embarrado a 6 kV
    - b. Sistema de alimentación ininterrumpida en corriente alterna a 230 V
    - c. Fuente de tensión en corriente continua a 110 V
  - I. Conclusión y firma
- IV. Anejo de la STP: control y protección
- A. Introducción y objeto
  - B. Red de puesta a tierra
    - a. Diseño de la red de protección
    - b. Cálculos justificativos
  - C. Armario de control
    - a. Descripción del funcionamiento
    - b. Descripción de enclavamientos de seguridad
  - D. Relés de protección
    - a. Descripción de protecciones implementadas
    - b. Estudio de la configuración de los relés recomendada
  - E. Conclusión y firma
- V. Anejo de control de incendios
- A. Introducción y objeto
  - B. Normativa aplicada
  - C. Sistema de detección
    - a. Componentes del sistema de detección
      - 1. Detectores: tipos y ubicación
      - 2. Centralita: características principales
    - b. Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores
      - 1. Cableado de alimentación
      - 2. Cableado de control y detección
  - D. Extracción controlada de humos de incendio
    - a. Ubicación y caudales de los sistemas de control de humos
    - b. Selección de ventiladores



- E. Conclusión y firma
  
- VI. Anejo de alumbrado interior y exterior
  - A. Introducción y objeto
  - B. Normativa aplicada
  - C. Diseño luminotécnico
    - 1. Niveles de iluminación requeridos.
    - 2. Distribución del alumbrado según niveles requeridos
    - 3. Luminarias del alumbrado de seguridad
  - b. Lámparas y equipos auxiliares. Luminarias
  - c. Sistemas de encendido y apagado
  - D. Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado
    - a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado
    - b. Calificación energética de la instalación
    - c. Criterios de eficiencia en la explotación y el mantenimiento
    - d. Valoración del consumo eléctrico esperado
    - e. Apreciaciones sobre el mantenimiento
  - E. Cálculos luminotécnicos
  - F. Instalación eléctrica
    - a. Circuitos: descripción y método de instalación
    - b. Cálculos eléctricos
  - G. Conclusión y firma
  
- VII. Anejo de gestión de residuos de la construcción
  - A. Introducción y objeto del anejo
  - B. Normativa aplicada
  - C. Identificación de residuos y cantidades
  - D. Medidas para la reducción de residuos en obra
  - E. Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra
  - F. Medidas para la separación de residuos en la obra
  - G. Conclusión y firma
  
- VIII. Pliego de condiciones
  - A. Pliego de condiciones generales
    - a. Normativa a aplicar
    - b. Replanteo de la obra
    - c. Características y obligaciones del contratista
    - d. Control de la obra y Libro de órdenes
    - e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas
    - f. Recepción de la instalación
    - g. Plazo de garantía
  - B. Pliego de condiciones particulares
    - a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión
    - b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión
    - c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de



- ventilación y extracción
      - d. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior
    - C. Conclusión y firma
- IX. Seguridad y salud <sup>(3)</sup>
  - A. Características relevantes de las obras
    - a. Descripción de los trabajos
    - b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria
    - c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto
  - B. Peligros detectados y riesgos asumidos
    - a. Peligros generales
    - b. Peligros específicos de cada fase de la obra
    - c. Riesgo de daños a terceros
  - C. Medidas de prevención para aminorar riesgos
    - a. Medidas generales
    - b. Medidas específicas para cada fase de la obra
    - c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros
  - D. Conclusión y firma
- X. Planos <sup>(4)</sup>
  - A. Generales
    - a. Situación a varias escalas con indicación de accesos
    - b. Planta general y componentes de las instalaciones
    - c. Esquema unifilar completo
  - B. Instalaciones exteriores
    - a. Aparataje de seccionamiento AT
    - b. Interruptores AT
    - c. Transformador principal y accesorios
    - d. Transformador de servicios auxiliares y accesorios
    - e. Red de puesta a tierra
    - f. Canalizaciones exteriores

---

<sup>3</sup> Este esquema corresponde a la modalidad de Estudio Básico de Seguridad y Salud en fase de proyecto, que es más resumido. Pero si la envergadura del proyecto lo exigiese, sería necesario un Estudio completo, en cuyo caso deberá figurar también en Planos y en Presupuesto. Ninguno de los dos podrá ocupar más de 20 páginas.

<sup>4</sup> Los planos se numerarán respetando esta clasificación. Preferiblemente se dibujarán sobre formato DIN-A3 apaisado. En el cajetín figurará el título del proyecto seguido de la mención "Trabajo fin de grado", el nombre del plano, su número, el nombre del alumno y la fecha (mes y año) en que lo presentará para su evaluación. Como Peticionario del proyecto figurará la "Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial - Área de Ingeniería Eléctrica", y se le añadirá la mención "Tutor: ..." con el nombre del tutor correspondiente, todo junto al emblema oficial de la Universidad de Salamanca. Todos los planos deben entregarse firmados manualmente.

Esta lista solo indica el orden en el que se deben disponer y numerar los planos. El alumno puede incluir, dentro de cada apartado todos los planos que precise, pero siempre al menos uno.

Los planos vendrán preferentemente delineados en blanco y negro, evitando el color. No se admitirán letras de menos de 2 mm de altura. Se limitará al máximo el despilfarro de papel.



- g. Instalación exterior de alumbrado ordinario y de emergencia
  - h. Seguridad: control de accesos
  - C. Instalaciones interiores de potencia en media tensión
    - a. Celdas de protección MT
    - b. Canalizaciones interiores MT
  - D. Instalaciones interiores auxiliares
    - a. Cuadro de control de la subestación
    - b. Sistema de alimentación ininterrumpida
    - c. Instalación interior de fuerza y alumbrado ordinario y de emergencia
    - d. Climatización
  - E. Instalación de mando, control y protección
    - a. Esquemas desarrollados de la aparamenta AT
    - b. Esquemas desarrollados de la aparamenta MT
    - c. Esquemas desarrollados de los relés de protección
    - d. Esquemas desarrollados de las señales de supervisión y control
- XI. Mediciones y presupuesto
- A. Presupuesto desglosado
  - B. Cuadro resumen del presupuesto
  - C. Nombre, fecha y firma