



## **INFORME SOBRE LA COMPETENCIA DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS PARA REDACTAR PROYECTOS RELACIONADOS CON LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Del examen del ordenamiento jurídico vigente viene a resultar que el Título oficial de **Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos** faculta a sus poseedores, miembros de este Colegio, para redactar **Proyectos relacionados con la Energía Eléctrica.**

La competencia de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en esta materia tiene su fundamento en las siguientes **disposiciones** de nuestro ordenamiento jurídico:

**1º.- Decreto-Ley de 20 de Septiembre de 1926.** Reglamento de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su Artículo 14 se establece que *“se consideran como de la competencia especial de la profesión el estudio, **proyecto**, ejecución, conservación y explotación de las construcciones en general y de las **obras, máquinas e instalaciones** necesarias para toda clase de comunicaciones y transportes y para los aprovechamientos hidráulicos, terrestres y marítimos de todo género, con inclusión de las obras y servicios de saneamiento y defensa, y de las **transformaciones y transportes de energía**, como igualmente las preparatorias y complementarias que con ellas tengan relación”*.

**2º.- Orden ministerial de 17 de Octubre de 1934.** Reglamento de los Laboratorios de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su Artículo 1º se establecen los Laboratorios de Enseñanza de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, a los que corresponden las Secciones siguientes:



- a) Laboratorio de Hidráulica
- b) Laboratorio de Electricidad**
- c) Laboratorio de Química y Materiales de Construcción
- d) Laboratorio de Termotecnia
- e) Laboratorio de Física y Automática.
- f) Laboratorio de Ingeniería Sanitaria

**3º.- Decreto de 23 de Noviembre de 1.956.** Reglamento Orgánico del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La jurisprudencia del Tribunal Supremo viene reconociendo, de forma reiterada, la vigencia del Artículo 1º de este Decreto, y en su Sentencia de 24 de Enero de 1986 ha declarado expresamente que *“es forzoso concluir que la competencia de los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos** en la esfera privada ha de entenderse comprendida en los mismos términos enumerados en el art.1º del Reglamento de mil ochocientos sesenta y tres y de mil novecientos cincuenta y seis, que no han sufrido alteración a lo largo de un siglo”*.

En el Artículo 1º de este Decreto de 23 de Noviembre de 1956 se dispone que *“corresponde a los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos** ... el estudio, dirección, inspección, vigilancia y construcción de las obras:...*

*5º.- De cuanto se relaciona con las **instalaciones y servicios eléctricos** de general uso y aprovechamiento de toda aquella parte que corresponde y pueda corresponder al Ministerio de Obras Públicas”*.

**4º.- Decreto 1296/1965 de 6 de Mayo.** Especialidades de las Escuelas Técnicas de Grado Superior.

El Artículo 1º otorga a los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**, entre otras, la especialidad de **“Energética”**, a considerar de forma primordial en la redacción de los Proyectos relacionados con la Energía Eléctrica.



5º.- **Ordenes Ministeriales de 29 de Mayo de 1.965, 2 de Junio de 1.969, 14 de Junio de 1.982, 30 de Septiembre de 1.982, 31 de Mayo de 1.983 y 27 de Junio de 1.983.** Planes de Estudios de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Estas Ordenes Ministeriales establecen las **Asignaturas** que cursan los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos** en sus estudios de carácter técnico, durante los Cursos que se imparten en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y tras los cuales se obtiene el correspondiente Título Oficial.

En relación con la especialidad antes citadas de **“Energética”**, y por su especial incidencia en la redacción de los Proyectos relacionados con la Energía Eléctrica, deben destacarse las **Asignaturas** de:

- **Electricidad y Electrotecnia**
- **Sistemas Eléctricos de Potencia**
- **Ingeniería Civil de Centrales**
- **Instalaciones Eléctricas**
- **Aprovechamientos Hidroeléctricos**

El contenido de estas Asignaturas es el que a continuación se detalla:

## **1.- ELECTRICIDAD Y ELECTROTECNIA**

### **Objetivos docentes**

El objetivo de esta asignatura es permitir al alumno: (1) conocer las leyes físicas que gobiernan el comportamiento del campo electromagnético, como base fundamental para la comprensión del funcionamiento de los equipos, máquinas e instalaciones eléctricas; (2) dominar la teoría de los circuitos eléctricos en corriente continua y corriente alterna y sistemas polifásicos, para poder analizar con posterioridad cualquier tipo de red eléctrica; (3) identificar cualquier tipo de máquina eléctrica conociendo sus aspectos básicos constructivos. Comprender las leyes físicas de generación de f.e.m. y el funcionamiento del circuito magnético; (4) conocer el funcionamiento del transformador de potencia y sus



aplicaciones en las instalaciones de obra, urbanizaciones, etc.; (5) Conocer el funcionamiento y aplicaciones de los motores de inducción; (6) Comprender el funcionamiento cualitativo de las máquinas síncronas y los motores de corriente continua; (7) describir los tipos básicos de Centrales eléctricas: hidráulicas, térmicas y nucleares; (8) estar pacitados capacitados para diseñar una red eléctrica de distribución de obra y urbanizaciones; (9) conocer los diferentes tipos de lámparas eléctricas y sus aplicaciones más importantes; y (10) saber realizar el proyecto de un alumbrado interior y diseñar un alumbrado público.

## **Programa**

### ***Parte I.- Electromagnetismo.***

#### **Tema 1. Leyes generales del campo electromagnético**

Magnitudes fundamentales. Densidad de carga volumétrica. Campo eléctrico. Densidad de corriente. Desplazamiento eléctrico, polarización, permitividad. Inducción magnética. Campo magnético, imanación, permeabilidad. Ley de conservación de la carga. Ecuación de continuidad. El campo electromagnético. Fuerza de Lorentz. Ecuaciones de Maxwell. Caracterización de los medios. Interpretación física de las ecuaciones de Maxwell.

#### **Tema 2. Divisiones del electromagnetismo**

Electrostática. Campo electrostático y potencial escalar. Capacidad y condensadores. Resistencia eléctrica. Electrocinética. Generadores de fuerza electromotriz. Magnetostática. Campo magnético. Inducción y potencial vector. Inductancia. Coeficientes de autoinducción e inducción mutua. Campos electromagnéticos variables. Corriente de desplazamiento y campo magnético. Ley de Faraday. Voltaje y diferencia de potencial. F.e.m.s. de autoinducción e inducción mutua. Convenio de punto. Ondas electromagnéticas. Potenciales retardados. Campos cuasiestacionarios. Balance energético en el campo electromagnético.



## ***Parte II.- Circuitos Eléctricos.***

### **Tema 3. Introducción a la teoría de los circuitos eléctricos**

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL ESTUDIO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS. Convenios de signos. Corriente eléctrica. Tensión. Diferencia de potencial. Potencia eléctrica. Elementos activos ideales. Fuentes o generadores. Tipos de excitación y formas de onda. Ondas periódicas: valores asociados. Elementos pasivos. Resistencia. Bobina. Inductancia. Condensador. Impedancia y admitancia operacional. Topología de redes: conceptos fundamentales. Lemas de Kirchhoff. Elementos activos reales. Asociación de elementos pasivos. Asociación y transformación de fuentes. Equivalencia estrella-triángulo. Teorema de Kennelly. Análisis de circuitos por el método de las mallas. Análisis de circuitos por el método de los nudos. Principio de superposición. Teoremas de Thévenin y Norton

### **Tema 4. Circuitos de corriente alterna sinusoidal**

Onda sinusoidal: generación y valores asociados. Representación compleja. Derivada e integral. El dominio del tiempo y de la frecuencia. Respuesta sinusoidal de los elementos pasivos. Impedancia y admitancia compleja. Análisis de circuitos en régimen permanente sinusoidal. Potencia en un circuito eléctrico en régimen de corriente alterna sinusoidal. Potencia compleja. Factor de potencia: importancia práctica. Corrección del factor de potencia. Medida de la potencia en corriente alterna. Transferencia máxima de potencia. Resonancia en corriente alterna

### **Tema 5. Circuitos trifásicos**

Generación de tensiones trifásicas. Conexión en estrella equilibrada. Conexión en triángulo equilibrado. Cargas desequilibradas. Potencia en sistemas trifásicos. Corrección del f.d.p. Medida de la potencia en sistemas trifásicos. Transporte de energía eléctrica: ventaja de los sistemas trifásicos frente a los monofásicos.



### ***Parte III.- Máquinas Eléctricas.***

#### **Tema 6. Circuitos magnéticos y conversión de energía.**

Materiales magnéticos. Diamagnetismo. Paramagnetismo. Ferromagnetismo y ciclo de histéresis. Leyes de los circuitos magnéticos. Energía y coenergía magnética. Pérdidas de energía en los núcleos ferromagnéticos. Pérdidas por histéresis. Pérdidas por corrientes de Foucault. Consecuencias tecnológicas. Circuitos magnéticos excitados con corriente alterna. Conversión de energía en sistemas magnéticos con movimiento de traslación. Electroimanes. Conversión de energía en sistemas magnéticos con movimiento de rotación.

#### **Tema 7. Principios generales de las máquinas eléctricas**

Elementos básicos de las máquinas eléctricas. Colector de delgas y colector de anillos. Devanados. Pérdidas y calentamiento. Potencia asignada o nominal. Tipos de servicio. Rendimiento. F.m.m. y campo magnético en el entrehierro de una máquina eléctrica. Campos giratorios. Teorema de Ferraris. Teorema de Leblanc. F.e.m. inducida en un devanado de una máquina eléctrica. Factores que afectan a la f.e.m. inducida en un devanado. Armónicos de f.e.m.: origen y eliminación. Clasificación general de las máquinas eléctricas. Análisis cualitativo de las principales máquinas eléctricas.

#### **Tema 8. Transformadores**

Principales aspectos constructivos. Principio de funcionamiento de un transformador ideal. Funcionamiento de un transformador real. Circuito equivalente de un transformador. Ensayos del transformador. Caída de tensión en un transformador. Pérdidas y rendimiento de un transformador. Corriente de excitación o de vacío de un transformador. Armónicos de la corriente de vacío. Corriente de conexión de un transformador. Transformadores trifásicos. Generalidades. Armónicos en las corrientes de excitación de transformadores trifásicos. Conexiones de los transformadores trifásicos. Acoplamiento en paralelo de transformadores. Autotransformadores. Transformadores con tomas. Transformadores de medida.



## **Tema 9. Maquinas asíncronas o de inducción**

Aspectos constructivos. Principio de funcionamiento. Circuito equivalente del motor asíncrono. Ensayos del motor asíncrono Balance de potencias. Par de rotación. Modos de funcionamiento de las máquinas asíncronas. Arranque. Motor de inducción monofásico.

### ***Parte IV-. Instalaciones Eléctricas.***

## **Tema 10. Centrales eléctricas**

Descripción general de un sistema eléctrico de potencia. Centrales Termoeléctricas. Centrales Nucleares. Centrales en España. Características del consumo. Reparto de cargas.

## **Tema 11. Líneas eléctricas**

Tipos de Líneas y conductores eléctricos. Parámetros. Cálculo de la sección de los conductores. Criterios de máxima elevación de temperatura y máxima caída de tensión. Cálculo de líneas de transporte de corriente continua Cálculo de líneas de transporte de corriente alterna Cálculo de redes de distribución. Determinación de la carga de una instalación eléctrica. Instalaciones Industriales. Instalaciones en viviendas. Centros de Transformación.

## **Tema 12. Luminotecnia e instalaciones de alumbrado**

Naturaleza de la luz. Magnitudes y unidades de medida. Diagramas y gráficos fotométricos. Coordenadas fotométricas y gráficos polares de distribución luminosa. Lámparas de incandescencia. Lámparas de descarga. Lámparas especiales. Proyecto de alumbrado de interiores. Proyecto de alumbrado de exteriores. Alimentación y control de las instalaciones de alumbrado. Alumbrado de viviendas. Alumbrado público.



## ***PRÁCTICAS DE LABORATORIO***

- 1. Aparatos e instrumentos de medida.**
- 2. Medidas eléctricas I:** Medidas de tensión, corriente y potencia en corriente continua y corriente alterna
- 3. Circuitos:** Circuitos de corriente continua Circuitos de corriente alterna
- 4. Medidas eléctricas II:** Osciloscopio y rectificación.
- 5. Aparata:** maniobra y protección.
- 6. Automatismo:** control y protección de motores.

## **2.- SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

### **Objetivos docentes**

Se pretende dotar al alumno de la capacidad suficiente para: (1) Comprender los aspectos generales relativos a la estructura y a la operación de un sistema de energía eléctrica. (2) Describir los aspectos más destacados del desarrollo y ordenación del Sector Eléctrico español. (3) Comprender los aspectos fundamentales del funcionamiento de una central hidroeléctrica. (4) Plantear y resolver el problema de la explotación óptima de una central hidroeléctrica. (5) Plantear y resolver el problema de la explotación óptima de un sistema con generación mixta hidráulica y térmica. (6) Comprender la metodología aplicable al problema de la programación de un sistema hidroeléctrico a corto, medio y largo plazo. (7) Comprender el funcionamiento del sistema de control de frecuencia de una central hidroeléctrica. (8) Determinar la respuesta dinámica de una central hidroeléctrica mediante simulación en ordenador. (9) Conocer la influencia de los parámetros de diseño de la central en su comportamiento en régimen transitorio. (10) Comprender los conceptos esenciales relativos a la generación y transformación de la energía eléctrica. (11) Comprender los aspectos esenciales del funcionamiento de las líneas y redes de transporte de energía eléctrica.



## **Programa**

### **Tema 1. Introducción. Sistemas de energía eléctrica.**

Evolución histórica. Estructura de los sistemas de energía eléctrica. Aspectos básicos de la operación del sistema: cobertura de la demanda; calidad de servicio. El sector eléctrico español; demanda de energía y potencia. El mercado eléctrico español. Transporte y distribución.

### **Tema 2. Centrales hidroeléctricas; sistema hidráulico.**

Configuración. Elementos de la instalación hidráulica. Turbinas hidráulicas: tipos; características de funcionamiento. Sistemas auxiliares.

### **Tema 3. Explotación óptima de sistemas hidroeléctricos**

Estudio de la explotación de una central hidroeléctrica. Aplicación de la programación lineal y no lineal. Centrales térmicas; despacho económico. Influencia de las pérdidas en el transporte. Sistemas con generación mixta hidráulica y térmica. Aplicación de la teoría del control óptimo: cálculo variacional; programación dinámica. Ecuaciones de coordinación. Consideración de las centrales reversibles. Cobertura de la demanda. Gestión de recursos hidroeléctricos. Explotación de sistemas hidroeléctricos en mercados liberalizados

### **Tema 4. Control de centrales hidroeléctricas.**

Sistema de control. Regulador de velocidad; modelo dinámico. Modelo del sistema hidráulico. Lazo de regulación primaria. Estabilidad dinámica. Simulación. Regulación secundaria.

### **Tema 5. Centrales hidroeléctricas; sistema eléctrico**

Características de la energía eléctrica. Generadores: generador síncrono; generador asíncrono. Transformadores. Sistema de valores por unidad. Diagrama unifilar.



## **Tema 6. Transporte de la energía. Redes eléctricas.**

Introducción. Líneas de transporte. Limitaciones del transporte en corriente alterna. Transporte en corriente continua en alta tensión. Redes de transporte: estudio de una interconexión; el problema del flujo de carga. Pérdidas en la red de transporte. Control de redes de transporte

### ***CLASES DE LABORATORIO***

- 1. Optimización de la explotación.** Aplicación a un embalse hidroeléctrico mediante programación dinámica y GAMS.
- 2. Simulación de la respuesta dinámica de una central hidroeléctrica.** Influencia de los parámetros de diseño.
- 3. Turbinas hidráulicas.** Generador síncrono; funcionamiento acoplado a una red de gran potencia. Funcionamiento en isla.

## **3.- INGENIERÍA CIVIL DE CENTRALES**

### **Objetivos docentes**

Esta asignatura se enfoca como la culminación de la formación especializada del alumno en materia de Ingeniería Energética. El objetivo docente es facilitar a los alumnos los conocimientos básicos necesarios para la redacción del proyecto y el proceso de construcción de los elementos de ingeniería civil en una Central Térmica de producción de energía eléctrica, en los dos casos de utilización de combustibles fósiles o nucleares. En particular se pretende dotar al alumno de la capacidad suficiente para desarrollar totalmente las competencias en lo que se refiere a (1) conocer los recursos energéticos, sus características, distribución, explotación y mercado, (2) conocer la geometría de los dos sistemas fundamentales de la central: el sistema de combustible y el de agua de refrigeración, (3) adquirir criterios para distribuir los elementos de la central en el área de emplazamiento, (4) conocer los imperativos constructivos que deberán ser respetados en el proyecto, tanto en el caso del conjunto como en el de los distintos generales para el proyecto : políticas , elementos, (5) familiarizarse con la



morfología y la tipología de la obra civil: cimentaciones, estructuras, cerramientos, interiores y centrales térmicas nucleares y convencionales, acabados, (6) dimensionar y verificar el pedestal del turbogenerador hasta potencias medianas, 7) informarse sobre los procedimientos y criterios de selección del emplazamiento de técnicas de construcción de los elementos peculiares, (8) conocer otras consideraciones generales para el proyecto: políticas, económicas y ambientales, (9) conocer los criterios de selección de emplazamiento de centrales térmicas nucleares y convencionales, (10) conocer los criterios de seguridad que condicionan el diseño de las centrales nucleares y (11) conocer las técnicas para el desmantelamiento de Centrales Nucleares.

## **Programa**

### ***Parte I.- Estudio de Recursos Energéticos***

#### **Tema 1. La energía.**

Unidades de medida. RDL 1296/1986 completado con RDL 1317/1989. Energía. Sectoriales. Poder calorífico: Superior. Inferior. Carbón. Petróleo. Gas. Energía eléctrica. Producción de energía. Definición. Cuantificación de la energía: Recursos. Clasificación. Reservas. Tipos: Posibles, probables y probadas. Ratios R/P. Conversión energética: Coste energético de conversión. Rendimiento de conversión. Almacenamiento de energía: Objetivos. Transporte de energía. Análisis del consumo energético: Energía primaria. Energía secundaria. El mercado energético mundial

#### **Tema 2. Equipamiento termoeléctrico español.**

Evolución de la energía secundaria en España. Estadísticas energéticas. Consumo de energía en España. Energía primaria. Energía secundaria. Análisis de la producción de energía eléctrica en España. Autoproducción. Potencia Instalada. Inversión. Dependencia pluviométrica. Desarrollo de la conversión eléctrica. Ley del sector eléctrico 54/97. Fundamentos. Organismos. Ley 34/98 del sector de hidrocarburos. Régimen especial. Resultados. Planificación energética en España para el 2002 -2011.



## ***Parte II. Diseño de Centrales Termoeléctricas***

### **Tema 3. Bases de diseño de una central termoeléctrica.**

Introducción: Decisión económico – política. Rentabilidad. Consideraciones en la Rentabilidad de la Inversión: Factores determinantes. Escenarios. Presupuestos y costes financieros. Dimensionamiento de la central: Mano de obra. Potencia. Autoproducción. Selección de combustible: Coste. Acceso. Residuos. Medioambiente. Selección del emplazamiento. Incidencia de la planta en el medioambiente: Presencia física. Efluentes de la central. Riesgo debido a accidentes. Aprovisionamiento de la central. Combustible. Agua de refrigeración. Evacuación de los efluentes: Residuos Sólidos y Gaseosos. Caudal de agua de refrigeración. Conclusiones.

### **Tema 4. Emplazamiento de centrales.**

Generalidades. Características de los emplazamientos de las centrales nucleares. Permiso de instalación: Normativa. Áreas de población. Clasificación de accidentes. Escala internacional de sucesos nucleares. Evaluación de accidentes potenciales. Criterios de aceptabilidad: Población. Sismicidad. Estudios meteorológicos e hidrológicos. Condiciones de cimentación. Suministro de combustible. Centrales Convencionales.

### **Tema 5. Sistemas fundamentales: agua de refrigeración, combustibles y productos de la combustión.**

Sistema de refrigeración de una central térmica. Generalidades. Sistemas de refrigeración. Modalidades. Torres de refrigeración. Procedimientos de refrigeración. Objetivo del proyecto de un sistema de refrigeración. Tipos de bombas. Refrigeración directa: Factores a considerar. Construcción. Torres de refrigeración en circuito cerrado. Sistemas de refrigeración mixto. Circulación de combustibles y cenizas. Introducción. Combustibles sólidos. Parque de carbones: Autocombustión. Normas de apilamiento. Transporte. Combustibles fluidos: Almacenamiento. Sistemas implicados. Mantenimiento. Instalación de escorias y cenizas: Trituradores de escorias. Transportador de banda sumergida. Tratamiento de cenizas. Evacuación final de los residuos.



## **Tema 6. Disposición de la central:**

Centrales convencionales. Introducción: Objetivos. Anteproyecto. Tipos de centrales. Clasificación. Disposición básica de la central. Disposición de los elementos. Objetivos del proyecto. Disposición del grupo turbo-generador. Disposición del control de la central. Tuberías de alta presión. Disposición del edificio de la caldera. Disposición del edificio de turbinas. Cuadro auxiliar. Puente Grúa. Oficinas y servicios. Volumen construido.

## **Tema 7. Disposición de la central: Centrales nucleares**

Tipos de centrales: Clasificación. Moderador-refrigerante. Potencia. Refrigeración. Edificios de la central nuclear: Sala de turbinas, Sistema de combustible, Edificio del reactor, Edificio del combustible y auxiliar, Disposición de la central, Situación de los edificios. Edificio del reactor: Arquitectura, Objetivos, Contenidos. Vasija del reactor: Funciones, Arquitectura, Cierre, PWR, BWR, Barras moderadoras. Sistemas de seguridad de emergencia: Objetivo, BWR. Edificio de contención. Pozo seco. Arquitectura. Funciones. Cámara de suspensión. Orificios de venteo y pared del rebosadero. Piscina de amortiguación. PWR. Sistemas. Piscina superior. Ubicación. Objetivo. Comportamientos. Sistema de combustible. Edificio de combustible. Sistema de generador de vapor. Edificio auxiliar.

## **Tema 8. Cimentaciones**

Objetivo. Investigación del suelo. Informe geotécnico. Relación entre la cimentación y la disposición. Asiento diferencial. Bases aisladas de pilares. Zapatas emparrilladas. Cimientos flotantes. Cimientos celulares. Cimentación por pilotes. Ensayo de pilotes. Cimientos superficiales para cierres. Cimentación del edificio de calderas. Cimentación de la casa de máquinas. Canales de cenizas y pozos de cenizas. Pozos de descarga de carbones. Chimenea. Investigación del suelo. Pozos. Sondas. Sondeos a percusión y brocas. Ensayos de penetración y cohesión. Ensayo de aspas.

## **Tema 9. Pedestal del grupo turbogenerador**

Métodos de cálculo de la cimentación del Turboalternador.



**Tema 11 Superestructuras.**

**Tema 12 Criterios de seguridad nuclear.**

**Tema 13 Edificio de contención.**

**Tema 14 Evacuación de residuos radioactivos.**

**Tema 15 Desmantelamiento de Centrales Nucleares.**

#### **4.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

##### **Objetivos docentes**

Se pretende profundizar en la capacidad del alumno para: (1) describir la configuración y componentes principales de las líneas eléctricas; (2) comprender el funcionamiento de las líneas en régimen permanente, los procedimientos principales de regulación de tensión y los efectos del campo electromagnético de las líneas; (3) realizar el dimensionamiento y comprobación de las líneas de una instalación de distribución; (4) realizar el cálculo eléctrico y mecánico de los conductores de una línea, aplicando el Reglamento correspondiente; (5) calcular las corrientes de cortocircuito en una instalación de distribución; (6) conocer los sistemas auxiliares de alimentación de energía eléctrica y los accionamientos a velocidad variable; (7) definir un sistema de protecciones adecuado para una instalación de distribución, con los ajustes correspondientes; (8) comprender los aspectos esenciales de la protección frente a sobretensiones en instalaciones de distribución; (9) comprender el funcionamiento de las instalaciones de puesta a tierra y realizar su dimensionado; (10) comprender los procedimientos de protección frente a contactos en una instalación de distribución; (11) comprender el funcionamiento de los sistemas lógicos y conocer las características esenciales de los autómatas programables; (12) conocer la configuración general y elementos esenciales de un centro de transformación.



## **Programa**

### **Tema 1. Líneas eléctricas**

Tipos de líneas y conductores eléctricos. Líneas aéreas: consideraciones generales; elementos utilizados en las líneas aéreas. Reglamento LAAT. Líneas subterráneas: cables aislados; tipos de instalación. Norma NTE-IER “Red Exterior”.

### **Tema 2. Estudio del régimen permanente**

Parámetros de las líneas. Circuito equivalente. Línea corta. Regulación de la tensión. Efectos del campo electromagnético de las líneas.

### **Tema 3. Cálculos eléctricos de las líneas**

Densidad de corriente en los conductores: intensidad admisible en régimen permanente; intensidad admisible de corta duración. Caídas de tensión: consideraciones generales; cálculo de una instalación industrial; cálculo de distribuidores. Tipos de solicitaciones dieléctricas. Sobretensiones atmosféricas. Nivel de aislamiento. Distancias de seguridad. Resistencia de difusión de las puestas a tierra.

### **Tema 4. Cálculo mecánico de las líneas aéreas**

Estudio mecánico del hilo tendido. Tensiones, flecha y longitud de arco de catenaria. Líneas con vanos especiales. Vano de regulación. Acciones a considerar en el cálculo de líneas. Ecuación del cambio de condiciones de un hilo tendido. Abacos de Blondel. Aplicación del Reglamento. Tensión de cada día. Tablas de tendido. Trazado y replanteo de las líneas eléctricas. Distribución de apoyos.

### **Tema 5. Cálculo de corrientes de cortocircuito**

Sistema de valores por unidad (p.u.). Potencia de cortocircuito. Análisis del cortocircuito trifásico. Valores característicos de la corriente de cortocircuito. Efectos de las corrientes de cortocircuito: esfuerzos electrodinámicos; efectos térmicos. Análisis de fallos asimétricos.



## **Tema 6. Protecciones**

Protección frente a sobrecargas. Aparatos de corte: características, tipos, selectividad. Protección frente a sobrecargas. Protección frente a cortocircuitos. Selección de los dispositivos de protección. Protección frente a sobretensiones: protección exterior, protección interior.

## **Tema 7. Instalaciones de puesta a tierra**

Conceptos básicos. Parámetros de una instalación de puesta a tierra. Tipos de puesta a tierra. Esquemas de distribución. Estimación de la resistencia de una puesta a tierra. Criterios de dimensionamiento de las instalaciones de puesta a tierra. Separación entre las distintas tomas de tierra. Fenómenos de corrosión. Medidas en instalaciones de puesta a tierra.

## **Tema 8. Protección frente a contactos**

Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica. Criterios de seguridad. Contactos directos e indirectos. Protección frente a contactos directos. Protección frente a contactos indirectos por corte automático de la alimentación: esquemas TT, TN e IT. Protección frente a contactos indirectos sin corte automático de la alimentación.

## **Tema 9. Automatismos**

Sistemas lógicos. Automatas programables.

## **Tema 10. Centros de transformación**

Clasificación. Disposición general. Tipos de celdas. Aparataje y equipos. Dimensionamiento. Reglamento: instrucciones MIE-RAT.



### *Clases Prácticas*

- 1. Accionamientos.** Alimentaciones de emergencia
- 2. Líneas eléctricas.** Cálculo eléctrico y cálculo mecánico
- 3. Protección frente a sobreintensidades.** Protección frente a contactos indirectos.

## **5.- APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS**

### **Objetivos docentes**

El objetivo de esta asignatura es especializar al promover y gestionar los correspondientes alumno en la planificación, proyecto, proyectos, (3) redactar el proyecto de construcción, explotación y mantenimiento de construcción centrales hidroeléctricas, (4) dirigir centrales hidroeléctricas, desarrollando sus la construcción de las mismas, y (5) gestionar, competencias en lo que se refiere a: (1) conservar, explotar y reparar los concebir, estudiar la viabilidad y anteproyectar aprovechamientos hidroeléctricos. aprovechamientos hidroeléctricos, (2) planificar,

### **Programa**

#### ***Parte I. Planteamientos Generales***

#### **Tema 1. Conceptos básicos.**

Potencial bruto. Saltos de pie de presa. Saltos en derivación o fluyentes. Salto con presa y conducción en presión. Potencia y energía efectivas. Problemas derivados de la variabilidad de caudales. Componentes de un aprovechamiento hidroeléctrico. La energía hidroeléctrica y el medio ambiente. Mercado eléctrico. Tendencia actual. Valoración de los proyectos hidroeléctricos.



## **Tema 2. Dimensionamiento de los aprovechamientos hidroeléctricos.**

Proceso de definición de un proyecto hidroeléctrico. Criterios de evaluación. Criterios de dimensionamiento. Centrales fluyentes. Centrales con regulación. Capacidad de embalse. Potencia instalada. Centrales con embalse de uso múltiple. Optimización de la conducción. Conducción en lámina libre. Conducciones en presión. Captaciones. Evaluación de proyectos. Influencia del mercado. Estudio financiero.

### *Parte II. Obras de toma y conducción*

## **Tema 3. Tomas.**

Tipología. Ubicación. Embocadura. Desarenadores. Rejas. Limpiarrejas. Transición. Sección de compuertas. Pérdida de carga. Sumergencia.

## **Tema 4. Canales y túneles en presión**

Canal exterior. Canal en túnel. Acueductos y sifones. Revestimiento. Introducción. Consideraciones sobre la inclinación del revestimiento. Espesor. Juntas. Drenaje. Sección tipo. Cámara de carga. Procedimientos de excavación. Explosivos. Trazado en planta. Trazado en perfil. Sección tipo. Sostenimiento provisional. Revestimiento. Espesor. Túneles sin revestimiento.

## **Tema 5. Chimeneas de equilibrio y golpe de ariete.**

Finalidad. Funcionamiento. Cierre. Apertura. Consideraciones sobre el dimensionamiento. Tipos de maniobra. Chimenea simple. Chimenea con cámaras. Chimenea con estrangulamiento. Chimenea diferencial. Cámaras de aire comprimido. Chimeneas en la descarga. Cálculo analítico. Cálculo numérico. Estrangulamiento óptimo. Ecuaciones generales del golpe de ariete. Ecuaciones simplificadas. Cierre rápido. Cierre lento. Apertura lenta. Método de las características. Válvula en la descarga y válvulas intermedias. Transitorios ocasionados por las turbinas.

## **Tema 6. Tuberías en presión**

Materiales. Criterios de dimensionamiento. Trazado. Apoyos. Macizos de anclaje. Piezas especiales. Codos. Bifurcaciones. Control de calidad. Protección anticorrosiva.



### *Parte III. Centrales Hidroeléctricas*

#### **Tema 7. Dimensionamiento y selección de turbinas**

Análisis energético. Velocidad específica. Velocidad síncrona. Velocidad de embalamiento. Cavitación. Tipos de turbinas. Turbinas Pelton. Turbinas Francis. Turbinas Kaplan. Turbinas bulbo. Turbinas Deriaz. Selección del tipo de turbina. Disposición. Dimensionamiento de las turbinas. Comparación de turbinas.

#### **Tema 8. Alternadores , equipos y sistemas auxiliares**

Componentes principales. Rotor. Estator. Eje. Cojinetes. Crucetas. Frenos. Refrigeración. Sistema de excitación. Montaje. Válvulas de protección. Ataguía en la descarga. Equipo de elevación. Sistema de agua de refrigeración. Sistema de drenaje. Sistema de aire comprimido.

#### **Tema 9. Centrales.**

Tipología. Número de grupos. Centrales exteriores. Centrales de pie de presa. Centrales separadas de la presa. Centrales subterráneas. Centrales en pozo. Centrales reversibles. Configuración general de un esquema reversible. Minicentrales. Minicentrales de nueva planta. Rehabilitación o ampliación de aprovechamientos existentes. Aprovechamiento de infraestructuras existentes

6º.- **Real Decreto 1425/1991 de 30 de Agosto.** Establece el Título universitario oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y las Directrices generales propias de los Planes de Estudios conducentes a la obtención de este título.

En este Real Decreto se determinan las **Materias Troncales** de obligatoria inclusión en todos los Planes de Estudios conducentes a la obtención del **Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.**

Por su relación con la tecnología específicamente aplicable a los **Proyectos relacionados con la Energía Eléctrica** deben destacarse, entre otras, las siguientes **Materias Troncales** propias del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos:



- “Fundamentos Físicos de la Ingeniería Mecánica.- Fenómenos Ondulatorios. Electricidad. Termodinámica”.
  
- “Obras y Aprovechamientos Hidráulicos y Energéticos.- Obras Hidráulicas. Sistemas de Recursos Hidráulicos. Aprovechamientos hidroeléctricos. Sistemas energéticos. Presas de embalse”.
  
- “Organización y Gestión de Proyectos y Obras.- Proyectos de Ingeniería. Gestión de Proyectos y Obras. Procedimiento y Maquinaria de Construcción”.

De todo lo que antecede se deduce que los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos están capacitados para actuar en todas las materias cursadas en sus estudios, que son las que establecen en los Decretos y Órdenes ministeriales anteriormente señalados, constituyendo esta afirmación no una interpretación subjetiva y particular del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, sino una manifestación del propio **Tribunal Supremo**, según lo ha declarado en sus Sentencias de 26 de Febrero de 1.966, 24 de Marzo de 1.975, 25 de Septiembre de 1.979 y 1 de Abril de 1.985, que constituyen jurisprudencia.

Por todo lo hasta aquí expuesto, el presente Informe debe de concluirse afirmando que los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos** están plenamente capacitados, legal y técnicamente, para redactar **Proyectos relacionados con la Energía Eléctrica**.

Madrid, a 16 de Noviembre de 2007.





## **INFORME SOBRE LA COMPETENCIA DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS PARA REDACTAR PROYECTOS DE CENTRALES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

---

- I.- **La Energía Solar y los Módulos Fotovoltaicos.**
- II.- **Finalidad y contenido esquemático de los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica.**
- III.- **Competencia legal y técnica de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos para redactar Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, en base a sus especialidades de Energética y de Estructuras, entre otras.**

### **I.- LA ENERGÍA SOLAR Y LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

La **Energía Solar** se viene aplicando desde la antigüedad clásica en destiladores solares e invernaderos, alcanzando su apogeo en este último uso a partir del siglo XVIII con el desarrollo de la industria del **vidrio**.

A finales del siglo XIX y primer tercio del siglo XX aparecieron los reflectores de espejos y los colectores de placas planas que aprovechan la energía solar por concentración en zonas. A partir de 1950 se desarrollan las células de **silicio** que transforman directamente la energía solar en electricidad.

La **Energía Solar** es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de la descomposición de elementos pesados en otros más ligeros, con emisión de partículas rápidas que contienen una gran cantidad de energía, y llega a la Tierra a través del espacio en forma de fotones. Los fotones son las partículas que constituyen la luz.



El hombre emplea la **Energía Solar** para usos térmicos, tras captarla mediante colectores, o para generar electricidad mediante células integradas en módulos fotovoltaicos.

Los **Módulos Fotovoltaicos** son el conjunto, esencialmente plano, de **células solares** y elementos auxiliares tales como terminales y dispositivos de protección.

En el momento actual las células solares son (en un 98 por ciento) de **silicio** ultrapuro.

El módulo fotovoltaico lleva una cubierta exterior, generalmente de **vidrio** templado, que lo protege de la acción de los agentes atmosféricos; una placa posterior cuya misión fundamental es proteger las células contra la humedad; un material encapsulante, de alta transmisión a la radiación solar, que protege el conjunto de células y contactos frente a las vibraciones; y un marco soporte, de **acero** o **hierro**, que presta rigidez mecánica al conjunto y permite su inserción en **estructuras** que agrupan a varios módulos.

## II.- FINALIDAD Y CONTENIDO ESQUEMÁTICO DE LOS PROYECTOS DE CENTRALES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

La finalidad de estos proyectos es la de definir una **instalación solar fotovoltaica**, cuyo objeto es la generación y suministro de electricidad mediante el aprovechamiento del Sol como fuente a su vez de **energía** limpia y renovable, a través de **módulos fotovoltaicos**.

La instalación proyectada se puede situar en una **estructura** de **acero** o **hierro** que albergue los paneles o módulos fotovoltaicos.

Los componentes básicos de la instalación pueden ser, de forma esquemática, los siguientes:

### 1.- Los módulos fotovoltaicos

Los **módulos fotovoltaicos** están constituidos por **células solares** cuadradas de **silicio** policristalino de alta eficiencia, capaces de producir energía con tan sólo un 4-5 por ciento de radiación solar.



La construcción de estos módulos con la parte frontal de **vidrio** hace posible su funcionamiento continuado en las condiciones ambientales más rigurosas y adversas.

Las **células solares** estarán protegidas contra la humedad, los golpes y la suciedad por un frontal de **vidrio** templado y antirreflectante, y por una lámina posterior que asegura la estanqueidad de la instalación.

## **2.- Los Inversores de conexión a la red**

Los **Inversores de conexión a la red** son equipos diseñados para traspasar a la red eléctrica la **energía** producida por medio del módulo fotovoltaico.

Los inversores pueden estar situados debajo de los módulos fotovoltaicos y junto a la caja de conexiones, debidamente sujetos a la **estructura**.

## **3.- Las Protecciones Generales**

Dentro del esquema de las **Protecciones Generales** que requieren estas instalaciones, deben citarse las siguientes:

- Descargadores de sobretensiones
- Interruptor Diferencial General
- Interruptor Automático General
- Contactor Automático General
- Protecciones incorporadas en el Inversor

## **4.- El Cuadro de Conexiones**

En este capítulo cabe la inclusión de los siguientes elementos:

- Cajas de corriente continua
- Cuadro General
- Cuadro de Salida
- Equipos de medida
- Líneas de conexión
- Puesta a tierra



El Cuadro General y el Cuadro de Salida deberán estar situados en un habitáculo debidamente acondicionado, frente a la humedad y a las inclemencias del tiempo.

### **5.- La Estructura soporte de los módulos fotovoltaicos**

La **Estructura soporte** de los módulos fotovoltaicos deberá ser calculada según la Norma en vigor (hoy MV-103) para soportar las posibles cargas extremas causadas por factores climatológicos adversos.

Si la **Estructura soporte** estuviese construida con perfiles de **acero laminado conformado en frío**, deberá cumplirse lo estipulado en la Norma vigente (hoy MV-102) para garantizar sus cualidades de carácter mecánico y su composición química.

En el supuesto de que la **Estructura soporte** fuese de **hierro galvanizado en caliente** deberá cumplirse lo establecido en las Normas en vigor (hoy UNE 37-501 y UNE 37-508).

La **Estructura soporte** deberá estar anclada al suelo mediante zapatas de **hormigón armado**, que serán calculadas según las Normas Tecnológicas de la Edificación para garantizar la inamovilidad de la propia estructura y de los módulos fotovoltaicos, con la finalidad de que la inclinación se mantenga invariable en el transcurso del tiempo.

\* \* \* \* \*

Los apartados hasta aquí expuestos definen, de forma esquemática, el posible contenido de los **Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica**; y a su vez, nos indican las **materias** cuyo conocimiento es necesario legalmente para la elaboración de estos Proyectos.

Como a continuación se demostrará, el **Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos** otorga a sus poseedores, miembros de este Colegio Profesional, la **competencia legal y técnica necesaria** para redactar y suscribir los Proyectos anteriormente señalados, en plenitud de derechos y atribuciones.



**III.- COMPETENCIA LEGAL Y TÉCNICA DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS PARA REDACTAR PROYECTOS DE CENTRALES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, EN BASE A SUS ESPECIALIDADES DE ENERGÉTICA Y DE ESTRUCTURAS, ENTRE OTRAS.**

Del examen del ordenamiento jurídico vigente viene a resultar que el **Título Oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos** faculta a sus poseedores, miembros de este Colegio, para redactar **Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica**, en plenitud de derechos y atribuciones, en base a sus especialidades de **Energetica** y de **Estructuras** entre otras.

Bajo este concepto deben incluirse las Instalaciones cuya finalidad es la generación y suministro de **energía** mediante el aprovechamiento del Sol como fuente a su vez de **energía** limpia y renovable, a través de módulos fotovoltaicos.

La competencia legal y técnica de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en esta materia tiene su fundamento en las siguientes **disposiciones** de nuestro ordenamiento jurídico:

**1º.- Decreto-Ley de 20 de Septiembre de 1.926.** Reglamento de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su artículo 14 se establece que “*se consideran como de la competencia especial de la profesión el estudio, proyecto, ejecución, conservación y explotación de las construcciones en general y de las obras, máquinas e instalaciones necesarias para toda clase de comunicaciones y transportes y para los aprovechamientos hidráulicos, terrestres y marítimos de todo género, con inclusión de las obras y servicios de saneamiento y defensa y de las transformaciones y transportes de energía, como igualmente las preparatorias y complementarias que con ellas tengan relación*”.

Como puede apreciarse, los **Proyectos de Instalaciones relativos a las transformaciones de energía** son considerados, por una norma con rango de Decreto-Ley, de la **competencia especial de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.**



2º.- **Orden Ministerial de 17 de Octubre de 1934.** Reglamento de los Laboratorios de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su artículo 1º se establecen los Laboratorios de Enseñanza de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, a los que corresponden las Secciones siguientes:

- a) Laboratorio de Hidráulica.
- b) Laboratorio de **Electricidad.**
- c) Laboratorio de **Química y Materiales de Construcción.**
- d) Laboratorio de **Termotecnia.**
- e) Laboratorio de **Física y Automática.**
- f) Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

Por su incidencia en los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica deben destacarse los Laboratorios de **Electricidad**, de **Química y Materiales de Construcción**, de **Termotecnia**, y de **Física y Automática**, a través de los cuales los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos obtienen una completa formación en las diversas **materias técnicas** cuyo conocimiento es necesario para la elaboración de este tipo de Proyectos.

A este respecto, deben destacarse los ensayos y las prácticas que se realizan en estos Laboratorios en las materias de **Química del Silicio y del Vidrio; Materiales de Construcción** (como el Hormigón, los Aceros, y el Aluminio); **Electricidad; Electrotecnia; Radiación Térmica; Termotecnia; y Mecánica.**

Todas estas **materias** son **propias del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**, y confieren a estos profesionales una **plena competencia legal y técnica** para la realización de aquellos trabajos que estén basados en las referidas materias, como ocurre en el presente caso con los **Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica.**

3º.- **Decreto de 23 de Noviembre de 1.956.** Reglamento Orgánico del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La jurisprudencia del Tribunal Supremo viene reconociendo, de forma reiterada, la vigencia del Artículo 1º de este Decreto, y en su Sentencia de 24 de Enero de 1986 *ha declarado expresamente que “es forzoso concluir que la competencia de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la esfera privada ha de entenderse comprendida en los mismos términos enumerados en el art. 1º del Reglamento de mil ochocientos sesenta y tres*



*y de mil novecientos cincuenta y seis, que no han sufrido alteración a lo largo de un siglo”.*

En el Artículo 1º de este Decreto de 23 de Noviembre de 1956 se dispone que *“corresponde a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos....el estudio, dirección, inspección, vigilancia y construcción de las obras:...*

*5º.- De cuanto se relaciona con las **instalaciones y servicios eléctricos** de general uso y aprovechamiento.”*

Este precepto otorga a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos la necesaria competencia legal y técnica para realizar **proyectos de instalaciones y servicios eléctricos** de general uso y aprovechamiento, y por consiguiente les faculta para realizar las instalaciones de las **Centrales de Energía Solar Fotovoltaica**.

**4º.- Ley de 20 de Julio de 1957.** Ley de Enseñanzas Técnicas

En su Artículo 4.2 se dispone que *“el título de Arquitecto o Ingeniero representa la plenitud de titulación en el orden profesional para el ejercicio de la técnica correspondiente, tanto en la esfera privada como en el servicio del Estado”*

La referida Ley de 20 de Julio de 1957 fue expresamente invocada por el Tribunal Supremo en su Sentencia de 26 de Febrero de 1966, para afirmar que el título expedido por cada Escuela de Ingenieros autoriza *“para el ejercicio de la técnica correspondiente objeto de su enseñanza”*.

**5º.- Decreto 1296/1965 de 6 de Mayo.** Especialidades de la Escuelas Técnicas de Grado Superior.

El Artículo 1º otorga a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, entre otras, las especialidades de **“Energética”** y de **“Estructuras”**, a considerar de forma primordial en la redacción de **Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica**.

Como a continuación se detallará al tratar los Planes de Estudios de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, la **“Energía Fotovoltaica”** forma parte inseparable de la especialidad de **“Energética”**, y es una materia que se estudia en todas las Escuelas de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en el capítulo específico de las **“Energías renovables”**.



Asimismo, la especialidad de “**Estructuras**” constituye una materia que tiene una indudable aplicación en todos los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, tanto en las **estructuras** que sirven de **soporte a los módulos fotovoltaicos**, como en las demás construcciones propias de estas Centrales energéticas.

6º.- **Órdenes Ministeriales de 29 de Mayo de 1.965, 2 de Junio de 1.969, 14 de Junio de 1.982, 30 de Septiembre de 1.982, 31 de Mayo de 1.983 y 27 de Junio de 1.983.** Planes de Estudios de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Estas Órdenes Ministeriales establecen las Asignaturas que cursan los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en sus estudios de carácter técnico, durante los Cursos que se imparten en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y tras los cuales se obtiene el correspondiente Título Oficial.

En relación con las especialidades antes citadas de “**Energética**” y de “**Estructuras**”, por su especial incidencia en la redacción de Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, deben destacarse, entre otras, las **Asignaturas** de:

### 1.- **Termodinámica. Sistemas Energéticos.**

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian con el máximo detalle la “**Energía Fotovoltaica**” en el capítulo de las “Energías renovables”, y también la “**Energía Solar Térmica de baja, media y alta temperatura**”

### 2.- **Química.**

En esta Asignatura se estudian el “**Silicio**” y los “**Vidrios**”, en el capítulo de la “Química del Silicio”; y también la Sílice, los Silicatos, Siliconas, Arcillas, Materiales cerámicos y Cementos.

Todos estos materiales, como ya se ha expuesto con anterioridad en este informe, son necesarios en las instalaciones de las Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, especialmente el “**Silicio**” y el “**Vidrio**”, ya que son parte esencial de los **módulos fotovoltaicos**, que están constituidos por células solares cuadradas de **Silicio** policristalino, y protegidos por un frontal de **Vidrio** templado y antirreflectante.



### 3.- Física

En esta asignatura se estudian, entre otras, las siguientes materias directamente relacionadas con las Centrales de Energía Solar Fotovoltaica:

- **Termodinámica**: Propiedades térmicas de la materia. Primer principio. Segundo principio. Equilibrio entre Fases. Humedad. Transporte de calor.

- **Electricidad**: Electrostática. Magnetostática. Corriente continua. Inducción electromagnética. Corrientes variables. Corriente alterna.

- **Radiación térmica**

### 4.- Sistemas de Representación y Análisis Matemático

En estas Asignaturas los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos se especializan, entre otras materias, en “**Trigonometría esférica**”, en la que se estudia el cálculo de los elementos de los triángulos esféricos, cuyo conocimiento es necesario para la redacción de Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica.

### 5.- Materiales de construcción

En esta Asignatura se tratan en profundidad los diversos materiales de construcción, entre los que figuran el **Vidrio**, el **Hormigón** y todos los **Metales**.

Estos materiales, como ya se ha indicado con anterioridad en este informe, intervienen y son necesarios en la construcción de las Centrales de Energía Solar Fotovoltaica.

### 6.- Electricidad y Electrotecnia

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian las siguientes materias que guardan una relación directa con los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica:

- **Electromagnetismo**: Ecuaciones generales del campo electromagnético. Leyes de Maxwell. Electrostática. Magnetostática. Campos variables F.e.m. inducida. Ley de Faraday. Energía almacenada: Teorema de Poynting.



**-Circuitos eléctricos:** Circuitos de c.c. Leyes de Kirchhoff. Teoremas fundamentales. Circuitos de c.a. Factor de potencia. Potencia compleja. Circuitos trifásicos. Conexiones estrella y triángulo. Sistemas equilibrados y desequilibrados. Componentes. Simétricas.

**-Circuitos magnéticos:** Ferromagnetismo y ciclo de histéresis. Pérdidas de energía en los núcleos ferromagnéticos. Leyes de circuitos magnéticos.

**-Máquinas eléctricas:** Aspectos generales de las máquinas. Transformadores. Máquinas asíncronas. Máquinas síncronas. Máquinas de c.c.

**-Instalaciones eléctricas:** Centrales eléctricas. Líneas eléctricas. Cálculo de las secciones de los conductores. Redes de distribución. Luminotécnica e instalaciones de alumbrado.

## 7.- **Sistemas Eléctricos de Potencia**

En esta Asignatura se estudian, entre otras, las siguientes materias que, al igual que las anteriores, están directamente relacionadas con el contenido de los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica:

**-Sistemas de energía eléctrica:** Estructura y componentes

**-Estudio de las variaciones de carga:** Modelos dinámicos. Función de transferencia. Dinámica de la tubería forzada. Respuesta a un escalón de carga.

**-Control frecuencia-potencia:** Reparto de carga entre grupos acoplados. Regulación de frecuencia en las redes.

**-Planificación de sistemas de energía eléctrica:** Previsión de la demanda. Calidad de servicio. Simulación de la explotación. Coste de producción.

**-Optimización:** Función objetivo. Restricciones. Métodos de optimización. Programación dinámica.

**-Explotación de sistemas de energía eléctrica:** Programación a largo, medio y corto plazo. Despacho económico.

**-Red de transporte:** Estudios de flujo de carga. Limitaciones de la capacidad de transporte.



## 8.- Instalaciones Eléctricas

En esta Asignatura se estudian también las siguientes materias, todas ellas de directa aplicación en los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica:

**-Sistemas de distribución de energía eléctrica:** Previsión de cargas. Configuraciones. Subestaciones y centros de transformación. Instalaciones eléctricas en las obras públicas.

**-Líneas eléctricas aéreas y subterráneas:** Parámetros. Funcionamiento en régimen permanente. Determinación de las caídas de tensión. Fenómenos de propagación.

**-Cálculo mecánico de cables:** Distancias de seguridad. Cadenas de aisladores. Distribución de apoyos en el trazado. Reglamentos.

**-Cortocircuito:** Evolución de la corriente de cortocircuito. Metodología para el análisis del cortocircuito simétrico. Valores característicos de las corrientes de cortocircuito. Cortocircuitos asimétricos.

**-Protecciones:** Relés de protección. Aparatos de mando e interrupción. Protección de máquinas eléctricas. Protección de instalaciones receptoras. Protección de líneas y redes. Protección frente a sobretensiones.

**-Regulación y control de procesos:** Automatismos. Control secuencial. Sistemas de control por ordenador. Telecontrol.

## 9.- Cálculo de Estructuras

En esta Asignatura, los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos se especializan en las siguientes materias, que son también de directa aplicación al contenido de los Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, en el apartado concreto de las **Estructuras** que sirven de soporte a los módulos fotovoltaicos y de las **Estructuras** de los propios módulos:

**-Estructuras articuladas:** Estructuras isostáticas: cálculo de movimientos, deformaciones impuestas. Estructuras hiperestáticas: cálculo de esfuerzos, cálculo de movimientos. Líneas de influencia.

**-Estructuras reticuladas:** Ecuaciones de estado de la pieza: coeficientes de rigidez y transmisión. Estructuras intraslacionales. Método de Cross: coeficientes de reparto, cálculo de esfuerzos, simplificaciones. Estructuras traslacionales: ecuaciones de equilibrio, cálculo de movimientos. Líneas de influencia.



**-Cálculo matricial:** Ecuaciones de estado de barra: estructura articulada, estructura reticulada, emparrillado. Ecuación de estado de la estructura: matriz de rigidez, vector de cargas. Condiciones de contorno. Matriz de equilibrio. Matriz de conexión.

**-Cálculo de placas:** Ecuación de estado. Resolución directa: placas circulares. Métodos armónicos: método de Navier, método de Levy-Nadai. Métodos numéricos: diferencias finitas.

**-Cálculo de láminas:** Ecuaciones de estado. Estado membrana. Estado lámina.

**-Método de los elementos finitos:** Teoremas energéticos. Planteamiento del método: funciones de forma, interpolación de movimientos, interpolación de deformaciones, comportamiento del material, matrices de rigidez elementales, ecuación de estado de la estructura.

## **10.- Estructuras Metálicas**

En esta Asignatura se estudian especialmente los **Aceros** y los **productos de Acero**, que también intervienen en la construcción de las Centrales de Energía Solar Fotovoltaica.

Su contenido es el siguiente:

**-Aceros** : Momentos de inercia. Productos de Acero. Criterios, Tresca, Mises, Tracción. Iniciación rotura frágil. Flexión. Tensiones tangenciales. Plasticidad. Estados límites. Seguridad. Introducción. Pandeo. Piezas reales. Método w. Dimensionado y comp. biarticulados simples. Curvas Europeas. Condiciones de vinculación. Método energético. Piezas compuestas. Cargas. Tipología flexión. Boyd. Torsión. Ecuación general de pandeo. Torsión alabeo. Pandeo por torsión. Pandeo lateral. Abolladura. Comportamiento uniones. Tipos de tornillos. Uniones atornilladas. Tecnología soldadura. Uniones soldadas. Tipología. Edificios. Estructuras singulares. Naves. Tipología. Puentes.

## **11.- Edificación y prefabricación**

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian las siguientes materias, todas ellas también directamente



relacionadas con la construcción de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, en sus apartados **estructurales** y de **edificación**:

**-Planteamiento general.** Movimiento de tierras.

**-Estructuras de hormigón:** Muros Cimentaciones. Pórticos y Entramados. Forjados y Escaleras. Pantallas y Núcleos. Control de calidad de estructuras de hormigón.

**-Estructuras metálicas y mixtas:** Control de estructuras metálicas y mixtas.

**-Estructuras de fábrica:** Control de calidad de fábricas.

**-Albañilería y acabados:** Cerramientos de Fachada. Tabiques. Revestimientos de suelos. Revestimientos de paramentos. Revestimientos de techos. Carpintería y vidriería. Azoteas. Cubiertas (I). Cubiertas (II). Barandillas. Persianas. Cierres. Celosías.

**-Instalaciones:** Fontanería y saneamiento. Electricidad. Climatización. Instalaciones de gas. Instalaciones varias.

**-Edificaciones singulares.**

**-Prefabricación.**

**-La documentación y la información en edificación y prefabricación.**

## **12.- Hormigón Armado y Pretensado I y II**

En estas Asignaturas se estudian las materias que a continuación se detallan, también de directa aplicación a la construcción de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica, tanto en los posibles **anclajes al suelo de las estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos**, como en otros **elementos estructurales y de edificación** de estas Centrales:

**-Hormigón Armado:** Introducción al hormigón armado. Propiedades generales del hormigón y del acero. Características resistentes del hormigón. Características reológicas del hormigón. Características resistentes del acero. Concepto de seguridad. Acciones. Diagramas tensión-deformación de cálculo para el hormigón y para el acero. Comportamiento de piezas prismáticas. Estados límites últimos. Solicitaciones normales. Anclaje. Cortante. Inestabilidad. Torsión. Punzonamiento. Estados límite de servicio. Fisuración. Deformaciones. Construcción. Control de calidad. Patología.



**-Hormigón Pretensado:** Concepto general del pretensado. Utilización de acero de alto nivel elástico. Sistemas de armaduras post y pretesas. Procesos constructivos y sistemas utilizados en elementos con armaduras postesas. Nociones sobre pérdidas de pretensado. Planteamiento general del cálculo de límites últimos. Estados límites de servicio. Clase I y Clase II. Aspectos constructivos. Fases de pretensado.

**-Introducción al pretensado:** Tipos y elementos del Pretensado. Realización de Pretensado. Acciones. Acciones de Pretensado. Esfuerzos hiperestáticos. Bases de cálculo. Coeficientes de seguridad. Hipótesis de carga. Estados límites últimos. Estados límites de utilización. Zonas de anclaje. Dimensionamiento. Recomendaciones constructivas. Ejecución del tesado y de la inyección. Tirantes y pretensados especiales. Sistemas de Pretensado.

7º.- **Real Decreto 1425/1991 de 30 de Agosto.** Establece el Título universitario oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y las Directrices generales propias de los Planes de Estudios conducentes a la obtención de este título.

En este Real Decreto se determinan las Materias Troncales de obligatoria inclusión en todos los Planes de Estudios conducentes a la obtención del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Por su relación con la tecnología específicamente aplicable a las Centrales de Energía Solar Fotovoltaica deben destacarse, entre otras, las siguientes Materias Troncales propias del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.:

- 1.- **Obras y Aprovechamientos Energéticos. Sistemas energéticos.**
- 2.- **Fundamentos Físicos de la Ingeniería. Mecánica. Fenómenos Ondulatorios. Electricidad. Termodinámica.**
- 3.- **Tecnología de Estructuras y de la Edificación.- Análisis de Estructuras. Hormigón armado y pretensado. Estructuras metálicas. Tipología estructural. Análisis Dinámico de Estructuras. Edificación. Prefabricación.**



**4.-Organización y Gestión de Proyectos y Obras.- Proyectos de Ingeniería. Gestión de Proyectos y Obras. Procedimiento y Maquinaria de Construcción.**

Debe resaltarse que el Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos es el único Título universitario oficial de Ingeniería que tiene conferidas las materias troncales de *Obras y Aprovechamientos Energéticos y de Tecnología de Estructuras y de la Edificación.*

Por todo lo que antecede, los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos están capacitados, legal y técnicamente, para actuar en todas las materias cursadas en sus estudios, que son las que establecen en los Decretos y Órdenes ministeriales anteriormente señalados, constituyendo esta afirmación no una interpretación subjetiva y particular del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, sino una manifestación del propio Tribunal Supremo, según lo ha declarado en sus Sentencias de 26 de Febrero de 1.966, 24 de Marzo de 1.975, 25 de Septiembre de 1.979 y 1 de Abril de 1.985, que constituyen jurisprudencia.

**CONCLUSIÓN:**

Por todo lo hasta aquí expuesto, el presente Informe debe de concluirse afirmando que los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**, por el hecho de tener conferidas las Especialidades de **Energética** y de **Estructuras**, entre otras, están plenamente capacitados, legal y técnicamente, para redactar todo tipo de **Proyectos de Centrales de Energía Solar Fotovoltaica**, cuyo objeto es la generación y suministro de **energía** mediante el aprovechamiento del Sol como fuente a su vez de **energía** limpia y renovable, a través de módulos fotovoltaicos.

Madrid, a 24 de Mayo de 2006.





## **INFORME SOBRE LA COMPETENCIA LEGAL Y TÉCNICA DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS PARA REDACTAR PROYECTOS DE PARQUES DE ENERGÍA EÓLICA.**

Del examen del ordenamiento jurídico vigente viene a resultar que el **Título Oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos** faculta a sus poseedores, miembros de este Colegio, para redactar **Proyectos de Parques de Energía Eólica**, en plenitud de derechos y atribuciones, en base a sus especialidades de **Energética** y de **Estructuras**, entre otras.

Bajo este concepto deben incluirse las Instalaciones constituidas por uno o varios grupos de **Aerogeneradores** interconectados, que convierten la **energía cinética del viento** en energía eléctrica.

La competencia legal y técnica de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en esta materia tiene su fundamento en las siguientes **disposiciones** de nuestro ordenamiento jurídico:

1º.- **Decreto-Ley de 20 de Septiembre de 1.926.** Reglamento de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su artículo 14 se establece que “*se consideran como de la competencia especial de la profesión el estudio, proyecto, ejecución, conservación y explotación de las construcciones en general y de las obras, máquinas e instalaciones necesarias para toda clase de comunicaciones y transportes y para los aprovechamientos hidráulicos, terrestres y marítimos de todo género, con inclusión de las obras y servicios de saneamiento y defensa y de las transformaciones y transportes de energía, como igualmente las preparatorias y complementarias que con ellas tengan relación*”.

Como puede apreciarse, los **Proyectos de Instalaciones relativos a las transformaciones de energía** son considerados, por una norma con rango de Decreto-Ley, de la **competencia especial de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.**



2º.- **Orden Ministerial de 17 de Octubre de 1934.** Reglamento de los Laboratorios de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En su artículo 1º se establecen los Laboratorios de Enseñanza de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, a los que corresponden las Secciones siguientes:

- a) Laboratorio de Hidráulica.
- b) Laboratorio de **Electricidad.**
- c) Laboratorio de **Química y Materiales de Construcción.**
- d) Laboratorio de **Termotecnia.**
- e) Laboratorio de **Física y Automática.**
- f) Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

Por su incidencia en los Proyectos de Parques de Energía Eólica deben destacarse los Laboratorios de **Electricidad**, de **Química y Materiales de Construcción**, de **Termotecnia**, y de **Física y Automática**, a través de los cuales los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos obtienen una completa formación en las diversas **materias técnicas** cuyo conocimiento es necesario para la elaboración de este tipo de Proyectos.

A este respecto, deben significarse los ensayos y las prácticas que se realizan en estos Laboratorios en las materias de **Química y Materiales de Construcción** (como el Vidrio, Carbono, Hormigón y Acero), **Electricidad**, **Electrotecnia**, **Termotecnia**, y **Mecánica**.

Todas estas **materias** son **propias del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**, y confieren a estos profesionales una **plena competencia legal y técnica** para la realización de aquellos trabajos que estén basados en las referidas materias, como ocurre en el presente caso con los **Proyectos de Parques de Energía Eólica**.

3º.- **Decreto de 23 de Noviembre de 1.956.** Reglamento Orgánico del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

La jurisprudencia del Tribunal Supremo viene reconociendo, de forma reiterada, la vigencia del Artículo 1º de este Decreto, y en su Sentencia de 24 de Enero de 1986 *ha declarado expresamente que “es forzoso concluir que la competencia de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la esfera privada ha de entenderse comprendida en los mismos términos enumerados en el art. 1º del Reglamento de mil ochocientos sesenta y tres*



*y de mil novecientos cincuenta y seis, que no han sufrido alteración a lo largo de un siglo”.*

En el Artículo 1º de este Decreto de 23 de Noviembre de 1956 se dispone que *“corresponde a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos....el estudio, dirección, inspección, vigilancia y construcción de las obras:...*

*5º.- De cuanto se relaciona con las **instalaciones y servicios eléctricos** de general uso y aprovechamiento.”*

Este precepto otorga a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos la necesaria competencia legal y técnica para realizar **proyectos de instalaciones y servicios eléctricos** de general uso y aprovechamiento, y por consiguiente les faculta para realizar las instalaciones de **los Parques de Energía Eólica**.

**4º.- Ley de 20 de Julio de 1957.** Ley de Enseñanzas Técnicas

En su Artículo 4.2 se dispone que *“el título de Arquitecto o Ingeniero representa la plenitud de titulación en el orden profesional para el ejercicio de la técnica correspondiente, tanto en la esfera privada como en el servicio del Estado”*

La referida Ley de 20 de Julio de 1957 fue expresamente invocada por el Tribunal Supremo en su Sentencia de 26 de Febrero de 1966, para afirmar que el título expedido por cada Escuela de Ingenieros autoriza *“para el ejercicio de la técnica correspondiente objeto de su enseñanza”*.

**5º.- Decreto 1296/1965 de 6 de Mayo.** Especialidades de la Escuelas Técnicas de Grado Superior.

El Artículo 1º otorga a los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, entre otras, las especialidades de **“Energética”** y de **“Estructuras”**, a considerar de forma primordial en la redacción de **Proyectos de Parques de Energía Eólica**.

Como a continuación se detallará al tratar los Planes de Estudios de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, la **“Energía Eólica”** forma parte inseparable de la especialidad de **“Energética”**, y es una materia que se estudia en todas las Escuelas de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en el capítulo específico de las **“Energías renovables”**.



Asimismo, la especialidad de “**Estructuras**” constituye una materia que tiene una indudable aplicación en todos los Proyectos de Parques Energía Eólica, tanto en las **torres** que sirven de **soporte a los aerogeneradores**, como en las **palas** o **rotores** de este sistema energético.

A este respecto, debe de tenerse en cuenta que las **torres** de los aerogeneradores son **estructuras** cada vez más altas, para captar mayores velocidades de viento, y por ello deben ser, estructuralmente, cada vez más resistentes.

Esto mismo es aplicable a las **palas** o **rotores** de los aerogeneradores, que son **estructuras** de gran longitud que soportan duras condiciones de trabajo por su continuo sometimiento a las fuerzas aerodinámicas que producen su giro.

En la actualidad, como solución alternativa a las **torres metálicas**, se plantea la posibilidad de las **torres de hormigón**, prefabricadas en piezas transportables, que pueden ser montadas en la propia obra.

Las **torres de hormigón** construidas con elementos prefabricados se pueden proyectar del diámetro requerido por los esfuerzos que deban soportar, y su desarrollo en uno de los retos actuales del sector.

6º.- **Órdenes Ministeriales de 29 de Mayo de 1.965, 2 de Junio de 1.969, 14 de Junio de 1.982, 30 de Septiembre de 1.982, 31 de Mayo de 1.983 y 27 de Junio de 1.983.** Planes de Estudios de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Estas Órdenes Ministeriales establecen las **Asignaturas** que cursan los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en sus estudios de carácter técnico, durante los Cursos que se imparten en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y tras los cuales se obtiene el correspondiente Título Oficial.

En relación con las especialidades antes citadas de “**Energética**” y de “**Estructuras**”, por su especial incidencia en la redacción de Proyectos de Parques de Energía Eólica, deben destacarse, entre otras, las **Asignaturas** de:



### 1.- Termodinámica. Sistemas Energéticos.

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian con el máximo detalle la “**Energía Eólica**” en el capítulo de las “**Energías Renovables**”, especializándose en las siguientes materias:

- **Aerodinámica.**
- **Máquinas Eólicas.**
- **Diseño de Aeroturbinas**
- **Estado actual de la Energía Eólica.**
- **Utilización de la Energía Eólica.**
- **Aplicaciones, Almacenamiento y Costes.**

### 2.- Física

En esta asignatura se estudian, entre otras, las siguientes materias directamente relacionadas con los Parques de Energía Eólica:

- **Termodinámica:** Equilibrio termodinámico. Sistemas multifásicos. Termodinámica del aire. Transmisión de calor.

- **Electricidad:** Electrostática. Materiales conductores. Materiales dieléctricos. Magnetostática. Corriente eléctrica.

### 3.- Materiales de construcción

En esta Asignatura se tratan en profundidad los diversos materiales que han de utilizarse en los Parques de Energía Eólica, como son los **Aceros** y otros **materiales metálicos**, así como el **Vidrio**, el **Carbono** y el **Hormigón**.

### 4.- Electricidad y Electrotecnia

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian, entre otras, las siguientes materias que guardan una relación directa con los Proyectos de Parques de Energía Eólica:

- **Circuitos Eléctricos:** Circuitos eléctricos. Circuitos de corriente alterna sinusoidal. Circuitos trifásicos.



- **Máquinas Eléctricas:** Circuitos magnéticos y conversión de energía. Máquinas Eléctricas. Transformadores. Máquinas asíncronas o de inducción.
- **Instalaciones Eléctricas:** Centrales Eléctricas. Líneas Eléctricas. Luminotecnia e instalaciones de alumbrado.

### 5.- **Sistemas Eléctricos de Potencia**

En esta Asignatura se estudian, entre otras, las siguientes materias que, al igual que las anteriores, están directamente relacionadas con el contenido de los Proyectos de Parques de Energía Eólica, por referirse a conceptos esenciales relativos a la generación, transformación y transporte de la energía eléctrica:

- **Sistemas de Energía Eléctrica:** Estructura de los sistemas de Energía Eléctrica. Aspectos básicos de la operación del sistema: cobertura de la demanda; calidad del servicio.
- **Transporte de la Energía. Redes Eléctricas:** Líneas de transporte. Limitaciones del transporte en corriente alterna. Transporte en corriente continua en alta tensión. Redes de transporte: estudio de una interconexión; el problema del flujo de carga. Pérdidas en la red de transporte. Control de redes de transporte.

### 6.- **Instalaciones Eléctricas**

En esta Asignatura se estudian también, entre otras, las siguientes materias, todas ellas de directa aplicación en los Proyectos de Parques de Energía Eólica:

- **Líneas Eléctricas.**
- **Estudio del régimen permanente.**
- **Cálculos eléctricos de las líneas.**
- **Cálculo mecánico de las líneas aéreas.**
- **Cálculo de corrientes de cortocircuito.**
- **Protecciones.**
- **Instalaciones de puesta a tierra.**
- **Protección frente a contactos.**
- **Automatismos.**
- **Centros de Transformación.**



## **7.- Cálculo de Estructuras**

Por medio de esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos se especializan, entre otras, en las siguientes materias que son también de directa aplicación a los Proyectos de Parques de Energía Eólica, en el apartado concreto de las **torres** que sirven de soporte a los **aerogeneradores** y de las **palas o rotores** de estas instalaciones energéticas.

- Estructuras articuladas planas
- Estructuras reticuladas planas
- Cálculo de placas
- Introducción al cálculo de láminas
- Cálculo matricial de estructuras de barras
- Elementos Finitos
- Cálculo Dinámico.

## **8- Estructuras Metálicas**

En esta Asignatura se estudian especialmente las **estructuras de Acero**, que también intervienen en la construcción de los Parques de Energía Eólica:

Entre las numerosas materias cursadas deben destacarse las siguientes:

- Normativa de Estructuras Metálicas.
- Tipos de Aceros utilizados en construcción.
- Criterios de Cálculo.
- Métodos de Cálculo.
- Cálculo elástico, plástico y elástico-plástico.
- Torsión: sus causas.
- Piezas sometidas a compresión centrada.
- Pandeo de piezas reales.
- Uniones atornilladas.
- Uniones soldadas.
- Estructuras mixtas.
- Conexiones.
- Ejecución de Estructuras Metálicas.



- **Viento y Seísmos.**
- **Edificios de altura**
- **Estructuras de Edificación Industrial.**
- **Vibraciones de maquinaria.**
- **Cimentación de pilares.**
- **Estructuras singulares.**

### **9.- Edificación y Prefabricación**

En esta Asignatura los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos estudian, entre otras, las siguientes materias relacionadas directamente con la construcción de Parques de Energía Eólica, en sus apartados **estructurales** y de **edificación**:

- **Edificios con estructuras de hormigón.**
- **Construcción de estructuras de hormigón para edificios.**
- **Control de estructuras de hormigón.**
- **Edificios con estructura metálica.**
- **Prefabricación.**
- **Instalaciones.**
- **Cerramientos, albañilería y acabados.**

### **10.- Hormigón Armado y Pretensado I y II**

En estas Asignaturas se estudian, entre otras, las materias que a continuación se detallan, también de directa aplicación en la actualidad a la construcción de Parques de Energía Eólica:

- **Hormigón Armado.**
- **Propiedades generales del Hormigón y del Acero.**
- **Características resistentes del Hormigón.**
- **Características reológicas del Hormigón.**
- **Características resistentes del Acero.**
- **Solicitaciones normales.**
- **Anclaje.**
- **Cortante.**
- **Torsión.**
- **Punzonamiento.**
- **Fisuración.**



- Deformaciones.
- Modelo de las bielas y tirantes.
- Hormigón Pretensado.
- Materiales.
- Efecto estructural del Pretensado.
- Estado límite de servicio.
- Aplicación a la edificación y prefabricación.
- Bases de proyecto.
- Estados límites últimos.
- Método de bielas y tirantes.
- Estados límites del servicio en estructuras pretensadas.
- Aspectos constructivos.

7º.- **Real Decreto 1425/1991 de 30 de Agosto.** Establece el Título universitario oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y las Directrices generales propias de los Planes de Estudios conducentes a la obtención de este título.

En este Real Decreto se determinan las Materias Troncales de obligatoria inclusión en todos los Planes de Estudios conducentes a la obtención del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Por su relación con la tecnología específicamente aplicable a los Parques de Energía Eólica deben destacarse, entre otras, las siguientes Materias Troncales propias del Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.:

- 1.- **Obras y Aprovechamientos Energéticos. Sistemas energéticos.**
- 2.- **Ciencia y Tecnología de Materiales. Materiales de Construcción.**
- 3.- **Fundamentos Físicos de la Ingeniería. Mecánica. Electricidad. Termodinámica.**
- 4.- **Teoría de Estructuras. Resistencia de materiales.**
- 5.- **Tecnología de Estructuras y de la Edificación.-** Análisis de Estructuras. Hormigón armado y pretensado. Estructuras metálicas. Tipología estructural. Análisis Dinámico de Estructuras. Edificación. Prefabricación.



**6.-Organización y Gestión de Proyectos y Obras.- Proyectos de Ingeniería. Gestión de Proyectos y Obras. Procedimiento y Maquinaria de Construcción.**

A la vista de lo que antecede, debe resaltarse que el Título oficial de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos es el único Título universitario oficial de Ingeniería que tiene conferidas las materias troncales de **Obras y Aprovechamientos Energéticos y de Tecnología de Estructuras y de la Edificación.**

\* \* \* \* \*

Todo lo hasta aquí expuesto en este informe permite deducir que los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos están capacitados, legal y técnicamente, para actuar en todas las materias cursadas en sus estudios, que son las que establecen en las disposiciones anteriormente señaladas, según lo ha confirmado el propio Tribunal Supremo en sus Sentencias de 26 de Febrero de 1.966, 24 de Marzo de 1.975, 25 de Septiembre de 1.979 y 1 de Abril de 1.985, que constituyen jurisprudencia.

**CONCLUSIÓN:**

El presente Informe debe de concluirse afirmando que los **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**, por el hecho de tener conferidas las Especialidades de **Energética** y de **Estructuras**, entre otras, están plenamente capacitados, legal y técnicamente, para redactar **Proyectos de Parques de Energía Eólica**, cuyo objeto es la generación y suministro de **energía** mediante el aprovechamiento de la **energía** cinética del viento, como fuente a su vez de **energía** limpia y renovable.

Madrid, a 27 de Abril de 2007.