

# **SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS DE POTENCIA**

**GUÍA DIDÁCTICA DEL PROFESOR**

José Carlos Toledano Gasca

## **1. Presentación de la guía**

La guía didáctica del profesor del módulo Sistemas Electrotécnicos de Potencia se ha elaborado con el objetivo de prestar al profesor que imparte la asignatura una propuesta didáctica de apoyo pedagógico para el desarrollo de su función docente.

Ha sido diseñada teniendo en cuenta las capacidades terminales que deben conseguir los alumnos a la finalización del mismo. El conjunto de actividades ha de lograr que el alumno sea capaz de intervenir sobre automatismos de distintas tecnologías. Por todo ello, se destaca el carácter práctico de este desarrollo.

En la guía se incluyen y se describen los materiales curriculares que presentó el Ministerio de Educación y Ciencia cuando se diseñaron los ciclos formativos y en los que se desarrollan la definición y el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje de los Ciclos Formativos, tanto de grado superior como de grado medio de la Formación Profesional actual.

El contenido organizador, a partir del cual deben montarse y desarrollarse las estrategias y metodologías didácticas de este módulo profesional, es: desarrollar y mantener sistemas automáticos para procesos secuenciales.

Los requerimientos generales de cualificación profesional del sistema productivo para este técnico son:

- Desarrollar, a partir de especificaciones técnicas, equipos e instalaciones automáticas de medida, control y regulación para máquinas, procesos y, en general, aplicaciones industriales.
- Coordinar y supervisar la ejecución y el mantenimiento de dichos sistemas automáticos, optimizando los recursos humanos y medios disponibles, con la calidad requerida, en las condiciones de seguridad y de normalización vigentes y con los costes acordados.

En esta guía se recoge el Real Decreto de Título 619/1995, publicado en el BOE del 08-08-95, y el Real Decreto de currículo 191/1996, publicado en el BOE del 06-03-96.

La guía está dividida en 10 apartados, éstos son:

- Introducción al módulo.
- Capacidades terminales y criterios de evaluación.
- Orientaciones metodológicas.
- Índice secuencial de las unidades de trabajo: organización de los contenidos.
- Estructura de las unidades de trabajo del libro del alumno.
- Distribución temporal de las unidades de trabajo.
- Elementos curriculares o unidades de trabajo.
- Actividades, cuestiones, problemas y prácticas propuestas.
- Material didáctico (material y equipos didácticos).
- Material pedagógico de apoyo para la impartición del módulo.

Se desarrollan a continuación cada uno de estos puntos.

## **2. Introducción al módulo**

El módulo de Sistemas Electrotécnicos de Potencia parte del perfil del ciclo formativo de grado superior de Sistemas de Regulación y Control Automáticos.

Este ciclo está dividido en 13 módulos profesionales necesarios para obtener la titulación de Técnico Superior en Sistemas de Regulación y Control Automáticos. La duración establecida para este ciclo es de 2.000 horas, incluidas 380 horas de formación en centros de trabajo (FCT), divididas en 2 cursos académicos, con cinco trimestres en el centro educativo y un sexto trimestre en el centro de trabajo.

El módulo de Sistemas Electrotécnicos de Potencia tiene una duración de 190 horas en el primer curso, con una frecuencia de 6 horas semanales, y está asociado a la Unidad de Competencia general que dice:

*Desarrollar, a partir de especificaciones técnicas, equipos e instalaciones automáticas de medida, control y regulación para máquinas, procesos y, en general, aplicaciones industriales.*

Y asociado a la unidad de competencia 4 que dice:

*Desarrollar y mantener sistemas electrotécnicos de potencia.*

Es importante que las realizaciones que se planteen como básicas tengan como punto de referencia el sistema productivo y en concreto la ocupación o el puesto de trabajo que pueden desempeñar los técnicos que realizan este módulo.

Las realizaciones y criterios básicos de realización de esta Unidad de Competencia son:

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elaborar o participar en la elaboración del cuaderno de cargas correspondiente al sistema de control electrotécnico de potencia que se va a desarrollar, identificando las variables y parámetros del mismo, en condiciones de calidad y coste establecidos, de acuerdo con la reglamentación electrotécnica vigente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La memoria descriptiva del sistema recoge las especificaciones funcionales del sistema de control de potencia electrotécnico y las condiciones económicas que delimitan con suficiente precisión las necesidades de dicho sistema.</li> <li>– Las características principales del sistema se definen de acuerdo con el tipo de carga y/o máquinas (de corriente continua o alterna) que se va a controlar, seleccionando la potencia y tensión del equipo, de acuerdo con las características del accionamiento.</li> <li>– Las características del equipo de regulación (tipos de realimentación, límites de intensidad, rampas de aceleración y desaceleración, tipo de frenado, etc.) permiten el funcionamiento adecuado en las condiciones de potencia y tensión establecidas.</li> <li>– Las paradas de emergencia y condiciones de seguridad y protecciones ante contingencias del sistema de control electrotécnico de potencia definen adecuadamente la lógica de vigilancia del mismo.</li> <li>– Los modos de marcha, niveles y tipología de funcionamiento del sistema (manual, automático, local, remoto) se definen con suficiente precisión.</li> <li>– El protocolo de eventos y alarmas se define con claridad y exactitud, definiendo los límites y condiciones de funcionamiento de los lazos de regulación, especificando el tipo de señalización que hay que utilizar (acústica, luminosa, en pantalla de ordenador, impresora y/u otros soportes).</li> </ul>

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Las especificaciones tecnológicas del sistema:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de unidad de control (CPU).</li> <li>• Separaciones galvánicas de E/S.</li> <li>• Naturaleza de los sensores, transductores, actuadores, interfaces, etc.</li> <li>• Características de los acondicionadores de señal.</li> <li>• Tipos de reguladores que hay que utilizar (PID, todo o nada, etc.). Se determinan con suficiente precisión.</li> </ul> </li> <li>– La red de tierras configurada para el sistema responde a las medidas de seguridad eléctrica requerida, cumpliendo la reglamentación electrotécnica vigente.</li> <li>– El informe de especificaciones operativas describe suficientemente el comportamiento esperado del sistema a lo largo de su existencia (fiabilidad, ausencia de fallos peligrosos, disponibilidad, flexibilidad de transformación del sistema, facilidad de mantenimiento, diálogo persona-máquina, etc.).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Configurar los equipos y dispositivos con las tecnologías adecuadas, que cumplen las especificaciones establecidas en el cuaderno de cargas, correspondiente al sistema de control electrotécnico de potencia que se va a desarrollar, justificando, técnica y económicamente la selección adoptada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La solución propuesta recoge, en un diagrama general por bloques, las distintas secciones funcionales que configuran el sistema de control electrotécnico de potencia.</li> <li>– La tipología y características del regulador y de los semiconductores de potencia se eligen de acuerdo con las características de potencia y tensión del accionamiento y del tipo de servicio que realiza la máquina, prescritas en el correspondiente cuaderno de cargas.</li> <li>– Los filtros y protecciones de los semiconductores se seleccionan de acuerdo con las características de funcionamiento del accionamiento, atendiendo a las variaciones de tensión e intensidad del mismo.</li> <li>– El equipo de ventilación y/o refrigeración se selecciona de forma que permita el funcionamiento fiable de los equipos de potencia y regulación bajo condiciones de temperatura extremas, prescritas en el cuaderno de cargas.</li> </ul>

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los dispositivos de potencia, maniobra y protecciones y las secciones de los conductores son los requeridos por el sistema, teniendo en cuenta las características técnicas del accionamiento y las prescripciones reglamentarias electrotécnicas normalizadas.</li> <li>– La selección de las envolventes del sistema de control se realiza teniendo en cuenta las condiciones de espacio y ambientales del lugar donde va a ser instalado.</li> <li>– Los croquis y esquemas de la solución propuesta contienen todos los elementos del sistema agrupados por maniobras, protecciones y fuerza, incluyendo la posición que ocupa cada uno de ellos en las envolventes y/o armarios donde se ubicarán.</li> <li>– La definición de la localización de los cables de interconexión se realiza cumpliendo las normas de separación entre los tendidos de señales débiles, de alimentación y tierras.</li> <li>– Los equipos y dispositivos se seleccionan entre los homologados internamente por la empresa, proponiendo para su homologación aquellos no disponibles y de necesaria utilización.</li> <li>– El informe técnico-económico correspondiente a la selección de materiales que configuran el sistema recoge los datos suficientes para garantizar que el coste del sistema está dentro de los límites establecidos, justificando las modificaciones que, en su caso, hayan tenido que realizarse.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elaborar o supervisar la elaboración de la documentación técnica (esquemas, planos constructivos y de implantación, listas de materiales) que permita la construcción y posterior mantenimiento del sistema de control electrotécnico de potencia que se va a desarrollar, en el soporte adecuado y con los medios normalizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La memoria descriptiva del sistema explica con precisión el funcionamiento del mismo.</li> <li>– La documentación técnica incluye los esquemas y planos de conjunto y de detalle necesarios (distribución general, fuerza, maniobra, protecciones, conexionado de los dispositivos de campo y E/S de los equipos de medida y regulación, etc.) utilizando simbología y presentación normalizadas.</li> </ul>

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La relación de materiales, equipos y dispositivos se realiza utilizando la codificación normalizada, garantizando su adquisición interna y/o externa.</li> <li>– Los planos constructivos del sistema recogen con suficiente precisión las características de los equipos para su construcción e implantación (dimensiones físicas, localización de dispositivos y tarjetas, identificación codificada de E/S y de cableados, etc.).</li> <li>– La documentación técnica contiene todos los capítulos necesarios y normalizados internamente para el posterior desarrollo de la ejecución y mantenimiento del sistema, incluyendo, entre otros:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso que hay que seguir en la puesta en servicio.</li> <li>• Pruebas y ajustes que hay que realizar en el proceso de puesta en marcha del sistema.</li> <li>• Sintonización de los parámetros de los reguladores.</li> <li>• Parámetros que hay que verificar y ajustar.</li> <li>• Márgenes estables de funcionamiento.</li> <li>• Pautas para la realización del mantenimiento preventivo del sistema.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar, a su nivel, la puesta en servicio del sistema de control electrotécnico de potencia, efectuando las pruebas, modificaciones, sintonía de parámetros y ajustes necesarios, asegurando la funcionalidad, seguridad y fiabilidad del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La puesta en servicio del sistema de control electrotécnico de potencia está precedida por la elaboración de un plan sistemático de pruebas.</li> <li>– Las pruebas y ajustes del sistema se realizan siguiendo los procedimientos establecidos en la documentación del mismo.</li> <li>– La calibración de los sensores y transductores se realiza siguiendo procedimientos normalizados, asegurando que la actuación de los mismos se encuentra dentro de los márgenes de error prescritos en la documentación del sistema.</li> <li>– Los resultados de las pruebas realizadas a los sensores y transductores, acondicionadores de señal, reguladores y actuadores responden a las especificaciones funcionales y técnicas de los mismos.</li> </ul>

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La sintonización de los parámetros de los reguladores del sistema se ajusta de acuerdo con lo especificado en la documentación del mismo.</li> <li>– Las pruebas realizadas en el sistema, tanto en vacío como en carga, garantizan la correcta funcionalidad del sistema en condiciones normales.</li> <li>– Las pruebas de respuesta a contingencias se realizan en el sistema verificando las alarmas y respuesta del mismo.</li> <li>– Las modificaciones realizadas en el sistema se recogen con precisión y de forma normalizada en la documentación del mismo.</li> <li>– Las medidas de seguridad eléctrica (circuitos de tierra, dispositivos de protección en la distribución, etc.) se ajustan a lo prescrito en la documentación del sistema.</li> <li>– El informe de puesta en servicio del sistema recoge, con la precisión requerida y en el formato normalizado, la información prescrita (pruebas realizadas, valores medidos de las variables del sistema, ajustes realizados, modificaciones efectuadas, etc.), así como la aceptación del sistema por parte del responsable o cliente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Modificar y/o elaborar, a su nivel, procedimientos de calibración y mantenimiento del sistema electrotécnico de control de potencia, optimizando los recursos humanos y materiales, garantizando la operatividad y seguridad en su aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los problemas detectados en la aplicación del procedimiento que hay que modificar están justificados y explicados suficientemente en el documento normalizado.</li> <li>– La definición de la solución del nuevo procedimiento está precedida de los ensayos y pruebas necesarios para garantizar la solución más idónea para el procedimiento que hay que mejorar.</li> <li>– El procedimiento resultado tiene en cuenta la optimización de los recursos materiales y humanos necesarios para su aplicación.</li> <li>– Las propuestas de los cambios que hay que realizar están claramente justificadas, especificadas y recogidas en el documento correspondiente, resolviendo de forma satisfactoria las deficiencias del procedimiento.</li> </ul>



REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN	CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– El nuevo procedimiento recoge, en el formato normalizado, los aspectos más relevantes para su aplicación, entre otros:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases que hay que seguir en la aplicación del procedimiento.</li> <li>• Pruebas y ajustes que hay que realizar.</li> <li>• Medios que se deben utilizar.</li> <li>• Parámetros que hay que controlar.</li> <li>• Normas de seguridad personal y de los equipos y materiales que hay que aplicar.</li> <li>• Resultados esperados y/o previsibles.</li> <li>• Documento normalizado que hay que cumplimentar.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar el mantenimiento del sistema de control electrotécnico de potencia, tomando las medidas oportunas para el rápido y seguro restablecimiento de la operatividad del mismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ante una avería en un sistema de control electrotécnico de potencia:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las pruebas funcionales iniciales permiten verificar los síntomas recogidos en el parte de avería y, en todo caso, precisar la sintomatología de la disfunción (en el equipo de control y/o en la instalación).</li> <li>• La hipótesis de partida y el plan de actuación elaborado permiten diagnosticar y localizar con precisión el tipo (físico y/o lógico) y el bloque funcional (detectores, transmisores, elementos de control, actuadores, etc.) donde se encuentra la avería.</li> <li>• El diagnóstico y localización de la avería del sistema (del equipo y/o instalación) se realiza utilizando la documentación técnica del mismo, las herramientas y los instrumentos de medida apropiados, aplicando, en un tiempo adecuado, el correspondiente procedimiento sistemático.</li> <li>• El presupuesto recoge con precisión la tipología y coste de la reparación.</li> <li>• Las operaciones de montaje, desmontaje y sustitución de los elementos (del equipo y/o instalación) se realizan utilizando la documentación técnica (planos y procedimientos normalizados) y las herramientas apropiadas, asegurando la integridad de los materiales y medios utilizados y la calidad final de las intervenciones.</li> </ul> </li> </ul>

<b>REALIZACIONES PROFESIONALES REFERENCIADAS A LA OCUPACIÓN</b>	<b>CRITERIOS BÁSICOS DE REALIZACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los ajustes de los dispositivos y/o equipos sustituidos se realizan utilizando las herramientas y útiles específicos, con la precisión requerida, siguiendo los procedimientos documentados.</li><li>• Las pruebas funcionales, ajustes finales y, en caso necesario, las pruebas de fiabilidad recomendadas, se realizan de forma sistemática, siguiendo el procedimiento especificado en la documentación del sistema.</li><li>• La reparación del equipo y/o instalación se realiza respetando las normas de seguridad personal, de los equipos y materiales recomendadas en la documentación de los mismos y, en todo caso, siguiendo las pautas del buen hacer profesional.</li><li>• El informe de reparación de averías del sistema automático se realiza en el formato normalizado, recogiendo la información suficiente para realizar la facturación de la intervención y actualización del histórico de averías del equipo y/o instalación.</li></ul>

### 3. Capacidades terminales y criterios de evaluación

En este apartado se describen las capacidades terminales y sus correspondientes criterios de evaluación, correspondientes al Real Decreto del título, sobre la base de las realizaciones planteadas en el apartado anterior.

El título profesional y por tanto las competencias que adquieren los alumnos que realizan este ciclo formativo, están basados en la suma de las diferentes capacidades terminales que se adquieren con cada uno de los módulos que forman el ciclo formativo.

Las capacidades terminales del módulo Sistemas Electrotécnicos de Potencia, así como sus correspondientes criterios de evaluación, según el Real Decreto 193/1996 del currículo publicado en el BOE de fecha 11.03.96 son:

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>- Analizar las instalaciones de distribución de energía eléctrica utilizadas en el ámbito industrial, identificando las distintas partes y elementos que las componen y relacionando su función con el resto de elementos que conforman el proceso de automatización.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Clasificar las instalaciones de distribución eléctrica en función de la naturaleza de la corriente eléctrica utilizada (monofásica, trifásica), de las formas de montaje (aéreas y subterráneas) y de las tensiones de servicio, indicando el ámbito de aplicación de cada una de ellas y la reglamentación electrotécnica que las regula.</li><li>- Explicar las características específicas de las redes de distribución aéreas, describiendo la estructura, tipos de distribución específicas y función de los conductores, elementos y materiales utilizados en ellas.</li><li>- Explicar las características específicas de las redes de distribución subterráneas, describiendo la estructura, tipos de distribución específicas y función de los elementos y materiales utilizados en ellas.</li><li>- Enumerar las distintas partes que componen las instalaciones de distribución de energía eléctrica, describiendo la función que realiza cada una de ellas, citando la reglamentación electrotécnica específica que las regula.</li><li>- Describir cada una de las secciones que conforman las instalaciones de enlace, utilizando la normativa y reglamentación que las regula:<ul style="list-style-type: none"><li>• Línea de acometida aérea y subterránea (tipo de acometida, número y tipo de conductores, límite de potencia por acometida, materiales utilizados, etc.).</li></ul></li></ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caja general de protección (tipología, constitución, emplazamiento, esquemas normalizados de conexión, etc.).</li> <li>• Línea repartidora (tipología, canalizaciones, tubos y conductores, etc.).</li> <li>• Centralización de contadores (tipos de contadores, ámbitos de aplicación, placa de características, parámetros específicos, conexiones, regulación de contadores, tipos de centralizaciones, emplazamiento, etc.).</li> <li>• Derivaciones individuales (tipología, conductores, tubos, canalizaciones prefabricadas, canaladuras, etc.).</li> </ul> <p>– Explicar la función, tipología y características del sistema de tarificación eléctrica vigente, describiendo el procedimiento de aplicación según el tipo de discriminación horaria y el modo de cálculo de la potencia que se va a facturar.</p> <p>– En un supuesto práctico de análisis de la documentación técnica de una instalación eléctrica de distribución de energía eléctrica para una instalación industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el tipo de instalación y las distintas partes que la configuran y explicar la función y características de cada una de ellas.</li> <li>• Interpretar correctamente los planos y esquemas de la instalación, reconociendo los distintos elementos que la componen por los símbolos que los representan.</li> <li>• Explicar el funcionamiento de la instalación, describiendo la función y características de cada uno de los elementos que la componen y su interacción.</li> <li>• Identificar la variación que se produciría en los parámetros característicos de la instalación suponiendo modificaciones o alteraciones en elementos o partes de la misma, explicando la relación entre los efectos que se detectarían y las causas que los producirían.</li> <li>• Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolo en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios que se utilizarían, esquemas y planos utilizados, medidas que se realizarían, etc.).</li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar las instalaciones industriales de control de máquinas eléctricas, identificando los tipos de máquinas eléctricas utilizadas y relacionándolas con el tipo de equipo de control automático asociado y con el resto de elementos que conforman el proceso de automatización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una clasificación de las máquinas eléctricas estáticas y rotativas en función de los campos de aplicación más característicos de las mismas.</li> <li>- Explicar las características de los transformadores monofásicos y trifásicos, sus conexiones típicas y los parámetros más característicos en función de las instalaciones de aplicación más usuales de los mismos.</li> <li>- Explicar los tipos, las conexiones asociadas y los parámetros característicos de las instalaciones de máquinas de CC (corriente continua), generadores y motores.</li> <li>- Explicar los tipos, las conexiones asociadas y los parámetros característicos de las instalaciones de máquinas de CA (corriente alterna), generadores y motores monofásicos y trifásicos.</li> <li>- Clasificar y describir los distintos elementos utilizados en la construcción de equipos de mando, maniobra y control de máquinas eléctricas.</li> <li>- Explicar los distintos sistemas de arranque y frenado, características y parámetros fundamentales propios de las máquinas eléctricas de CC y de CA.</li> <li>- Explicar los efectos producidos por las máquinas eléctricas en las instalaciones industriales relativos a la variación del factor de potencia y describir los procedimientos utilizados para su corrección.</li> <li>- En varios supuestos y/o casos prácticos de análisis de instalaciones industriales de máquinas eléctricas de CC y de CA, monofásicas y trifásicas:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar la documentación (diagramas funcionales, de secuencia y los esquemas correspondientes), explicando las prestaciones, el funcionamiento general y las características de la instalación.</li> <li>• Enumerar las distintas partes que componen la estructura de la instalación (mando, fuerza, protecciones, medidas, etc.), indicando la función, relación funcional y características de cada una de ellas.</li> <li>• Identificar los dispositivos y componentes que configuran la instalación, explicando las características y funcionamiento de cada uno de ellos, relacionando los símbolos que aparecen en la documentación con los elementos reales del sistema.</li> </ul> </li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir el funcionamiento de la instalación, diferenciando los distintos modos de funcionamiento y sus características específicas.</li> <li>• Calcular las magnitudes y parámetros básicos de la instalación, contrastándolos con los valores reales medidos en la misma, explicando y justificando las variaciones o desviaciones que se encuentren.</li> <li>• Distinguir las distintas situaciones de emergencia que pueden presentarse en la instalación y explicar la respuesta que dicha instalación ofrece ante cada una de ellas.</li> <li>• Realizar las pruebas y medidas necesarias en los puntos notables de la instalación, utilizando los instrumentos adecuados y aplicando los procedimientos normalizados.</li> <li>• Identificar la variación que se produce en los parámetros característicos del sistema, suponiendo y/o realizando modificaciones en los componentes y/o condiciones del mismo, explicando la relación entre los efectos detectados y las causas que los producen.</li> </ul> <p>– Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolo en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados, esquemas y planos, explicación funcional, medidas, cálculos, etc.).</p>
<p>– Analizar los dispositivos y circuitos electrónicos utilizados en los sistemas electrotécnicos de potencia, clasificándolos según su tipología y campos específicos de aplicación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Clasificar los dispositivos electrónicos (diodos, transistores y tiristores) utilizados en los equipos de potencia en función de sus características funcionales y áreas de aplicación.</li> <li>– Describir el funcionamiento de los dispositivos electrónicos de potencia, sus características eléctricas y los parámetros fundamentales que los caracterizan.</li> <li>– Explicar los efectos que la frecuencia de trabajo y las condiciones de temperatura ejercen sobre los dispositivos electrónicos de potencia y las soluciones que se adoptan en los casos más generales.</li> <li>– Presentar los sistemas de disparo y de corte utilizados para el funcionamiento de los distintos elementos electrónicos de potencia.</li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Clasificar por su función los distintos circuitos electrónicos que se emplean en aplicaciones de potencia (rectificadores, troceadores, convertidores CC/CA, etc.), indicando el tipo de transformación energética que producen y las características de cada uno de ellos.</li> <li>– Enumerar y describir distintos sistemas electrónicos de potencia en función de su campo de aplicación (sistema de alimentación ininterrumpida, equipos de soldadura eléctrica por resistencia, etc.), presentando un diagrama de bloques tipo de cada uno de ellos y sus características más representativas.</li> <li>– En varios casos prácticos de análisis funcional de circuitos y sistemas electrónicos de potencia:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los componentes activos y pasivos del circuito relacionando los elementos reales con los símbolos que aparecen en el esquema.</li> <li>• Explicar el tipo, características y principio de funcionamiento de los componentes de potencia del circuito.</li> <li>• Identificar los bloques funcionales presentes en el circuito, explicando sus características y tipología.</li> <li>• Calcular las magnitudes básicas del circuito, contrastándolas con los valores reales obtenidos midiendo en el circuito, explicando y justificando dicha relación.</li> <li>• Identificar la variación en los parámetros característicos del circuito (forma de onda, tensiones, etc.) suponiendo/realizando modificaciones en los componentes del mismo, explicando la relación entre los efectos detectados y las causas que los producen.</li> <li>• Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolos en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados y esquemas).</li> </ul> </li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar los equipos de control y regulación de velocidad y posicionamiento utilizados en los sistemas de potencia electrotécnicos, clasificándolos según su tipología y campos específicos de aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificar los sistemas de control y regulación electrónica de velocidad y posicionamiento de los motores eléctricos en función del tipo de máquina eléctrica de que se trate.</li> <li>- Especificar las diferencias conceptuales que existen entre los sistemas de variación de velocidad de los motores de CC y los de CA, indicando las magnitudes sobre las que se debe actuar en cada uno de los casos.</li> <li>- Explicar el diagrama de bloques de un sistema electrónico de variación de la velocidad de un motor de CC, indicando los elementos funcionales que lo constituyen, la función que desempeña cada uno de ellos y las características específicas del mismo.</li> <li>- Explicar el diagrama de bloques de un sistema electrónico de variación de la velocidad de un motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla, indicando los elementos funcionales que lo constituyen, la función que desempeña cada uno de ellos y las características específicas del mismo.</li> <li>- Explicar el diagrama de bloques de un sistema electrónico de variación de la velocidad de un motor tipo "brushless", indicando los elementos funcionales que lo constituyen, la función que desempeña cada uno de ellos y las características específicas del mismo.</li> <li>- Enumerar y describir el tipo de sensores y transductores (dínamo tacométrica, "encoders" absolutos y relativos, etc.) que se utilizan en los sistemas de regulación de máquinas eléctricas.</li> <li>- Enumerar los parámetros fundamentales que se deben tener en cuenta en el estudio y selección de un sistema electrónico de variación de velocidad de los motores de CC y de CA, indicando la relación que existe entre cada una de las variables que se controlan y las prestaciones del sistema.</li> </ul>



CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enumerar los parámetros fundamentales que se deben tener en cuenta en el estudio y selección de un sistema electrónico de posicionamiento de un eje y la relación que existe entre cada una de las variables que se controlan y las prestaciones (precisión, velocidad, etc.) del sistema.</li> <li>– Establecer las diferencias funcionales y de aplicación entre un arrancador progresivo y un variador de velocidad para un motor asíncrono trifásico.</li> <li>– En varios casos prácticos de análisis funcional de sistemas electrónicos de variación de velocidad de motores eléctricos de CC y de CA:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar la documentación y los esquemas correspondientes al sistema de variación de velocidad, explicando las prestaciones, el funcionamiento general y las características del sistema.</li> <li>• Enumerar las distintas secciones que componen la estructura del sistema de regulación (entradas y salidas, mando, regulación, fuerza, protecciones, medidas, etc.), indicando la función, relación y características de cada una de ellas.</li> <li>• Identificar los dispositivos y componentes que configuran el sistema automático (sensores y transductores, reguladores, etc.), explicando las características y funcionamiento de cada uno de ellos, relacionando los símbolos que aparecen en la documentación con los elementos reales del sistema.</li> <li>• Describir las características de funcionamiento del sistema, diferenciando los distintos modos de funcionamiento y sus características específicas.</li> <li>• Calcular las magnitudes y parámetros básicos del sistema, contrastándolos con los valores reales medidos en dicho sistema, explicando y justificando las variaciones o desviaciones que se encuentren.</li> <li>• Distinguir las distintas situaciones de emergencia que pueden presentarse en el sistema electrotécnico de potencia y explicar la respuesta que el equipo de regulación ofrece ante cada una de ellas.</li> </ul> </li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectuar la sintonía de los parámetros de regulación del equipo de regulación, realizando las pruebas y medidas necesarias en los puntos notables del sistema, utilizando los instrumentos adecuados y aplicando los procedimientos normalizados.</li> <li>• Identificar la variación que se produce en los parámetros característicos del sistema, suponiendo y/o realizando modificaciones en los componentes y/o condiciones del mismo, explicando la relación entre los efectos detectados y las causas que los producen.</li> <li>• Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolo en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados, esquemas y planos, explicación funcional, medidas, cálculos, etc.).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar, con precisión y seguridad, medidas en los sistemas electrotécnicos de potencia, utilizando los instrumentos y los elementos auxiliares apropiados y aplicando el procedimiento más adecuado en cada caso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Explicar la configuración estándar básica que debe tener un banco de ensayos para máquinas eléctricas de CC y de CA hasta de 30 CV de potencia, en función de los tipos de ensayos normalizados que se deben realizar sobre dichas máquinas.</li> <li>– Explicar las características más relevantes, la tipología y procedimientos de uso de los instrumentos de medida utilizados en el campo de los sistemas electrotécnicos de potencia, en función de la naturaleza de las magnitudes que se deben medir y del tipo de sistemas sobre el que se actúe.</li> <li>– En el análisis y estudio de distintos casos prácticos de sistemas electrotécnicos de potencia en los que haya que realizar medidas de magnitudes eléctricas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar el instrumento de medida y los elementos auxiliares más adecuados en función del tipo y naturaleza de las magnitudes que se van a medir y de la precisión requerida.</li> <li>• Conexionar adecuadamente los distintos aparatos de medida en función de las características de las magnitudes que se van a medir.</li> <li>• Medir las señales y estados propios de los equipos y dispositivos utilizados, operando adecuadamente los instrumentos y aplicando, con la seguridad requerida, los procedimientos normalizados.</li> </ul> </li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar las medidas realizadas, relacionando los estados y valores de las magnitudes medidas con las correspondientes de referencia, señalando las diferencias obtenidas y justificando los resultados.</li> <li>• Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolo en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados, esquemas y planos, explicación funcional, medidas, cálculos, etc.).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diagnosticar averías en sistemas automáticos electrotécnicos de potencia, identificando la naturaleza de la avería, aplicando los procedimientos y técnicas más adecuadas en cada caso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Clasificar y explicar la tipología y características de las averías de naturaleza eléctrica que se presentan en los sistemas electrotécnicos de potencia.</li> <li>– Describir las técnicas generales y los medios técnicos específicos necesarios para la localización de averías de naturaleza eléctrica en un sistema electrotécnico de potencia.</li> <li>– Describir las técnicas generales y los medios técnicos específicos necesarios para la localización de averías de naturaleza electrónica en un sistema electrotécnico de potencia.</li> <li>– En varios supuestos y/o casos prácticos de diagnóstico y localización de averías en sistemas electrotécnicos de potencia (p.e. variadores de velocidad de motores de CC y CA):             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar la documentación del sistema electrotécnico de potencia en cuestión, identificando los distintos bloques funcionales y componentes específicos que lo componen.</li> <li>• Identificar los síntomas de la avería caracterizándola por los efectos que produce en la máquina o instalación.</li> <li>• Realizar al menos una hipótesis de la causa posible que puede producir la avería, relacionándola con los síntomas que presenta el sistema.</li> <li>• Realizar un plan de intervención en el sistema para determinar la causa o causas que producen la avería.</li> <li>• Localizar el elemento (físico o lógico) responsable de la avería y realizar la sustitución (mediante la utilización de componentes similares o equivalentes) o modificación del elemento o programa, aplicando los procedimientos requeridos y en un tiempo adecuado.</li> </ul> </li> </ul>

CAPACIDADES TERMINALES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar las medidas y ajustes de los parámetros del sistema según las especificaciones de la documentación técnica del mismo, utilizando las herramientas apropiadas que permitan su puesta a punto en cada caso.</li><li>• Elaborar un informe-memoria de las actividades desarrolladas y resultados obtenidos, estructurándolo en los apartados necesarios para una adecuada documentación de las mismas (descripción del proceso seguido, medios utilizados, medidas, explicación funcional y esquemas).</li></ul>

#### 4. Orientaciones metodológicas

En consonancia con los principios metodológicos generales que se derivan de la LOGSE, hemos de tener en cuenta que en la Formación Profesional Específica ha de aplicarse un aprendizaje significativo, para lo cual es necesario emplear un modelo constructivista.

Así, atendiendo a lo expuesto en la LOGSE, Artículo 34, punto 3, la metodología que a continuación se reflejará pretende promover la integración de contenidos científicos, tecnológicos y organizativos, que favorezcan en el alumno la capacidad para aprender por sí mismo y para trabajar de forma autónoma y en grupo.

Dado el carácter formativo terminal del módulo y teniendo en cuenta que el objetivo es la certificación de profesionalidad así como la inserción laboral del alumno, se han establecido los principios metodológicos desde el punto de vista práctico, sin perder como punto de mira el entorno socio-cultural, laboral y productivo.

Los principios metodológicos son:

1. Los contenidos estarán dirigidos de forma que se potencie el "Saber Hacer".
2. Secuenciar el proceso de aprendizaje de forma que las capacidades sean adquiridas de forma adecuada.
3. Informar de los contenidos, capacidades terminales, criterios de evaluación, unidades de competencia, unidades de trabajo y actividades en el módulo.
4. Presentar los contenidos teóricos y prácticos de cada unidad didáctica.
5. Indicar los criterios de evaluación a seguir en cada unidad didáctica.
6. Realizar una evaluación inicial.
7. Comenzar las unidades didácticas con una introducción motivadora, poniendo de manifiesto la utilidad de la misma en el mundo profesional.
8. Presentar la documentación técnica necesaria para el desarrollo de las unidades de trabajo.
9. Realizar trabajos o actividades individuales o en grupo.
10. Llevar a cabo visitas técnicas y/o culturales.
11. Proporcionar la solución de supuestos prácticos como modelo de las actividades que se van a realizar.

12. Realizar actividades alternativas para afianzar el contenido de las unidades didácticas y unidades de trabajo.
13. Poner en común el resultado de las actividades.
14. Dar a conocer el entorno socio-cultural y laboral.
15. Fomentar estrategias que provoquen un aprendizaje y una comprensión significativa del resto de los contenidos educativos: hechos, conceptos, principios, terminología, etc.
16. Utilizar el binomio teoría y práctica de forma permanente durante todo el proceso de aprendizaje.
17. Comprobar y evaluar los conceptos, procedimientos y actividades durante el desarrollo de las actividades.

Los temas deben exponerse en un lenguaje sencillo a la vez que técnico para que el alumno, futuro profesional, vaya conociendo la terminología y el argot que se utiliza en el campo de los prototipos electrónicos.

El laboratorio de electrónica y/o de informática es el espacio en el que se debe desarrollar el módulo, que cuenta con los materiales básicos para su desarrollo, constituido por instrumentos básicos electrónicos, ordenadores, periféricos, juegos de herramientas, entrenador para dispositivos digitales, programas informáticos, manuales de características de componentes electrónicos, medios audiovisuales, etc.

Si alguno de los temas que se desean desarrollar en este módulo son materias difícilmente transportables al aula, debemos valernos de material gráfico como diapositivas, vídeos, dispositivos programables, programas de ordenador, simuladores, catálogos comerciales, muestras reales, etc., que se puedan desarrollar en el laboratorio, para que el alumno conozca los materiales y elementos fundamentales que componen estos sistemas.

Se deben suministrar a los alumnos prototipos comerciales, programas o aplicaciones electrónicas de uso práctico, para que trabajen sobre ellos y puedan correlacionar la información teórica impartida con el desarrollo práctico de los diferentes temas, comprobando los diseños, las especificaciones técnicas y económicas.

Las visitas a empresas fabricantes de material electrónico, de placas de circuitos impresos, de empresas de programación, de elaboración de software y hardware, etc., son de gran utilidad, y en su defecto utilizar información técnico-comercial, de

fabricantes o distribuidores, para que los alumnos conozcan los materiales, formas de comercialización, técnicas de gestión de proyectos, procesos de fabricación, etc.

Inculcar la idea de trabajo en equipo, diseñando los trabajos o actividades por equipos de alumnos (2 o 3 por actividad).

Plantear las prácticas sobre la base del orden de ejecución de las tareas, la exactitud en la supervisión de los montajes y las conexiones, comprobación de las verificaciones y de los equipos instalados, la configuración de los sistemas operativos y su mantenimiento y sobre todo resaltar las normas básicas de seguridad para los trabajos y de la calidad total que mejoran los procesos y la competitividad de los trabajos.

En el libro editado por ANELE sobre propuestas didácticas para el profesorado de FP, que desarrolla el ciclo formativo, editado por el Ministerio de Educación y Ciencia, y en el que se basa el desarrollo de esta guía del profesor, aparece desarrollado el módulo Sistemas Electrotécnicos de Potencia y que puede ser de gran interés para el profesor por su contenido.

### **REQUISITOS DE ESPACIOS E INSTALACIONES NECESARIOS PARA PODER IMPARTIR EL CURRÍCULO DEL CICLO FORMATIVO DE TÉCNICO SUPERIOR EN SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICOS**

De conformidad con la Disposición Final Segunda del Real Decreto 619/95, de 21 de abril, por el que se establece el título de Técnico Superior en Sistemas de Regulación y Control Automáticos, los requisitos de espacios e instalaciones de dicho ciclo formativo son:

<b>Espacio formativo</b>	<b>Superficie</b>	<b>Grado de utilización</b>
Aula técnica de diseño electrotécnico	90 m <sup>2</sup>	35%
Laboratorio de sistemas automáticos	120 m <sup>2</sup>	45%
Aula polivalente	60 m <sup>2</sup>	20%

El "grado de utilización" expresa en tanto por ciento la ocupación del espacio, por un grupo de alumnos, prevista para la impartición del ciclo formativo.

En el margen permitido por el "grado de utilización", los espacios formativos establecidos pueden ser ocupados por otros grupos de alumnos que cursen el mismo u otros ciclos formativos, u otras etapas educativas.

En todo caso, las actividades de aprendizaje asociadas a los espacios formativos (con la ocupación expresada por el grado de utilización) podrán realizarse en superficies utilizadas también para otras actividades formativas afines.

No debe interpretarse que los diversos espacios formativos identificados deban diferenciarse necesariamente mediante cerramientos.

## **5. Índice secuencial de las unidades de trabajo: organización de los contenidos**

El análisis de las capacidades terminales, criterios de evaluación y contenidos del currículo de este módulo, junto con el contenido organizador elegido, llevan a proponer una metodología en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se desarrolle alrededor de entrenadores que simulen situaciones reales de trabajo y que implique el manejo de bibliografía y documentación técnica.

Los contenidos de este módulo están divididos en cuatro partes claramente diferenciadas:

1. Instalaciones de distribución eléctrica, tipología y características.
2. Instalaciones industriales. Control de máquinas eléctricas. Tipología y características.
3. Electrónica de potencia.
4. Control y regulación de máquinas eléctricas. Tipología y características.

Las dos primeras partes se describen ampliamente en libros que desarrollan los módulos de Instalaciones Eléctricas de Enlace y Centros de Transformación y Automatismos Eléctricos, de los que se pueden entresacar los siguientes contenidos que se deben desarrollar en el módulo:



## **Unidad didáctica 1. Instalaciones de distribución eléctrica**

Líneas de media tensión (MT) y centros de transformación (CT). Componentes y equipos.

Instalaciones de distribución eléctrica de BT en ambiente industrial.

Equipos de medida y tarificación eléctrica.

Reglamentación y normativa electrotécnica. Simbología y representación de esquemas.

Medidas de protección.

Cálculo y diseño de equipos e instalaciones de distribución en BT.

Diagnóstico y localización de averías.

## **Unidad didáctica 2. Instalaciones industriales: control de máquinas eléctricas**

Clasificación de las máquinas eléctricas en función de sus aplicaciones industriales.

Características mecánicas de las máquinas eléctricas de CC y de CA monofásicas y trifásicas.

Conexión de máquinas eléctricas de CC y de CA.

Equipos y cuadros de control de máquinas eléctricas de CC y de CA. Elementos de mando, medida, maniobra y control.

Instalaciones industriales. Clasificación y características.

Reglamentación y normativa electrotécnica. Simbología y representación de esquemas.

Medidas de protección.

Cálculo y diseño de equipos e instalaciones industriales.

Diagnóstico y localización de averías.

Las dos segundas partes se desarrollan en el libro "Sistemas Electrotécnicos de Potencia" en sus 5 capítulos.

### **Unidad didáctica 3. Electrónica de potencia**

Dispositivos electrónicos de potencia: diodos, transistores y tiristores.

Rectificadores monofásicos y trifásicos. Rectificación controlada.

Análisis de circuitos básicos en electrónica de potencia, monofásicos y trifásicos.

Convertidores electrónicos: CC/CC, CC/CA, CA/CA.

Aplicaciones de sistemas electrónicos de potencia: sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), sistemas de calentamiento y de soldadura eléctrica por resistencia, etc.

Análisis e interpretación de esquemas de sistemas electrónicos de potencia.

Configuración de los sistemas.

Diagnóstico y localización de averías.

### **Unidad didáctica 4. Control y regulación electrónica de máquinas eléctricas. Tipología y características**

Estructura general de los sistemas de regulación de máquinas eléctricas.

Dispositivos que componen la cadena de regulación (sensores, reguladores, accionadores). Tipología y características.

Regulación de velocidad de los motores de CC. Técnicas y medios utilizados.

Regulación de velocidad de los motores de CA. Técnicas y medios utilizados.

Sistemas de posicionamiento.

Frenado eléctrico de motores.

Configuración de los sistemas.

Diagnóstico y localización de averías.

En el libro “Sistemas Electrónicos de Potencia: Electrónica de regulación y control de potencia”, se desarrollan la tercera y cuarta parte de forma exhaustiva.

Para elegir las unidades didácticas de los contenidos organizadores se ha tenido en cuenta la función que cumple este módulo dentro del ciclo formativo y cuya función se define como:

*Desarrollar, a partir de especificaciones técnicas, equipos e instalaciones automáticas de medida, control y regulación para máquinas, procesos y, en general, aplicaciones industriales.*

El contenido organizador del libro, u organización de contenidos, se ha llevado a cabo en una serie de etapas claramente diferenciadas, siendo la estructura de contenidos de tipo lineal, reflejándose las etapas de forma consecutiva y en el orden adecuado:

Capítulo 1.- Transductores, sensores y circuitos acondicionadores.

Capítulo 2.- El diodo de potencia, el tiristor y el GTO. Rectificación.

Capítulo 3.- Transistores POWER - MOSFET, IGBT'S y BJT'S.

Capítulo 4.- Regulación de velocidad para motores de CC.

Capítulo 5.- Regulación de velocidad para motores de CA.

Es conveniente que el desarrollo del módulo empiece por la presentación del curso y de la metodología a emplear y un estudio-descripción de las 4 unidades de trabajo de que se compone el módulo.

## 6. Estructura de las unidades de trabajo del libro del alumno

Cada una de las unidades didácticas o capítulos del libro está compuesta por los siguientes apartados:

- Introducción.
- Contenidos.
- Objetivos.
- Desarrollo de los contenidos.
- Actividades y autoevaluación.

## 7. Distribución temporal de las unidades de trabajo

Según se indicaba en el apartado 2 de esta guía, este módulo se imparte en el 1<sup>er</sup> curso del ciclo formativo y tiene una duración de 190 horas lectivas, a razón de 5 horas a la semana.

La distribución de los tiempos o temporalización de las diferentes unidades o capítulos que forman el módulo, a modo de orientación, son:

Unidad Didáctica 0.	Presentación del módulo.	
Unidad Didáctica 1.	Instalaciones de distribución eléctrica, tipología y características .....	40 horas
Unidad Didáctica 2.	Instalaciones industriales. Control de máquinas eléctricas. Tipología y características .....	40 horas
Unidad Didáctica 3.	Electrónica de potencia .....	55 horas
Unidad Didáctica 4.	Control y regulación de máquinas eléctricas. Tipología y características.....	55 horas

Las unidades didácticas 3 y 4 son las que se desarrollan en el libro “Sistemas electrotécnicos de potencia: electrónica de regulación y control de potencia”, que comprende los siguientes capítulos:

Unidad Didáctica 3.- Electrónica de potencia.

Capítulo 1.- Transductores, sensores y circuitos acondicionadores.

Capítulo 2.- El diodo de potencia, el tiristor y el GTO. Rectificación.

Capítulo 3.- Transistores POWER - MOSFET, IGBT'S y BJTS.

Unidad Didáctica 4.- Control y regulación de máquinas eléctricas. Tipología y características.

Capítulo 4.- Regulación de velocidad para motores de CC.

Capítulo 5.- Regulación de velocidad para motores de CA.

## 8. Elementos curriculares o unidades de trabajo

En este apartado se describen, a modo de ejemplo, algunos de los elementos curriculares que definen las unidades didácticas o de trabajo.

### Redes de distribución eléctrica

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)
<ul style="list-style-type: none"><li>– Definición de las partes que forman una red de distribución.</li><li>– Análisis de la documentación de una red de distribución.</li><li>– Interpretación de los planos de una red de distribución y reconocer la simbología empleada.</li></ul>

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>– Realización de la proyección de diapositivas o de un vídeo de una red de distribución eléctrica.</li><li>– Análisis y estudio de la documentación de una red de distribución.</li><li>– Análisis e interpretación de los planos de una red de distribución.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Reconocer en los planos las distintas configuraciones de las redes de distribución y los símbolos empleados.</li><li>– Agrupar las redes de distribución según el tipo de conexión.</li><li>– Elaborar un trabajo en el que se recojan las principales características de las redes de distribución.</li></ul>

## Redes de distribución aéreas. Componentes

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificación de una línea de distribución aérea, en la que podamos observar los apoyos de la línea, los aisladores; aparatos pararrayos, elementos de maniobra (seccionadores), etc.</li> </ul>	
ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificación, por medio de catálogos, de los distintos tipos de apoyos, crucetas y aparellaje empleados en las instalaciones de distribución.</li> <li>– Análisis y descripción de conductores utilizados para líneas aéreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reconocer distintos tipos de conductores eléctricos, indicando las características de cada uno, tipo de conductor, material, sección y técnicas de montaje, etc.</li> </ul>

## Redes de distribución subterráneas. Componentes, montaje y mantenimiento

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Presentación de la estructura de la red de distribución eléctrica subterránea.</li> <li>– Interpretación de los planos (de cables, geográfico, y topológico).</li> </ul>	
ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Visualización de vídeos de la realización de soldaduras en cables subterráneos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interpretar los planos para la realización de una zanja, y realizar el análisis de cómo se rellena la misma, teniendo especial cuidado en los medios de advertencia que hay que incluir al tapar dicha zanja.</li> <li>– Asistir a la realización de una zanja para un tendido de línea subterránea.</li> </ul>

## Centros de transformación

<b>PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Clasificación de los centros de transformación.</li> <li>– Definición de las partes de un centro de transformación tipo.</li> <li>– Definición de un centro de transformación aéreo, singularidades de este tipo de centro.</li> </ul>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Visionado de un vídeo donde se describan CT modulares, su proceso de montaje y puesta en servicio.</li> <li>– Elaboración de un programa de mantenimiento para un centro de transformación.</li> <li>– Realización de la clasificación de los CT según su alimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interpretar los planos del proyecto, separando las zonas de AT de las de BT y los equipos de medida.</li> <li>– Reconocer la placa de características de un transformador.</li> <li>– Seleccionar correctamente las herramientas que se emplean para efectuar maniobras en los CT.</li> </ul>

## Medidas eléctricas

<b>PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis de los conceptos básicos de medidas eléctricas.</li> <li>– Presentación de la simbología utilizada en los aparatos eléctricos.</li> </ul>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elaboración de tablas para recoger las medidas eléctricas.</li> <li>– Aplicación de los símbolos de los aparatos de medida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identificar los símbolos empleados en los aparatos de medida.</li> <li>– Aplicar de forma correcta la simbología de los aparatos de medida.</li> </ul>



## Tarifas eléctricas

<b>PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)</b>	<b>CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Análisis de las tarifas de corta duración.</li><li>– Metodología para el cálculo del recibo de energía eléctrica.</li><li>– Resolución de los cálculos del recibo de energía eléctrica para un suministro dado.</li><li>– Determinación de la tarifa más adecuada para una instalación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Tarifas eléctricas en alta tensión.</li><li>– Tarifas en baja tensión.</li><li>– Complementos de tarifas.</li></ul>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Búsqueda de la tarifa más adecuada en varios supuestos.</li><li>– Confección, en varios supuestos, del recibo de energía eléctrica en BT, incluyendo todos los apartados.</li><li>– Confección en varios supuestos del recibo de energía eléctrica en AT, incluyendo todos los apartados.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Aplicar adecuadamente la tarifa que más interesa en cada tipo de instalación.</li><li>– Calcular el importe total del recibo de una instalación con doble tarifa.</li><li>– Interpretar correctamente el recibo de energía eléctrica.</li></ul>

## Reglamentación

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis de la reglamentación existente.</li> <li>– Identificar la reglamentación a aplicar a las líneas aéreas de distribución.</li> <li>– Identificar la reglamentación a aplicar a las líneas aéreas subterráneas.</li> <li>– Identificar la reglamentación a aplicar a los centros de transformación.</li> <li>– Identificar la reglamentación a aplicar a las instalaciones de enlace e interior.</li> <li>– Análisis de la reglamentación sobre tarifas eléctricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Normas CENELEC, CEI y UNE.</li> <li>– Reglamento electrotécnico para baja tensión.</li> <li>– Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro.</li> <li>– Normas tecnológicas de la edificación: NTE.</li> <li>– Ley de Industria.</li> <li>– Normas particulares de las empresas eléctricas.</li> <li>– Real Decreto sobre acometidas eléctricas.</li> <li>– Real Decreto sobre tarifas eléctricas.</li> <li>– Reglamento sobre condiciones técnicas y medidas de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.</li> <li>– Reglamento de líneas aéreas eléctricas de alta tensión.</li> <li>– Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.</li> <li>– Ley del Sector Eléctrico.</li> <li>– Otras normas legales.</li> </ul>

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elaborar un dossier con la reglamentación a aplicar a un centro de transformación.</li> <li>– Elaboración de un esquema de la estructura y del contenido del reglamento de baja tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocer los reglamentos existentes y normativa para:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas aéreas.</li> <li>• Líneas subterráneas.</li> <li>• Centros de transformación.</li> <li>• Instalaciones de enlace.</li> <li>• Instalaciones interiores.</li> <li>• Puesta a tierra.</li> </ul> </li> </ul>

Los elementos curriculares de los 5 capítulos del libro son:

### Capítulo 1. Transductores, sensores y circuitos acondicionadores

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Clasificación y tipos de los transductores.</li> <li>– Descripción y manejo del puente de Wheatstone.</li> </ul>	<p><i>Transductores, sensores y circuitos acondicionadores.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Introducción.</li> <li>1.2. Clasificación de los transductores.</li> <li>1.3. Características de los transductores.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.3.1. Rango de medida.</li> <li>1.3.2. Sensibilidad.</li> <li>1.3.3. Resolución.</li> <li>1.3.4. Sobrerrango.</li> <li>1.3.5. Error de medida.</li> <li>1.3.6. Salida deseada.</li> <li>1.3.7. Respuesta en frecuencia.</li> <li>1.3.8. Respuesta temporal.</li> <li>1.3.9. Condiciones ambientales de trabajo.</li> </ol> </li> <li>1.4. Tipos de transductores.</li> <li>1.5. Transductores de temperatura.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.5.1. Transductor por efecto termoelectrico Termopar.</li> <li>1.5.2. Transductor mediante resistencia metálica.</li> <li>1.5.3. Transductores mediante semiconductor.</li> <li>1.5.4. Transductor a cuarzo.</li> <li>1.5.5. Pirómetros de radiación.</li> <li>1.5.6. Termómetro bimetálico.</li> <li>1.5.7. Termómetros por dilatación de fluidos.</li> </ol> </li> <li>1.6. Transductores de velocidad y desplazamiento.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.6.1. Transductores de velocidad angular analógicos.</li> <li>1.6.2. Transductores de velocidad angular digitales.</li> <li>1.6.3. Transductores de velocidad lineal.</li> <li>1.6.4. Transductores de desplazamiento analógicos.</li> </ol> </li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.6.5. Transductores de desplazamiento digitales.</li> <li>1.7. Transductores de fuerza o deformación.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1.7.1. Resistivos. Galgas extensométricas.</li> <li>1.7.2. Piezoeléctricos.</li> <li>1.7.3. Capacitivos.</li> </ul> </li> <li>1.8. Transductores de aceleración.</li> <li>1.9. Transductores de corriente de efecto Hall.</li> <li>1.10. El amplificador operacional.</li> <li>1.11. Circuitos acondicionadores con amplificadores operacionales.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1.11.1. Amplificador inversor.</li> <li>1.11.2. Amplificador no inversor.</li> <li>1.11.3. Seguidor de tensión.</li> <li>1.11.4. Amplificador diferencial.</li> <li>1.11.5. Circuito integrador.</li> <li>1.11.6. Circuito diferenciador.</li> <li>1.11.7. Circuito proporcional-integral.</li> <li>1.11.8. Circuitos comparadores de tensión.</li> </ul> </li> <li>1.12. Acondicionadores para transductores resistivos.</li> </ul>
--	--

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analizar las características de los transductores.</li> <li>– Principios de funcionamiento de los transductores.</li> <li>– Equilibrio y desequilibrio de un puente de Wheatstone.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analizar los transductores de velocidad, de fuerza, de temperatura, etc., y definir sus características principales.</li> <li>– Compensar un termopar.</li> <li>– Calcular la tensión de salida de un puente de Wheatstone.</li> </ul>

## Capítulo 2. El diodo de potencia, el tiristor y el GTO. Rectificación

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocer los diodos, tiristores, y GTOs utilizados en los equipos de potencia.</li> <li>– Describir el funcionamiento de los dispositivos electrónicos de potencia.</li> <li>– Conocer el funcionamiento de los dispositivos electrónicos de potencia.</li> </ul>	<p><i>El diodo de potencia, el tiristor y el GTO. Rectificación.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Introducción.</li> <li>2.2. El diodo de potencia.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.2.1. Estructura básica. Características.</li> <li>2.2.2. Tensión de ruptura del diodo.</li> <li>2.2.3. Pérdidas en conducción.</li> <li>2.2.4. Características de conmutación.</li> <li>2.2.5. Tipos de diodos de potencia.</li> </ul> </li> <li>2.3. El tiristor.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.3.1. Estructura física.</li> <li>2.3.2. Característica tensión-corriente.</li> <li>2.3.3. El tiristor en estado de bloqueo (OFF).</li> <li>2.3.4. El tiristor en estado de conducción (ON).</li> <li>2.3.5. Principio de cebado por puerta.</li> <li>2.3.6. Formas de cebar un tiristor.</li> <li>2.3.7. Características de conmutación.</li> <li>2.3.8. Característica de puerta.</li> <li>2.3.9. Importancia de <math>di/dt</math> y <math>dv/dt</math>.</li> <li>2.3.10. Circuitos de disparo de puerta.</li> </ul> </li> <li>2.4. Tiristores de puerta TURN-OFF (GTO's).                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.4.1. Estructura física.</li> <li>2.4.2. Física del apagado.</li> <li>2.4.3. Característica de conmutación.</li> </ul> </li> <li>2.5. Rectificación.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.5.1. Rectificación en puente monofásico.</li> <li>2.5.2. Rectificación en puente trifásico.</li> <li>2.5.3. Rectificación trifásica totalmente controlada.</li> </ul> </li> </ul>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Explicar los efectos que ejercen la frecuencia de trabajo y las condiciones de temperatura sobre los dispositivos electrónicos de potencia.</li><li>– Identificar componentes activos y pasivos de un circuito.</li><li>– Conocer los principios de funcionamiento de los diodos, tiristores y GTOs.</li><li>– Conocer los parámetros fundamentales de los dispositivos de potencia mediante la utilización de manuales de características técnicas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Calcular las magnitudes básicas de un circuito contrastándolas con los valores reales obtenidos mediante medición.</li><li>– Relacionar los elementos reales con los símbolos que aparecen en los sistemas.</li></ul>

### Capítulo 3. Transistores POWER - MOSFET, IGBT'S y BJT'S

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocer los dispositivos electrónicos utilizados en los equipos de potencia.</li> <li>– Conocer el principio de funcionamiento de los transistores POWER-MOSFET, IGBT'S y BJT'S.</li> <li>– Conocer los sistemas de disparo y de corte utilizados para el funcionamiento de los distintos elementos electrónicos de potencia.</li> </ul>	<p><i>Transistores POWER-MOSFET, IGBT'S y BJT'S.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Introducción.</li> <li>3.2. Transistores MOSFET (Metal-Óxido-Semiconductor).               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.2.1. Estructura interna y funcionamiento (MOSFET de pequeña señal).</li> <li>3.2.2. Zonas de funcionamiento del MOSFET de acumulación de canal "N".</li> <li>3.2.3. Estructura básica de un MOSFET de potencia.</li> <li>3.2.4. Características de conmutación.</li> <li>3.2.5. Límites de funcionamiento. Área de operación segura.</li> <li>3.2.6. Estabilidad de temperatura.</li> <li>3.2.7. Pérdidas de potencia. Consideraciones térmicas.</li> <li>3.2.8. Funcionamiento en paralelo de los MOSFET.</li> </ol> </li> <li>3.3. Transistores IGBT'S.               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.3.1. Estructura de un IGBT de canal N. Funcionamiento.</li> <li>3.3.2. Características de conmutación.</li> </ol> </li> <li>3.4. Técnicas de excitación de los MOSFET e IGBT'S.</li> <li>3.5. Reducción del pico de corriente inverso.</li> <li>3.6. Aplicaciones.               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.6.1. Regulador reductor DC-DC (Buck).</li> <li>3.6.2. Convertidor elevador DC-DC (Boost).</li> <li>3.6.3. Regulador reductor-elevador (Buck-Boost).</li> <li>3.6.4. Regulador Cúck.</li> <li>3.6.5. Convertidor trifásico con MOSFET.</li> <li>3.6.6. Convertidor (Puente en "H") con carga inductiva.</li> </ol> </li> <li>3.7. El transistor bipolar de potencia (BJT).               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.7.1. Estructura y características.</li> <li>3.7.2. Características de conmutación.</li> <li>3.7.3. Pérdidas en conducción.</li> <li>3.7.4. Área de operación segura.</li> <li>3.7.5. Circuitos de disparo.</li> <li>3.7.6. Circuitos de protección (SNUBBERS).</li> </ol> </li> </ol>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Conocer los parámetros fundamentales de los dispositivos de potencia mediante la utilización de manuales de características técnicas.</li><li>- Identificar componentes activos y pasivos de un circuito.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relacionar los elementos reales con los símbolos que aparecen en los sistemas.</li><li>- Calcular las magnitudes básicas de un circuito contrastándolas con los valores reales obtenidos mediante medición.</li></ul>



## Capítulo 4. Regulación de velocidad para motores de CC

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocer las características principales de los motores de corriente continua.</li> <li>– Definir y diferenciar los sistemas de control de velocidad.</li> <li>– Conocer el funcionamiento del regulador de velocidad de un motor de CC.</li> </ul>	<p><i>Regulación de velocidad para motores de C.C.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1. Introducción.</li> <li>4.2. Principio de funcionamiento del motor de C.C.               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.2.1. Fuerza contraelectromotriz. Corriente de inducido. Par motor.</li> <li>4.2.2. Conexión de los motores de C.C.</li> <li>4.2.3. Modos de operación del motor de C.C.</li> <li>4.2.4. Características de velocidad y de par motor.</li> <li>4.2.5. Variación de la velocidad a par constante y a potencia constante.</li> </ul> </li> <li>4.3. Control analógico de sistemas.               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.3.1. Control de dos posiciones (Conectado/Desconectado).</li> <li>4.3.2. Control proporcional (P).</li> <li>4.3.3. Control integral (I).</li> <li>4.3.4. Control proporcional-integral (PI).</li> <li>4.3.5. Control proporcional y derivada (PD).</li> <li>4.3.6. Control proporcional, integrador y derivador (PID).</li> </ul> </li> <li>4.4. Función de transferencia del motor para modelo en pequeña señal.</li> <li>4.5. Regulador de velocidad de C.C.               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.5.1. Diagrama de bloques.</li> <li>4.5.2. Circuito de temporización lineal.</li> <li>4.5.3. Generador de onda triangular.</li> <li>4.5.4. Circuito comparador (PWM).</li> <li>4.5.5. Generador de impulsos (C.I. SP 601).</li> <li>4.5.6. Convertidor DC-DC (Bipolar).</li> <li>4.5.7. Regulador de velocidad (PI).</li> <li>4.5.8. Regulador de intensidad (PI).</li> <li>4.5.9. Circuito acondicionador de velocidad.</li> <li>4.5.10. Circuito de protección contra sobrecorrientes.</li> </ul> </li> </ul>

<b>ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Explicar el diagrama de bloques de un sistema electrónico de variación de velocidad de un motor de corriente continua.</li><li>- Enumerar los parámetros fundamentales que se deben tener en cuenta en el estudio y selección de un sistema electrónico de variación para motores de CC.</li><li>- Enumerar y describir el tipo de sensores que se utilizan en la regulación de máquinas de CC.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identificar los circuitos básicos de la aplicación con la función que realizan.</li><li>- Identificar componentes activos y pasivos de un circuito.</li><li>- Utilizar manuales técnico-comerciales de reguladores de velocidad de motores de CC.</li></ul>

## Capítulo 5. Regulación de velocidad para motores de CA

PROCEDIMIENTO (CONTENIDO ORGANIZADOR)	CONOCIMIENTOS (CONTENIDO SOPORTE)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocer las características principales de un motor asíncrono de CA.</li> <li>– Conocer los diferentes métodos de variación de velocidad de un motor trifásico.</li> <li>– Conocer todos los procesos necesarios para el diseño de pequeños circuitos de regulación y control.</li> </ul>	<p><i>Regulación de velocidad para motores de C.A.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1. Introducción.</li> <li>5.2. Principios de funcionamiento del motor de inducción.</li> <li>5.3. Placa de bornes de un motor asíncrono.</li> <li>5.4. Circuito equivalente de un motor de C.A.</li> <li>5.5. Balance de potencias en el motor asíncrono.</li> <li>5.6. Variación de la velocidad en el motor asíncrono.             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.6.1. Control por variación de la tensión estática.</li> <li>5.6.2. Control por variación de la frecuencia.</li> </ol> </li> <li>5.7. Circuito integrado "HEF 4752VP" para el control de motores asíncronos. Características.             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.7.1. Funciones de entrada/salida del C.I. HEF 4752.</li> </ol> </li> <li>5.8. Diagrama de bloques del accionamiento.</li> <li>5.9. Diseño y cálculo de los bloques constituyentes del circuito de potencia.             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.9.1. Rectificador + filtro.</li> <li>5.9.2. Resistencia de frenado (crowbar).</li> </ol> </li> <li>5.10. Convertidor puente trifásico.</li> <li>5.11. Formas de onda en bornes de un motor de inducción por P.W.M.</li> <li>5.12. Pérdidas durante la recuperación del diodo inverso.</li> <li>5.13. Análisis del proceso de conmutación de los elementos de potencia en una rama del inversor.</li> <li>5.14. Diseño y cálculo del inversor trifásico con MOSFET.</li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.15. Aislamiento de la señal de control. Circuito excitador.</li> <li>5.16. Circuito de marcha-paro.</li> <li>5.17. Circuito de temporización lineal: Referencia de la velocidad.</li> <li>5.18. Regulador de velocidad proporcional-integral.</li> <li>5.19. Circuito de compensación de "I-R".</li> <li>5.20. Circuito generador de impulsos PWM.</li> <li>5.20.1. Señal de reloj "FCT".</li> <li>5.20.2. Señal de reloj "VCT".</li> <li>5.20.3. Señales de reloj "RCT" y "OCT".</li> <li>5.21. Amplificador de impulsos.</li> <li>5.22. Encoder de velocidad. Principio de funcionamiento.</li> <li>5.23. Tacómetro digital. Visualizador.</li> <li>5.24. Circuito acondicionador de velocidad.</li> <li>5.25. Protección contra sobrecorrientes.</li> <li>5.26. Perfil armónico de la modulación senoidal del ancho de pulso.</li> <li>5.27. Eliminación de armónicos.</li> </ul>
--	---

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Describir y definir el funcionamiento de los diferentes tipos de circuitos de regulación y control y el tratamiento de la señales eléctricas que procesan.</li> <li>- Explicar el diagrama de bloques de un sistema electrónico de variación de velocidad de un motor de corriente alterna.</li> <li>- Conocer el funcionamiento de un regulador de velocidad de un motor de inducción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar manuales técnico-comerciales de reguladores de velocidad de motores de CA.</li> <li>- Enumerar y describir el tipo de sensores que se utiliza en la regulación de máquinas de CA.</li> <li>- Calcular las magnitudes básicas del sistema electrónico de variación de velocidad de un motor de CA contrastándolas con los valores reales obtenidos mediante medición.</li> </ul>

## **9. Actividades, cuestiones, problemas y prácticas propuestas**

Las actividades, cuestiones, problemas y prácticas propuestas que se plantean en el libro son un modelo indicativo de lo que los profesores pueden plantear o proponer como aplicación o desarrollo de los temas tratados en cada capítulo, siendo el profesor el que mejor conoce las necesidades y los recursos de sus alumnos y por lo tanto el que debe elaborar y proponer las acciones más convenientes.

### **Capítulo 1**

#### **CUESTIONES**

1. Clasificación de los transductores. Características fundamentales de los mismos.
2. Tipos de transductores de temperatura. Características principales.
3. El termopar: principios de funcionamiento y técnicas de compensación.
4. Clasificación de los transductores de velocidad y desplazamiento. Características principales.
5. Transductores de fuerza o deformación: tipos, características y principios de funcionamiento.
6. Transductores de corriente. Principios de funcionamiento.
7. Diferencias fundamentales entre un amplificador operacional ideal y real.
8. El amplificador de instrumentación. Características y cálculo de la tensión de salida.
9. Comparadores de tensión: tipos y función de transferencia.
10. El puente de Wheatstone. Equilibrio y desequilibrio del mismo. Cálculo de la tensión de salida.

## Capítulo 2

### CUESTIONES

1. Diferencias entre un diodo convencional y otro de potencia.
2. En un diodo de potencia: ¿De qué depende la tensión de ruptura  $BV_{BD}$ ? ¿Qué se entiende por corriente de recuperación inversa ( $I_R$ )?
3. Parámetros y límites operativos del tiristor. ¿Qué condiciones se han de cumplir para que un tiristor esté en conducción o en bloqueo?
4. Posibles formas de cebar un tiristor. ¿Por qué se le denomina dispositivo semicontrolado?
5. Importancia de la velocidad de crecimiento de la corriente ( $di/dt$ ) y de la tensión ( $dv/dt$ ) en el funcionamiento del tiristor.
6. Diferencias, tanto de estructura como de funcionamiento, entre un tiristor y un GTO.
7. ¿Cómo se consigue pasar a estado "OFF" al GTO? Importancia del circuito de disparo de puerta.
8. Tensión media de salida " $V_d$ " en un rectificador en puente monofásico y trifásico.
9. En un rectificador trifásico totalmente controlado: ¿Qué importancia tiene el ángulo de disparo " $\alpha$ " en su funcionamiento?
10. Efecto de la inductancia de línea " $L_S$ " en la tensión de fase en un rectificador totalmente controlado.

## Capítulo 3

### CUESTIONES

1. Clasificar los dispositivos totalmente controlados (GTO, BJT, MOSFET e IGBT'S) en función de: potencia máxima controlable, frecuencia máxima de trabajo y sencillez del circuito de control.
2. Diferencias estructurales entre un MOSFET y un IGBT. Ventajas e inconvenientes de dichas diferencias.
3. Regiones de funcionamiento de un MOSFET. Condiciones que se deben cumplir para que el transistor esté trabajando en cada una de ellas.
4. Área de operación segura de un MOSFET. Límites de funcionamiento.
5. Explicar el fenómeno "**latchup**" en un IGBT. Formas de evitarlo.
6. Técnicas de excitación de los MOSFET e IGBT'S.
7. Cálculo de la tensión media de salida  $V_0$  en los reguladores **buck**, **boost**, **buck-boost** y **cúck**.
8. Formas de onda en un convertidor trifásico con la carga conectada en estrella o en triángulo.
9. Área de operación segura de un transistor bipolar BJT. Indicar sus límites y la justificación de los mismos.
10. Tipos de protección (SNUBBER) a utilizar para los transistores BJT. ¿Cuál es su objetivo y cuándo es necesario su uso?

## Capítulo 4

### CUESTIONES

1. El motor de corriente continua: principio de funcionamiento y parámetros más importantes (fuerza contraelectromotriz, par motor, etc.).
2. Modos de operación de un motor de corriente continua.
3. Variación de la velocidad de un motor de corriente continua a par constante y a potencia constante.
4. Control analógico de sistemas: diagrama de bloques, función de transferencia.
5. Tipos de control más empleados en los sistemas de regulación industriales.
6. Función de transferencia de un motor de corriente continua para modelo en pequeña señal.
7. Diagrama de bloques de un regulador de velocidad para motores de corriente continua. Indicar sus partes más importantes.
8. ¿Cuál es el objetivo fundamental del circuito de temporización lineal a utilizar en un regulador de velocidad para motores de corriente continua?
9. Influencia de las constantes de tiempo de acción integral ( $\tau_{ai}$ ) y tiempo de integración ( $\tau_i$ ) de un control proporcional-integral en la respuesta del sistema.
10. Cálculo de la tensión media de salida ( $V_0$ ) y de las variaciones de corriente de carga ( $\Delta I_i$ ) para un convertidor DC-DC (bipolar).



## **Capítulo 5**

### **CUESTIONES**

1. El motor asíncrono de inducción: principio de funcionamiento, balance de potencias, característica par-velocidad.
2. Posibles formas de variar la velocidad en un motor asíncrono de inducción.
3. ¿En qué consiste la variación de velocidad por modulación de anchura de impulsos (PWM)?
4. Diagrama de bloques de un regulador de velocidad para motores de corriente alterna trifásico. Indicar sus partes más importantes.
5. Misión de la resistencia de frenado en el convertidor AC-DC (rectificador + filtro) de un sistema de regulación para motores de inducción.
6. Formas de onda (de tensión y de corriente) en bornas de un motor de inducción con control por PWM. Justificar el tiempo de conducción de cada uno de los elementos.
7. Análisis del proceso de conmutación de los elementos de potencia en una rama del inversor trifásico. Indicar los diferentes intervalos de tiempo que se producen en dicho proceso.
8. Misión del circuito de referencia de la velocidad y el circuito de compensación de I·R en un sistema de accionamiento por variación de frecuencia.
9. Detección de la velocidad de giro en un motor asíncrono (r.p.m.) mediante un sistema de detección opto-electrónico.
10. ¿Qué inconvenientes conlleva la presencia de armónicos en la tensión de alimentación de un motor de inducción cuando éste está alimentado con un convertidor estático de frecuencia?

## **10. Material didáctico (material y equipos didácticos)**

En primer lugar debemos considerar el libro “Sistemas electrotécnicos de Potencia: Electrónica de regulación y control de potencia”, como el primer material didáctico con el que cuenta el profesor y el alumno para el aprendizaje.

El libro se ha diseñado pensando en ello y se ha procurado ilustrar profusamente, incluyéndose ejemplos prácticos, esquemas y planos, tablas y cuadros y varias aplicaciones. Así mismo se incluye una bibliografía que permite ampliar y particularizar los temas expuestos por el profesor.

Desde el punto de vista práctico el material didáctico de apoyo más idóneo para impartir las clases son:

### **Medios de producción o tratamiento de la información**

Material de dibujo. Calculadora. Ordenador. Periféricos de ordenador (impresora, trazador gráfico, tableta digitalizadora). Programas informáticos de dibujo y diseño asistidos por ordenador (CAD-CAE) para la representación y cálculos eléctricos. Archivadores de planos. Material de oficina general. Herramientas manuales para trabajos eléctricos y mecánicos (alicates, destornilladores, pelacables, soldador). Instrumentos de medida y verificación eléctrica (polímetro, osciloscopio, frecuencímetro, pinza amperimétrica y vatimétrica, medidor de aislamiento, medidor de resistencia de tierra, luxómetro, termómetro, analizador de redes eléctricas polifásicas).

### **Materiales y productos intermedios**

Croquis de situación de las instalaciones. Cálculos. Planos y esquemas de las instalaciones. Listas de materiales. Aparellaje eléctrico general de mando, seccionamiento, protección y medida. Equipos de alimentación ininterrumpida. Semiconductores electrónicos de potencia y materiales auxiliares. Convertidores estáticos de frecuencia monofásicos y trifásicos. Máquinas eléctricas de CC y de CA monofásicas y trifásicas. Arrancadores estáticos progresivos para motores eléctricos de CA. Variadores electrónicos de velocidad para motores eléctricos de CC y CA. Sensores, transductores (dínamos tacométricas, "resolver", "encoder") y reguladores para sistemas de variación de velocidad.

### **Principales resultados del trabajo**

Productos y/o servicios: Documentación de anteproyectos técnico-económicos de sistemas de control y regulación de máquinas eléctricas. Documentación de proyectos de sistemas de control y regulación de máquinas eléctricas. Informes de verificación, puesta en servicio y mantenimiento de equipos automáticos de control y regulación de sistemas electrotécnicos de potencia.

### **Procesos, métodos y procedimientos**

Procedimientos (manuales y asistidos por ordenador) de diseño, cálculo y dibujo eléctrico de equipos e instalaciones de distribución en BT, equipos de control y regulación electrotécnica. Procedimientos de canalización en instalaciones electrotécnicas. Procedimientos de ensayo de máquinas eléctricas. Procedimientos de localización de averías en sistemas electrotécnicos de potencia. Procedimientos de medida de resistencias de tierra. Procedimientos de medida de aislamiento. Procedimientos de medida de rigidez dieléctrica. Procedimientos de análisis de redes eléctricas (análisis de parámetros: potencia activa, tensión, intensidad y factor de potencia).

### **Información. Naturaleza, tipo y soportes**

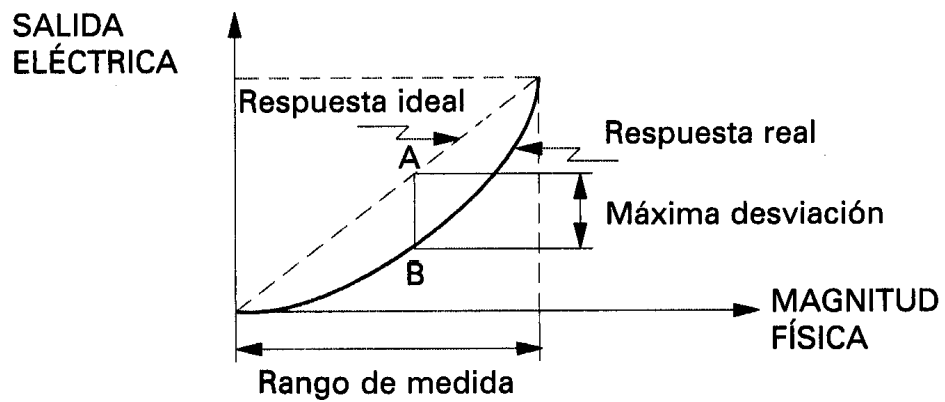
Especificaciones de proyectos de sistemas automáticos electrotécnicos de potencia. Reglamentación y normativa electrotécnica. Catálogos especializados de materiales y equipos eléctricos (en papel o en soporte informático –bases de datos específicas–). Bases de datos de ingeniería (histórico de soluciones). Normas de seguridad de personas y equipos.

### **Normativa y reglamentación específica**

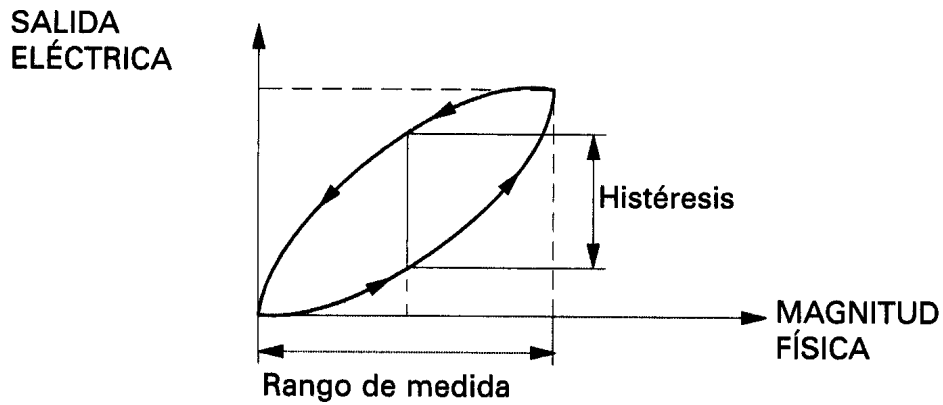
Reglamento Electrotécnico de B.T. e instrucciones complementarias. Normas de reglamentación electrotécnica (UNE, CEI, CENELEC). Normativa sobre seguridad eléctrica.

## 11. Material pedagógico de apoyo para la impartición del módulo

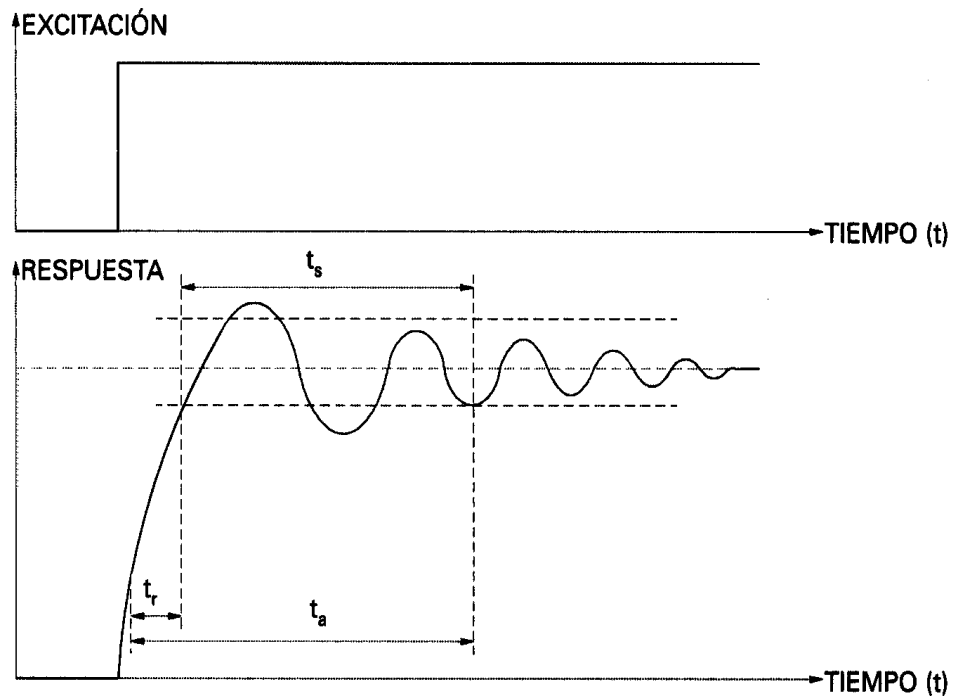
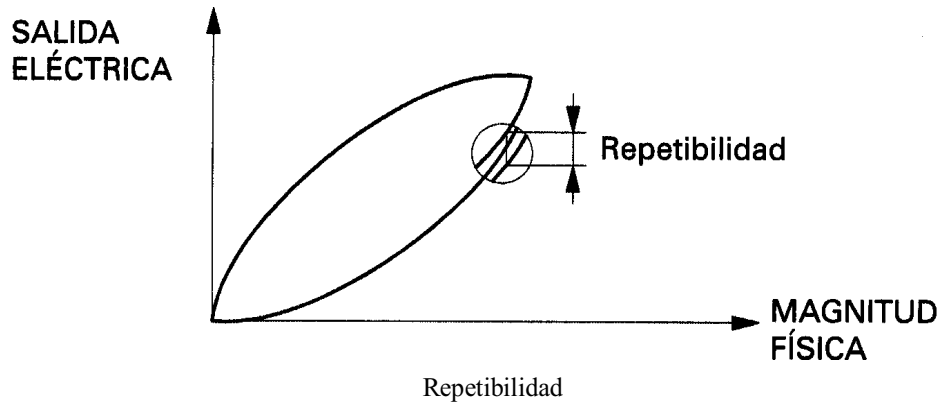
Los dibujos y esquemas siguientes:



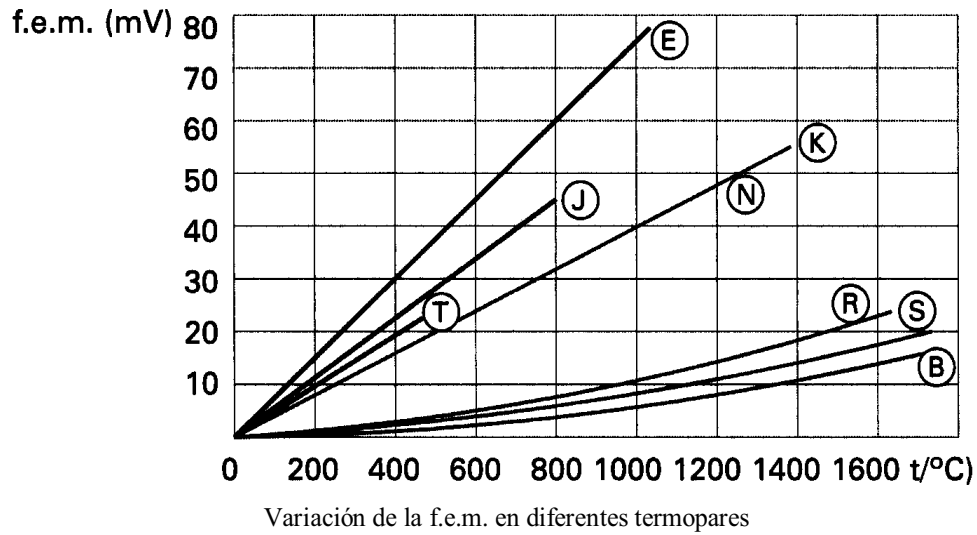
Error de linealidad



Histéresis



Respuesta temporal

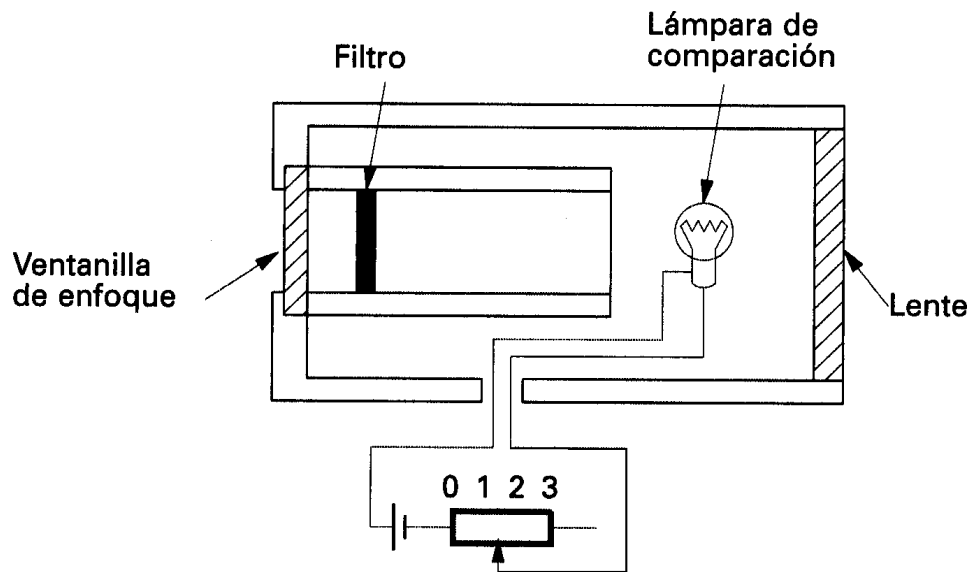


Tipo de transductor	Rango de medida (°C)
Termopar	-270 a 1820
Resistencia Metálica	-260 a 1400
Termistor	-100 a 450
Transistor	-50 a 150
Circuito integrado	-50 a 150
Cuarzo	-100 a 250
Pirómetro de radiación	300 a 3000
Termómetro bimetálico	-200 a 500
Dilatación de líquido	-55 a 600
Dilatación de gas	-100 a 600
Dilatación de vapor	0 a 400

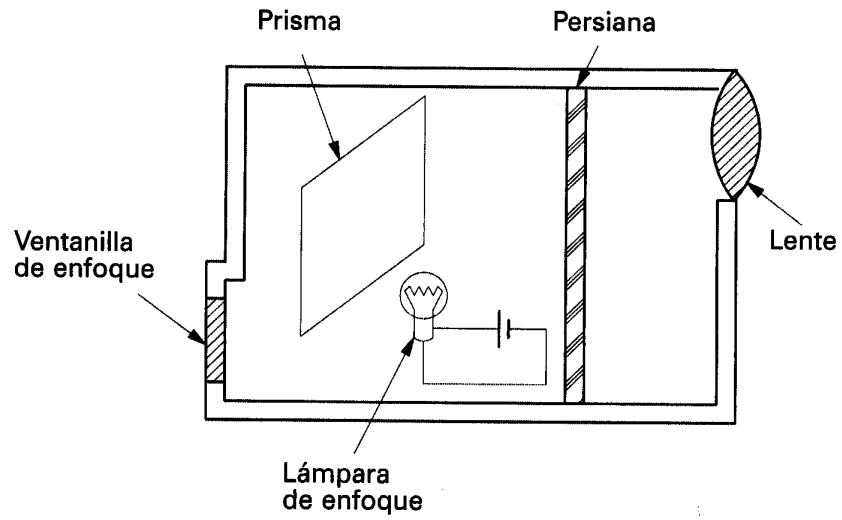
Rango aproximado de medida de diferentes transductores de temperatura

Material	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coefficiente de temperatura $(^\circ\text{C})^{-1}$	Rango de medida $(^\circ\text{C})$	Precisión $^\circ\text{C}$
Cobre	1,56	0,00425	-200 a 120	0,10
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	-150 a 300	0,50
Platino	9,83	0,00385	-200 a 950	0,01

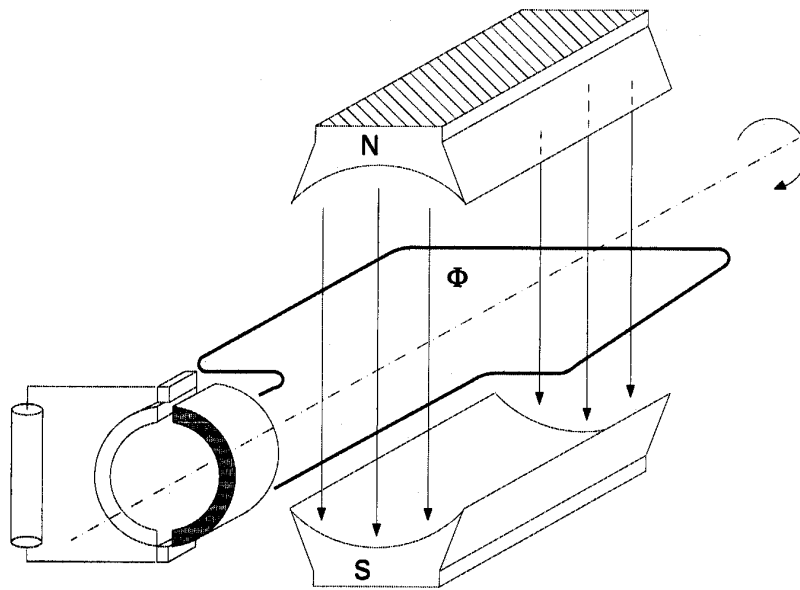
Características de las sondas de resistencia metálica



Pirómetro manual de radiación parcial (corriente variable)

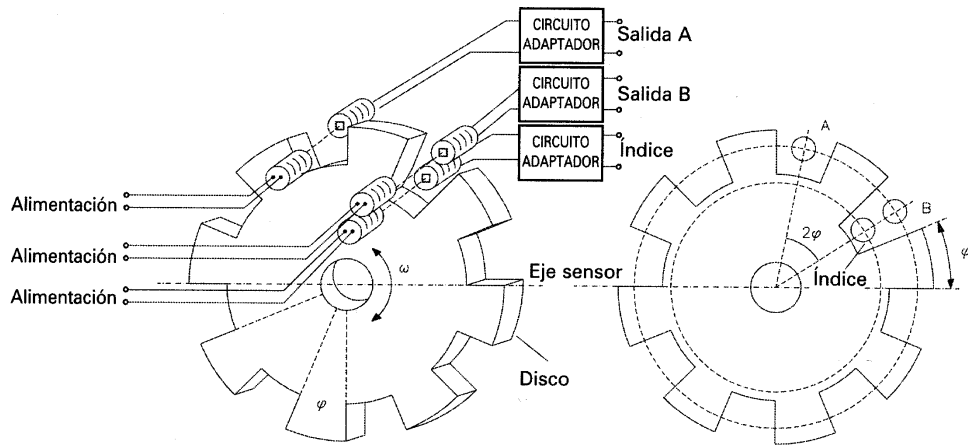


Pirómetro manual de radiación parcial (corriente constante)

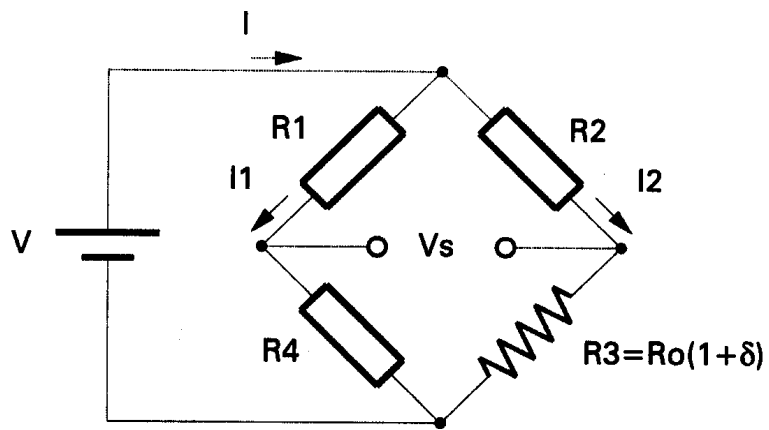


Tacodinamo de una sola espira en la posición "b"

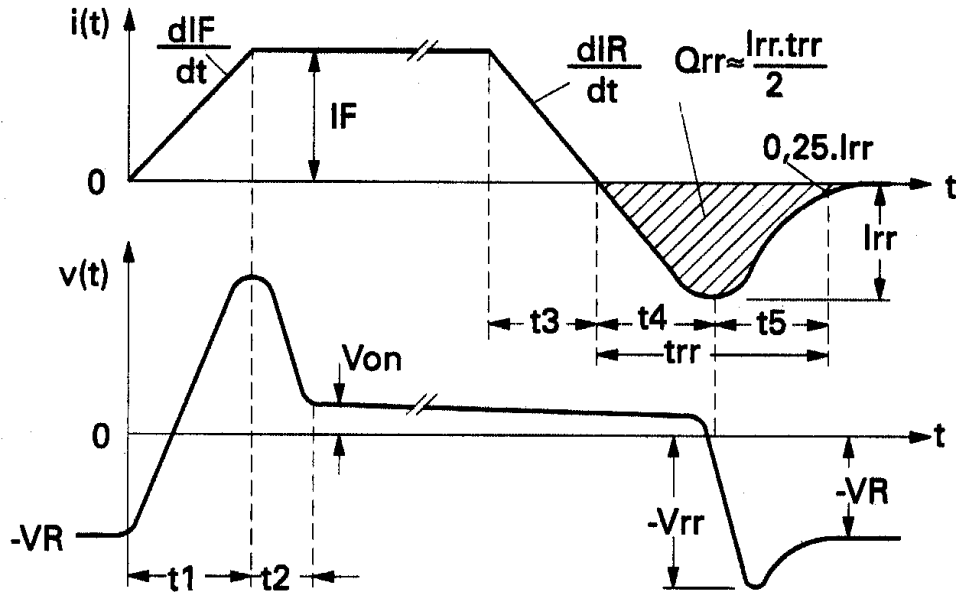




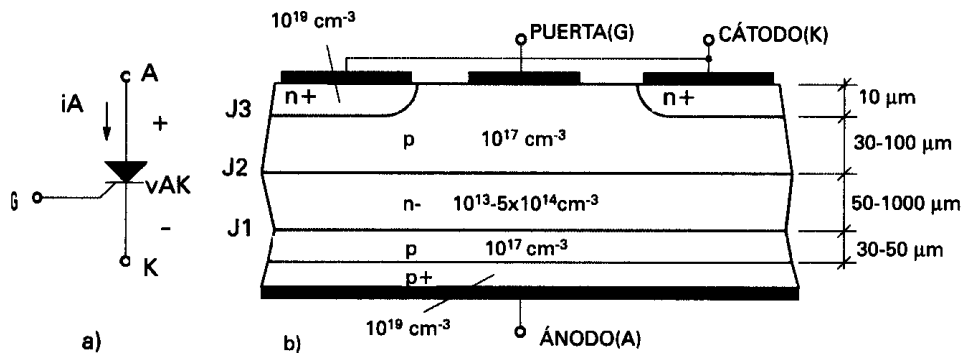
Encoder incremental con detección de sentido de giro



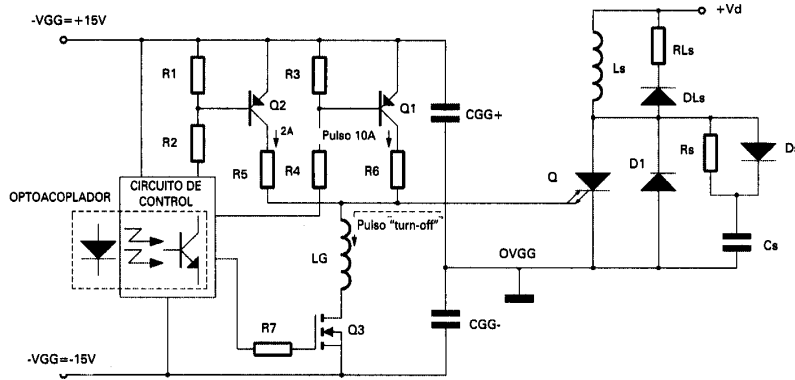
Puente de Wheatsone funcionando por deflexión



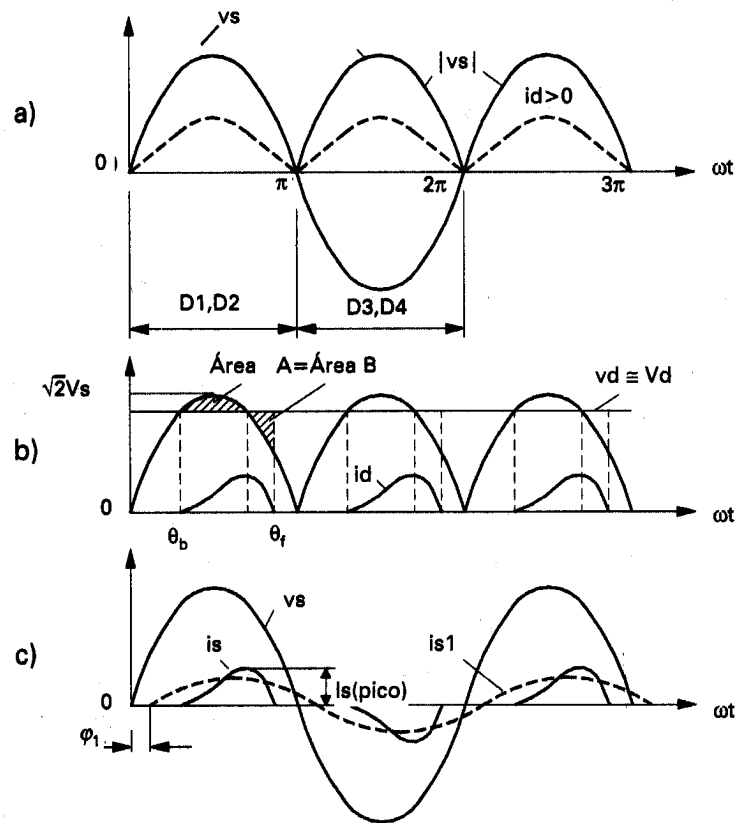
Características de conmutación del diodo de potencia



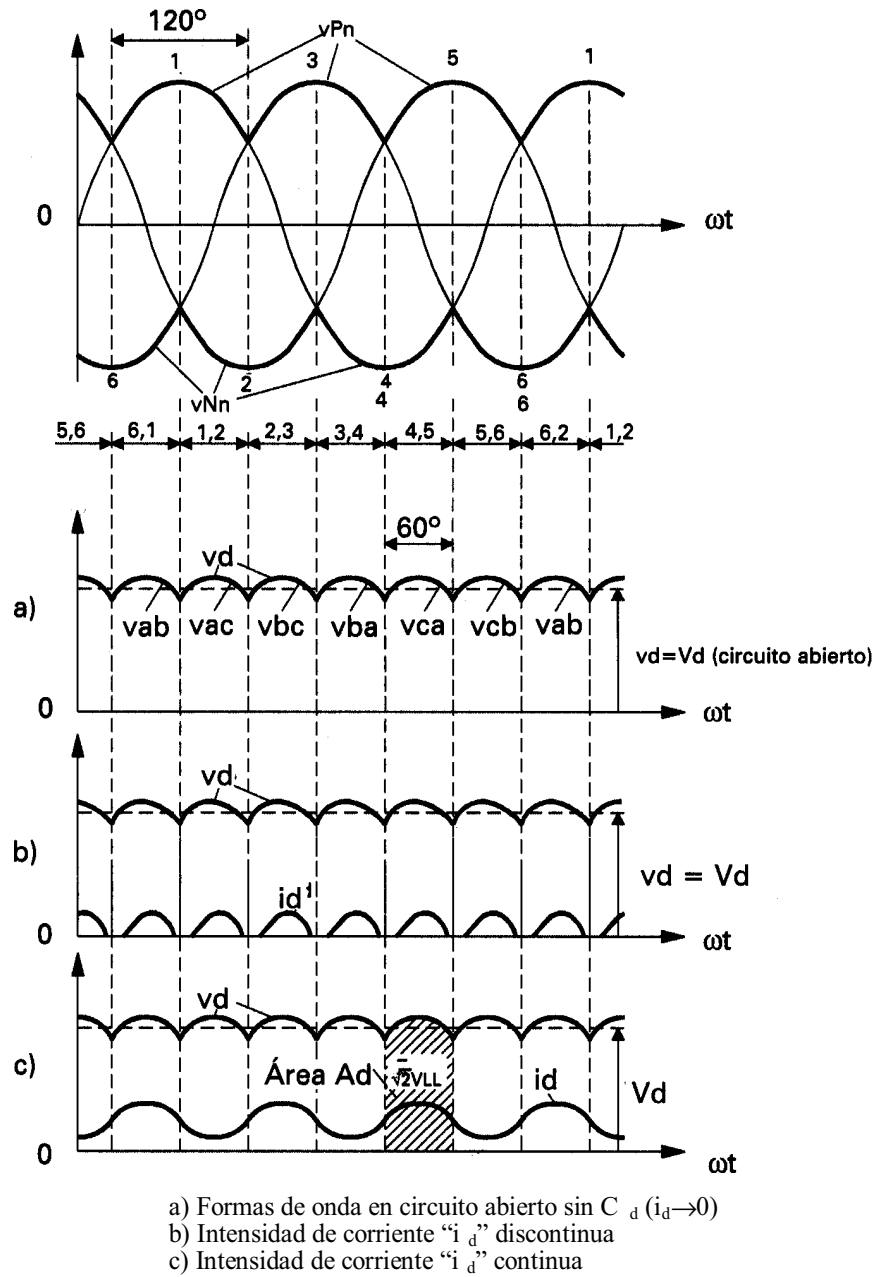
Estructura interna y símbolo del tiristor

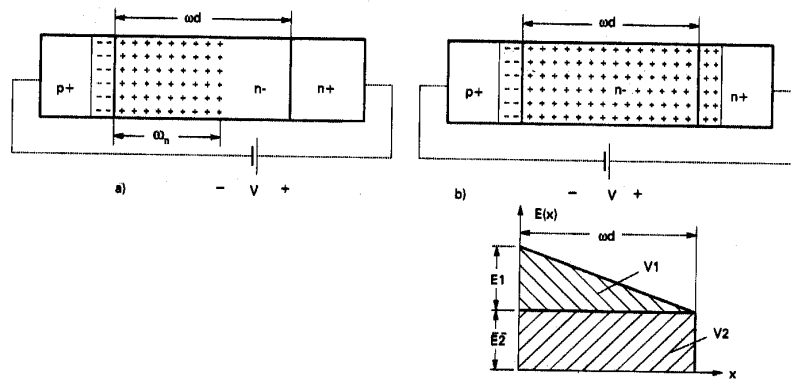


Circuito de disparo para GTO

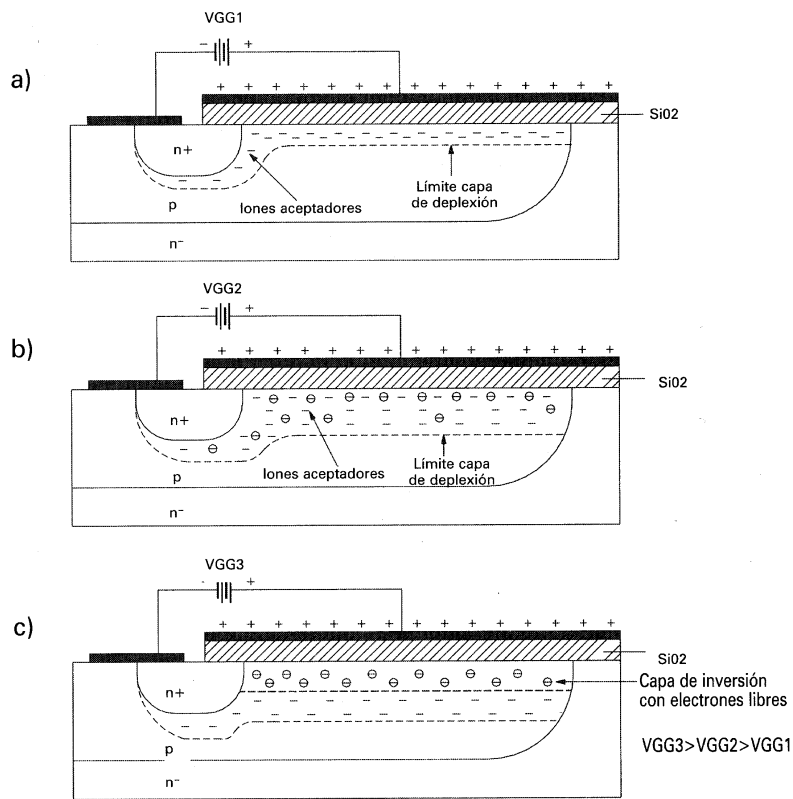


Formas de onda



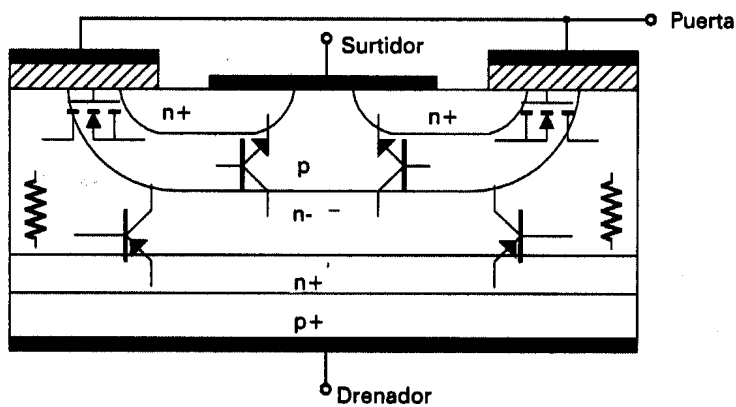
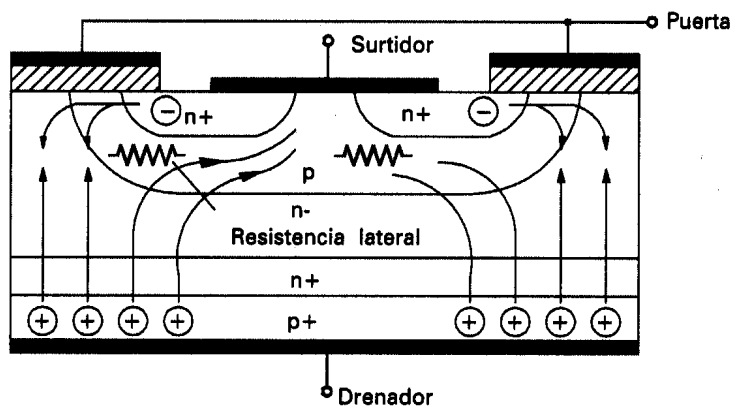
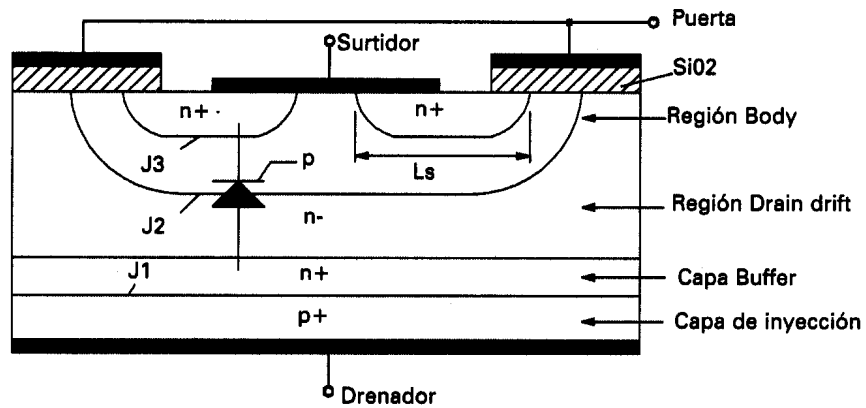


Anchura de la región de carga espacial

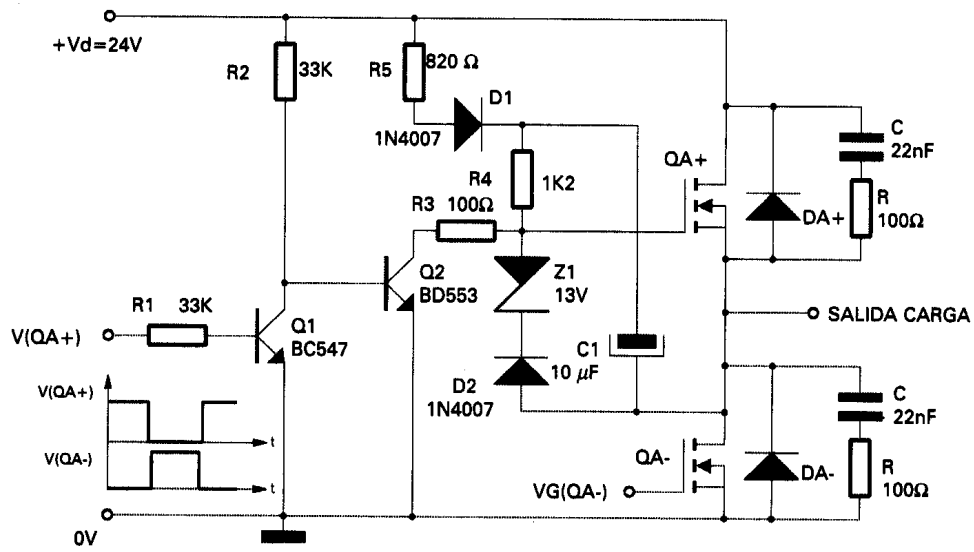


a, b) Formación de la capa de deplexión

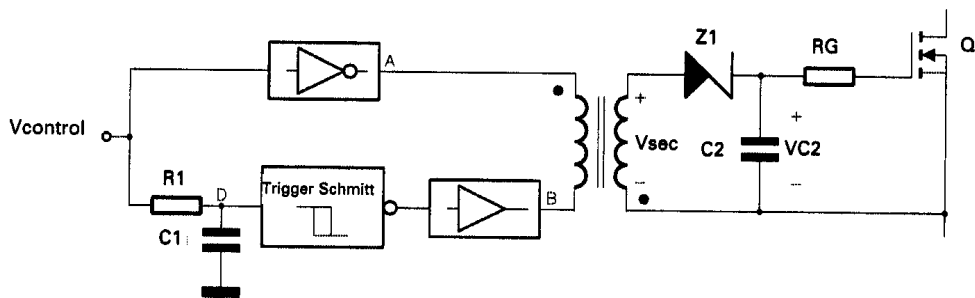
c) La capa de inversión interfiere con el SiO<sub>2</sub> cuando la tensión puerta fuente a umenta.



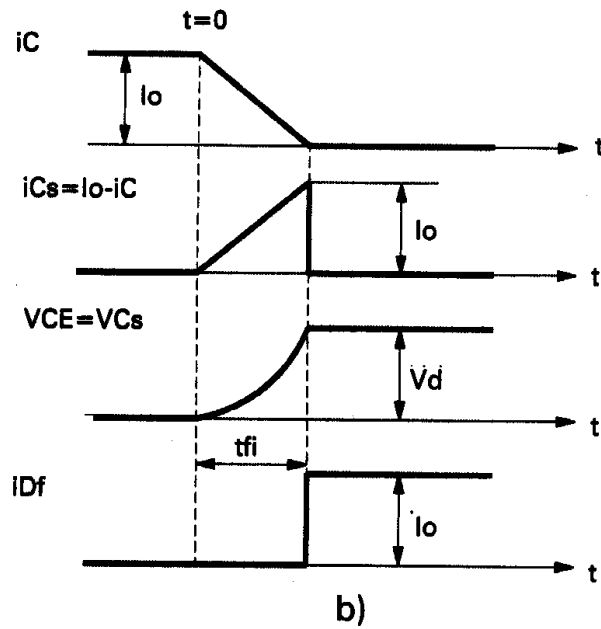
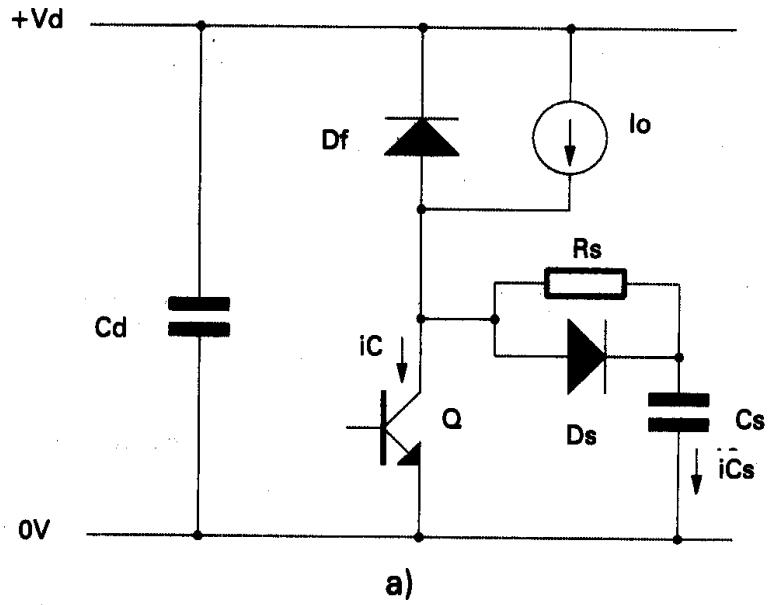
Estructura interna de un IGBT de canal N



Rama de un inversor con circuito de excitación

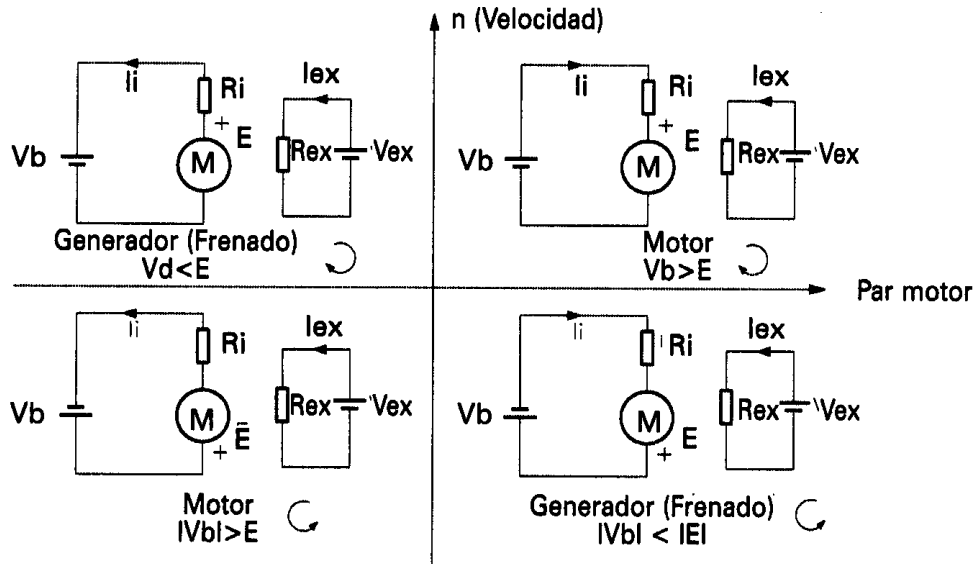


Driver completo mediante transformador de impulsos

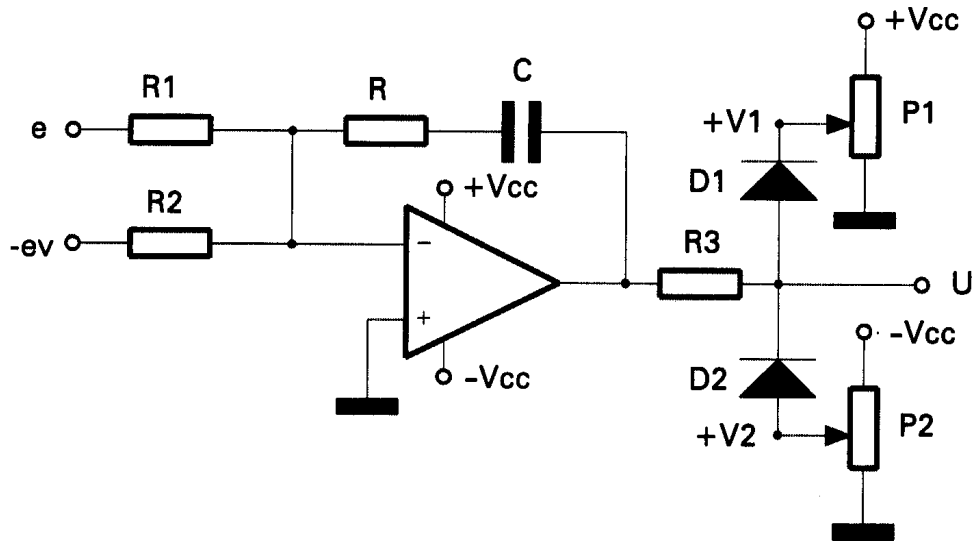


a) Snubber "TURN-OFF"; b) Transitorio ON →OFF

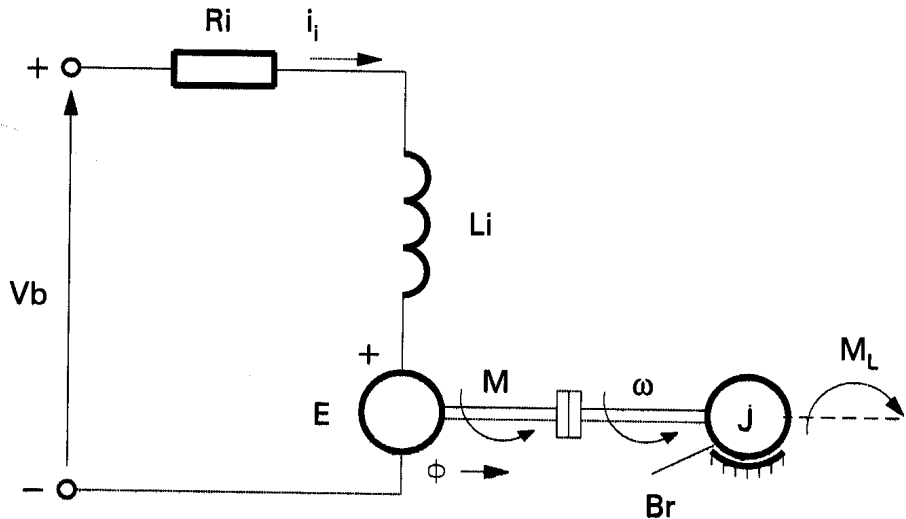




Modos de operación en un motor de c.c. con excitación independiente



Circuito de ajuste independiente



Circuito equivalente de un motor de c.c.

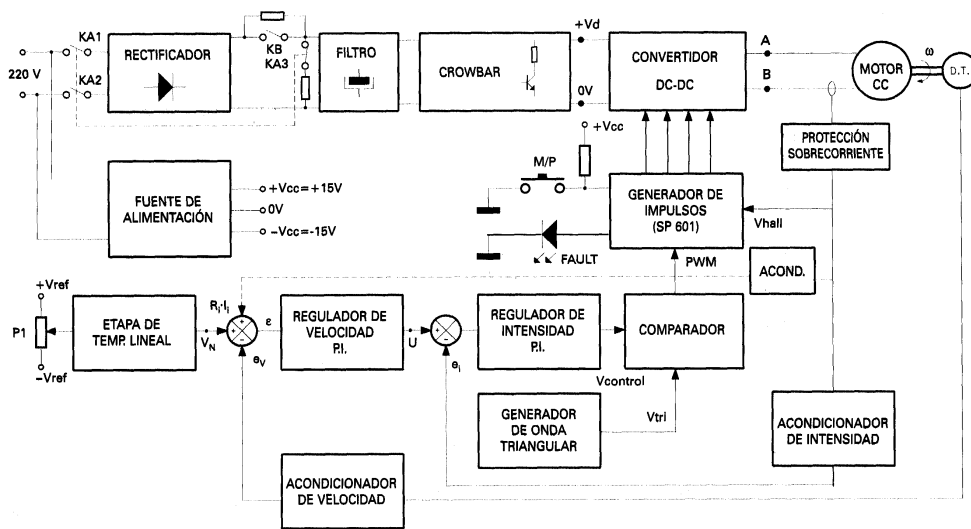
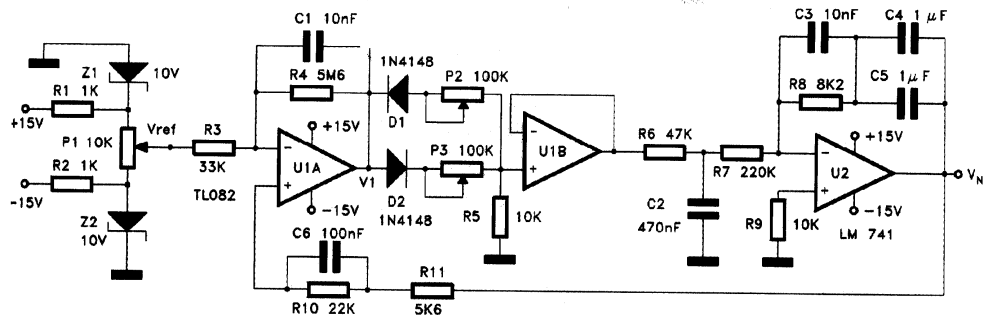
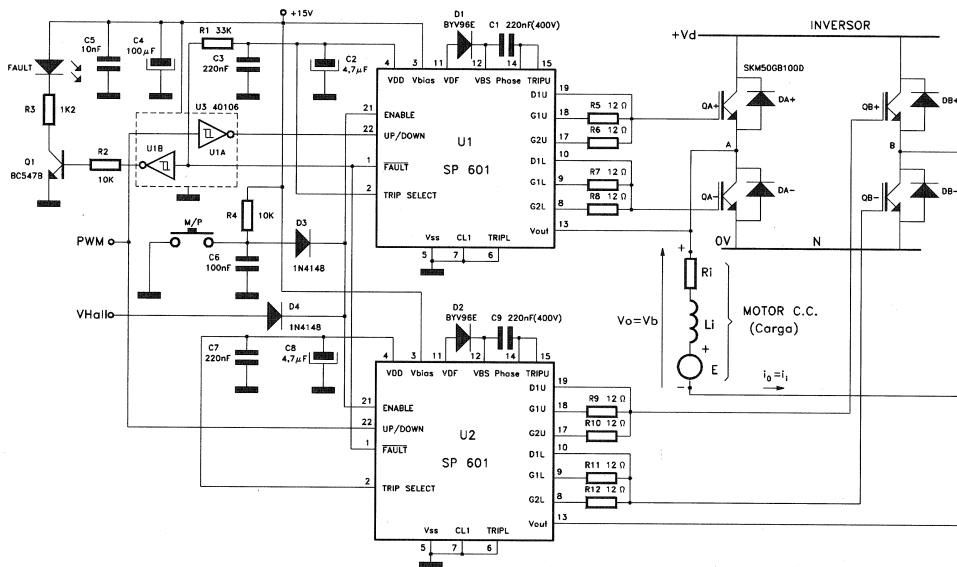


Diagrama de bloques de un regulador de velocidad de c.c.



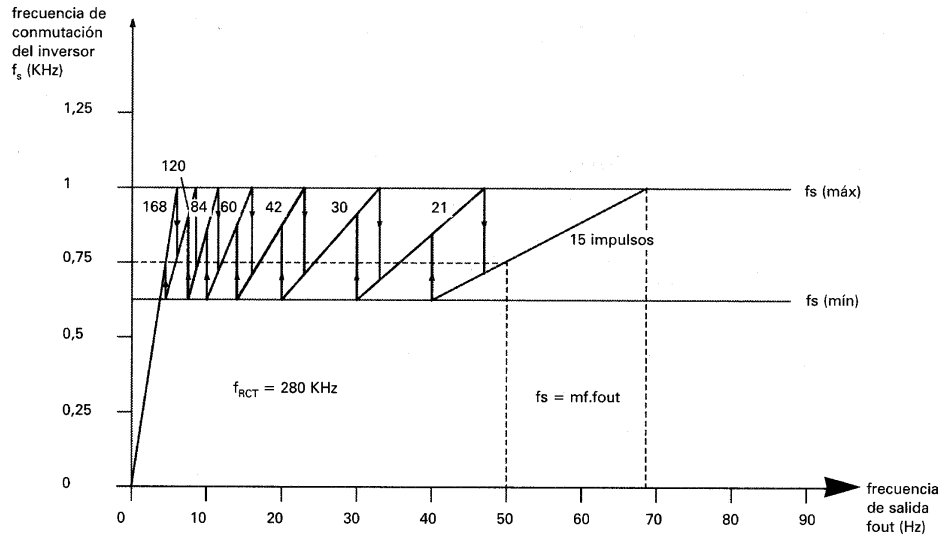
Circuito de temporización lineal



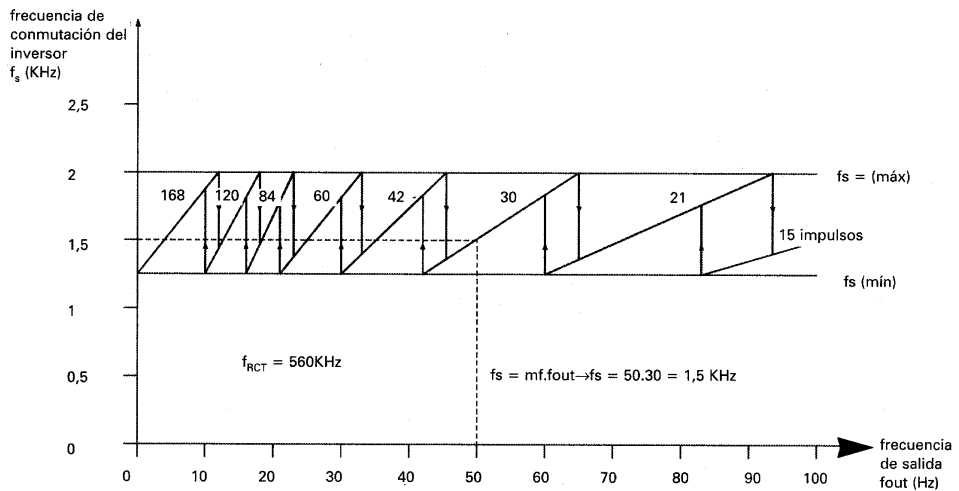
Generador de impulsos + inversor

Grupo	Pin	Denominación	Función
Señales de excitación del inversor	8	OAM1	Fase principal A
	9	OAM2	Fase principal A
	10	OAS1	Conmutación fase A
	11	OAS2	Conmutación fase A
	22	OBM1	Fase principal B
	21	OBM2	Fase principal B
	20	OBS1	Conmutación fase B
	19	OBS2	Conmutación fase B
	3	OCM1	Fase principal C
	2	OCM2	Fase principal C
	1	OCS1	Conmutación fase C
	27	OCS2	Conmutación fase C
Entradas de datos	24	L	Dato
	25	I	Dato
	7	K	Dato
	5	CW	Dato
	13	X	Dato
	15	Y	Dato
16	Z	Dato	
Entradas de reloj	12	FCT	Reloj frecuencia
	17	VCT	Reloj tensión
	4	RCT	Reloj referencia
	6	OCT	Reloj retardo salida
Salidas de control	23	ASYN	Sincronización fase A
	26	VAV	Tensión media
	18	CSP	Impulsos muestra de corriente

Terminales del C.I. HEF 4752



a) MARGEN DE VARIACIÓN: 0-50 HZ



b) MARGEN DE VARIACIÓN: 0-100 HZ

Frecuencia de conmutación del inversor en función de la frecuencia de salida con el número de impulsos como parámetro

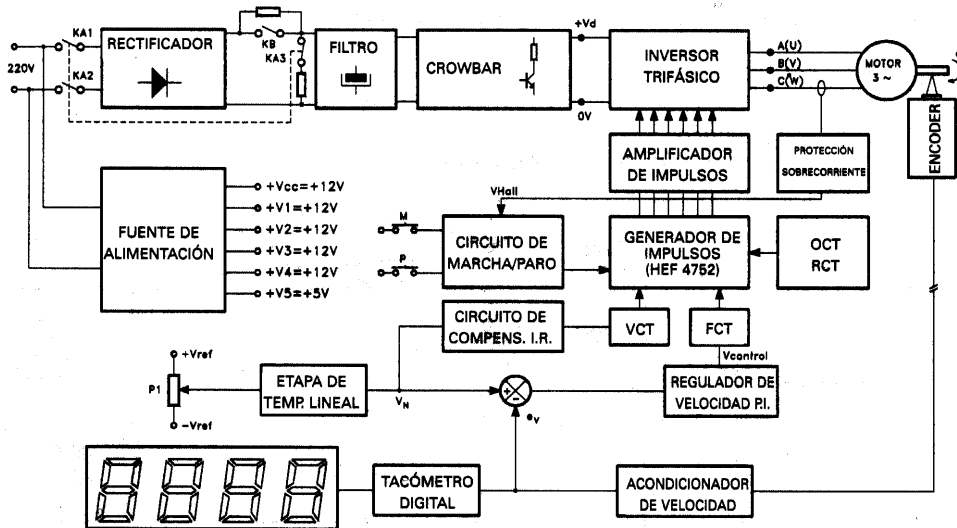
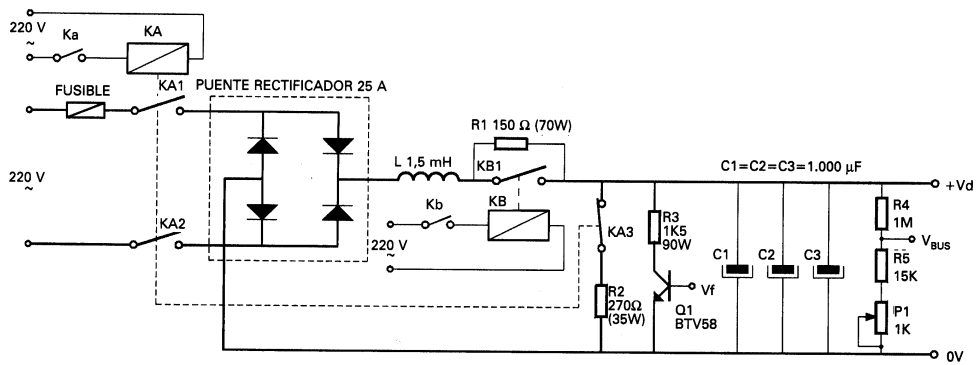
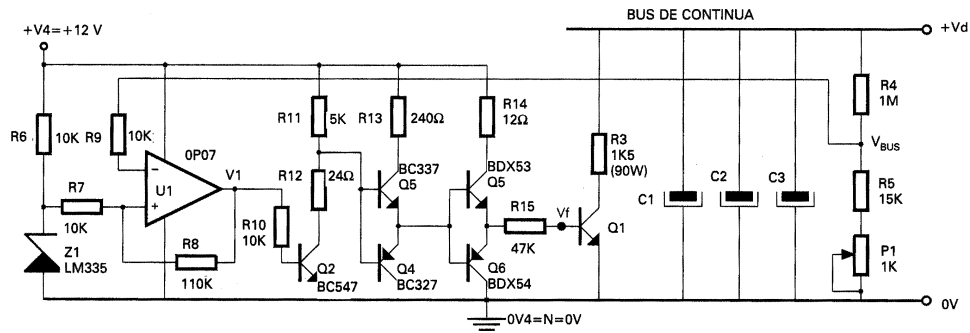


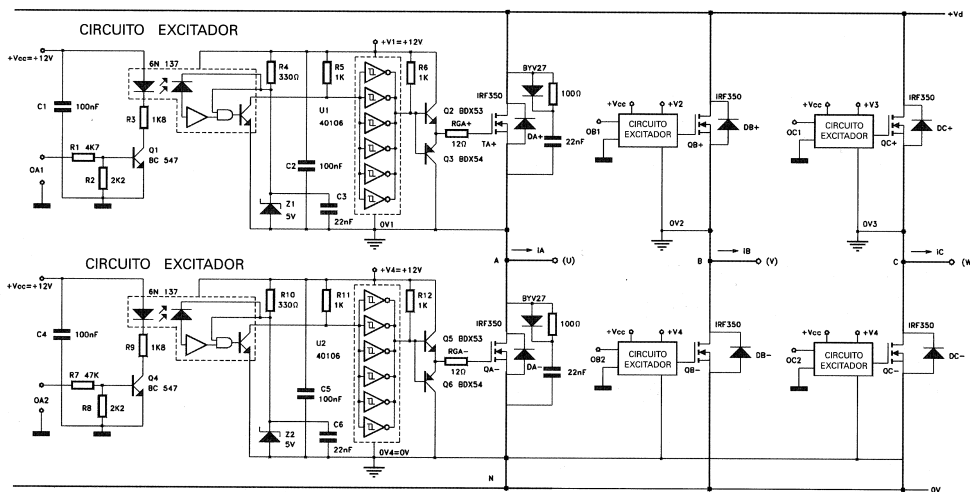
Diagrama de bloques del sistema



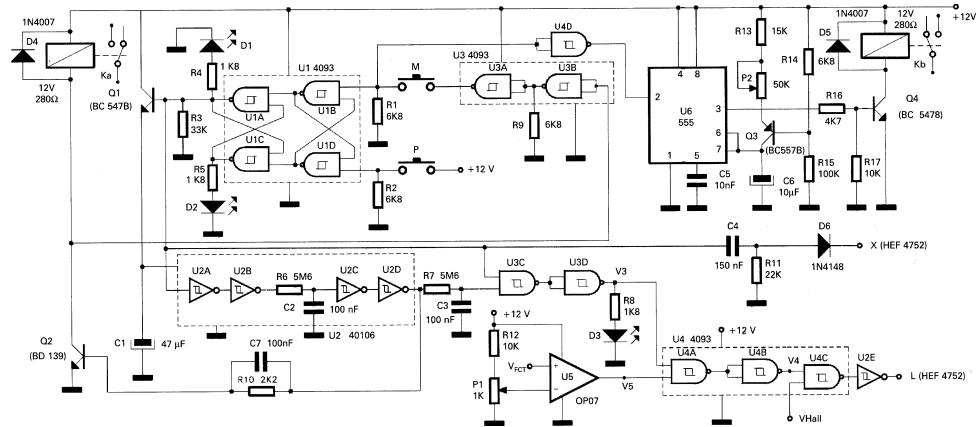
Rectificador y filtro



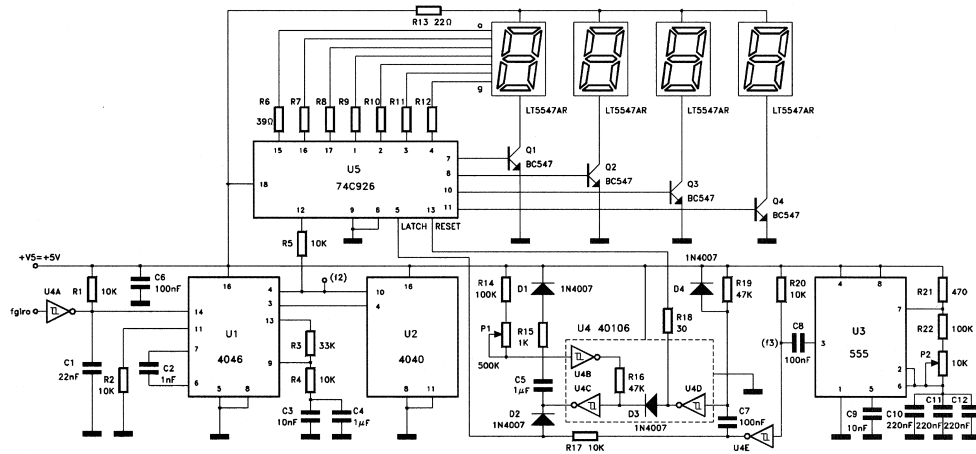
Circuito de control



Aislamiento de la señal de control. Circuito excitador

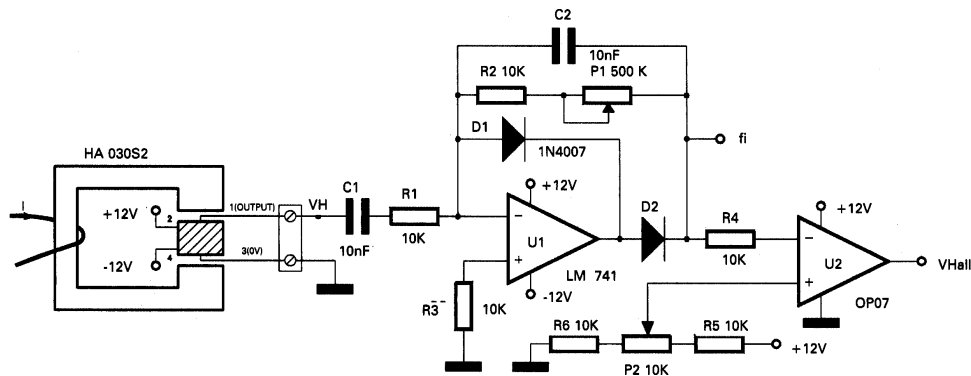


Circuito de marcha-paro

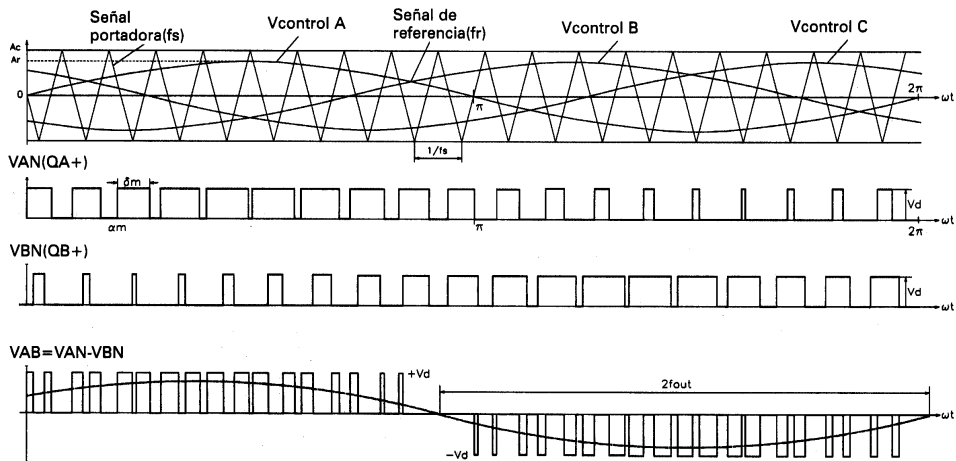


Visualizador





Circuito de protección contra sobrecorrientes



Formación de señales P.W.M.