

**T**

E M A

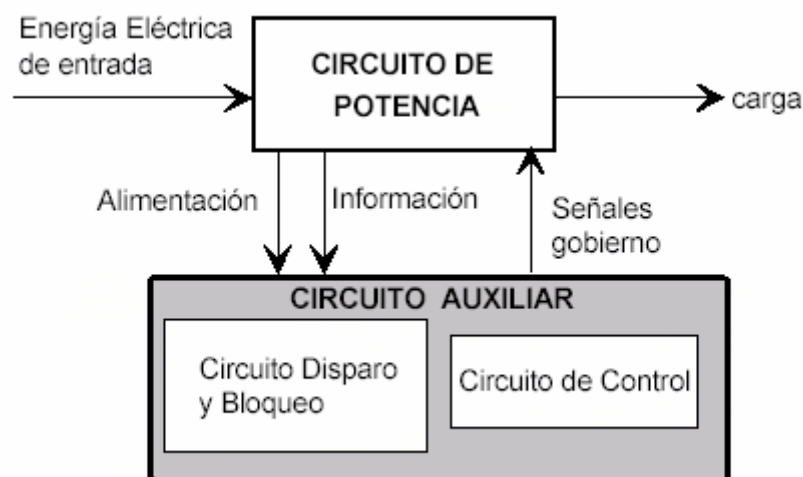
**2**

# **Introducción a la Electrónica de Potencia**

## 2.1 Introducción

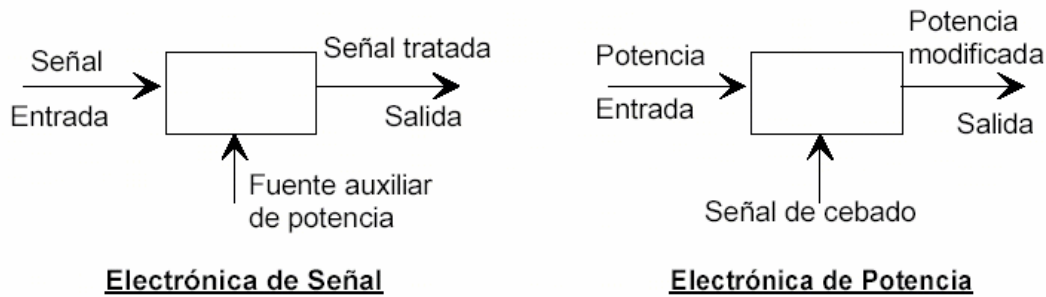
Cada vez son más los dispositivos y sistemas que en una o varias de sus etapas son accionados por energía eléctrica. Los accionamientos consisten, en general, en procesos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía, o en el mismo tipo, pero con diferentes características. Los encargados de realizar dichos procesos son los Sistemas de Potencia.

Un equipo electrónico de potencia consta fundamentalmente de dos partes, tal y como se simboliza en la siguiente figura:



- Un circuito de Potencia, compuesto de semiconductores de potencia y elementos pasivos, que liga la fuente primaria de alimentación con la carga.
- Un circuito de mando, que elabora la información proporcionada por el circuito de potencia y genera unas señales de excitación que determinan la conducción de los semiconductores controlados con una fase y secuencia conveniente.

Antes de pasar al estudio de la electrónica de potencia, interesa resaltar su principal característica, mostrar sus particularidades y situar el campo de aplicación. En la *Electrónica de Señal* se varía la caída de tensión que un componente activo crea en un circuito habitualmente alimentado en continua. Esta variación permite, a partir de una información de entrada, obtener otra de salida modificada o amplificada. Lo que interesa es la relación entre las señales de entrada y salida, examinando posteriormente la potencia suministrada por la fuente auxiliar que requiere para su funcionamiento. La función de base es la **amplificación** y la principal característica es la **ganancia**.



En la *Electrónica de Potencia*, el concepto principal es el **rendimiento**. El elemento de base no puede trabajar en régimen de amplificación pues las pérdidas serían elevadas, es necesario trabajar en régimen de **conmutación**, siendo el componente de base el semiconductor quien trabaja como interruptor. Este componente trabajando en conmutación deberá cumplir las siguientes características:

- Tener dos estados claramente definidos, uno de alta impedancia (bloqueo) y otro de baja impedancia (conducción).
- Poder controlar el paso de un estado a otro con facilidad y con pequeña potencia de control.
- Ser capaz de soportar altas tensiones cuando está bloqueado y grandes intensidades, con pequeñas caídas de tensión entre sus extremos, cuando está en conducción.
- Rapidez de funcionamiento para pasar de un estado a otro.

Así podemos definir la Electrónica de Potencia de la siguiente manera:

*Electrónica de Potencia es la parte de la Electrónica encargada del estudio de dispositivos, circuitos, sistemas y procedimientos para el procesamiento, control y conversión de la energía eléctrica.*

Sin embargo esta no es la única definición posible. *Muhammad H. Rashid* en su libro "Power Electronics Circuits, Devices and Applications" (Prentice Hall 1993) considera que la Electrónica de Potencia combina potencia, electrónica y control. El Control se ocupa de las características estáticas y dinámicas de los sistemas en lazo cerrado. La Potencia se encarga de los sistemas de potencia móviles y estáticos para la generación, transmisión y distribución de la potencia eléctrica. Por último la Electrónica trata con los componentes de estado sólido y circuitos para el tratamiento de señales con el objetivo de obtener el control necesario. Por tanto **Electrónica de Potencia se puede definir como la aplicación de la electrónica de estado sólido para el control y conversión de la potencia eléctrica.**

*Ned Mohan, Tore M. Undeland y William P. Robbins* en su libro "Power Electronics. Converters, Applications and Design" (John Wiley & Sons, 1995) definen la tarea de la Electrónica de Potencia al procesamiento y control de la energía eléctrica suministrando voltajes y corrientes en la manera más óptima para ser utilizada por diferentes cargas. Con esta visión, se consigue dar cuenta de los diferentes procesos a los que

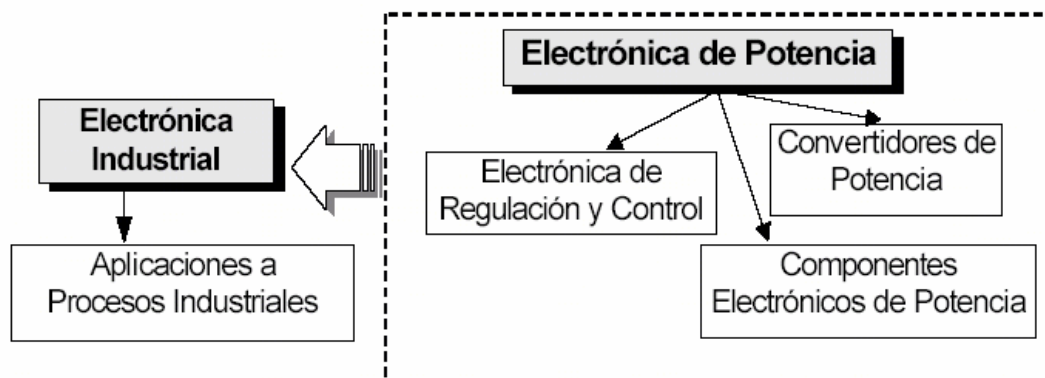
puede verse sometida la energía eléctrica en función de las exigencias de las diferentes cargas que necesiten de dicha energía para realizar un trabajo.

*Joseph Vithayathil* en su libro "Power Electronics. Principles and Applications", (McGraw-Hill 1995) define a la Electrónica de Potencia como la tecnología que liga la potencia eléctrica con la electrónica.

Por último, *Bimal K. Bose* en la introducción del texto "Power Electronics and Variable Frequency Drives" (IEEE Press 1996) menciona como **la Electrónica de Potencia combina la conversión y el control de la potencia eléctrica para diversas aplicaciones**, tales como fuentes de alimentación reguladas AC y DC, control de iluminación y calefacción, soldadura eléctrica, procesos electroquímicos, calentamiento por inducción, control de máquinas DC y AC, etc.

Por tanto, la Electrónica de Potencia se ha introducido de lleno en la industria en aplicaciones tales como las fuentes de alimentación, cargadores de baterías, control de temperatura, variadores de velocidad de motores, etc. Es la **Electrónica Industrial** quien estudia la adaptación de sistemas electrónicos de potencia a procesos industriales, siendo un sistema electrónico de potencia aquel circuito electrónico que se encarga de controlar un proceso industrial, donde interviene un transvase y procesamiento de energía eléctrica entre la entrada y la carga, estando formado por varios convertidores, transductores y sistemas de control, los cuales siguen hoy en día evolucionando y creciendo constantemente.

El campo de la Electrónica de Potencia puede dividirse en grandes disciplinas o bloques temáticos:



En esta asignatura nos encargaremos de estudiar dos de estos grandes bloques temáticos: los **componentes electrónicos de potencia** y los **convertidores de potencia**.

## 2.2 Convertidores de potencia

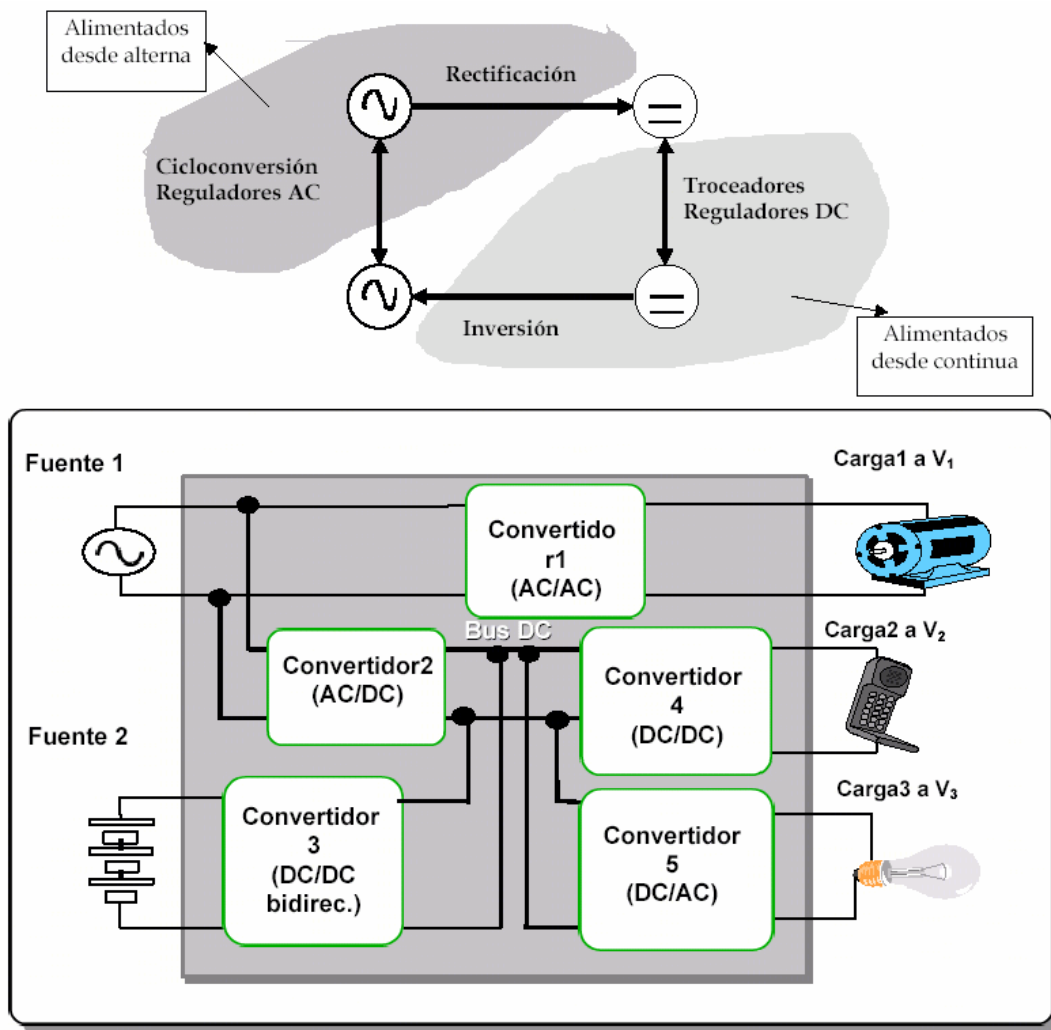
Los sistemas electrónicos de potencia consisten normalmente en uno o más convertidores de potencia, que gobiernan la transferencia de energía. El convertidor es el mó-

dulo básico en un sistema de potencia. En general, un convertidor controla y moldea la magnitud eléctrica de entrada  $V_i$ , frecuencia  $f_i$  y número de fases  $m_i$ , en una magnitud eléctrica de salida  $V_o$ , frecuencia  $f_o$  y número de fases  $m_o$ . La potencia puede fluir de forma reversible, intercambiándose los papeles entre la entrada y la salida.

De manera general se puede abordar el estudio de los distintos convertidores en función de los cuatro tipos de conversión posibles:

- **Conversión alterna-continua** (*rectificadores*)
- **Conversión alterna-alterna** (*cicloconvertidores o reguladores de alterna*)
- **Conversión continua-alterna** (*inversores*)
- **Conversión continua-continua** (*reguladores de continua o troceadores*)

Desde el punto de vista real, dado que el funcionamiento del sistema encargado de transformar el tipo de “presentación” de la energía eléctrica viene condicionado por el tipo de energía disponible en su entrada, hemos adoptado como criterio para la estructuración del programa de la asignatura: **clasificar los convertidores estáticos de energía en función del tipo de energía eléctrica que los alimenta**, tal y como se muestra en la siguiente figura:



### 2.2.1 Campos de aplicación

En general los sistemas de potencia se utilizan para accionar cualquier dispositivo que necesite una entrada de energía eléctrica distinta a la que suministra la fuente de alimentación primaria. Veamos a continuación algunas de las aplicaciones industriales de cada uno de los convertidores:

#### Rectificadores:

- Alimentación de todo tipo de sistemas electrónicos, donde se necesite energía eléctrica en forma de corriente continua.
- Control de motores de continua utilizados en procesos industriales: Máquinas herramienta, carretillas elevadoras y transportadoras, trenes de laminación y papeleras.
- Transporte de energía eléctrica en c.c. y alta tensión.
- Procesos electroquímicos.
- Cargadores de baterías.

**Reguladores de alterna:**

- Calentamiento por inducción.
- Control de iluminación.
- Control de velocidad de motores de inducción.
- Equipos para procesos de electrodeposición.

**Cambiadores de frecuencia (cicloconvertidores):**

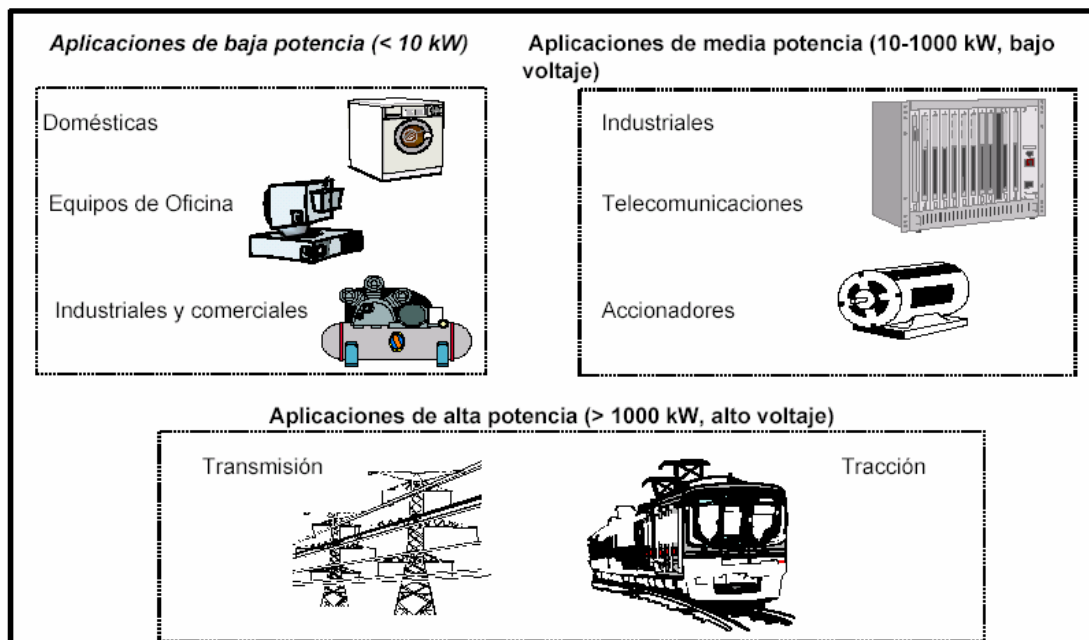
- Enlace entre dos sistemas energéticos de corriente alterna no sincronizados.
- Alimentación de aeronaves o grupos electrógenos móviles.

**Inversores:**

- Accionadores de motores de corriente alterna en todo tipo de aplicaciones industriales.
- Convertidores corriente continua en alterna para fuentes no convencionales, tales como la fotovoltaica o eólica
- Calentamiento por inducción.

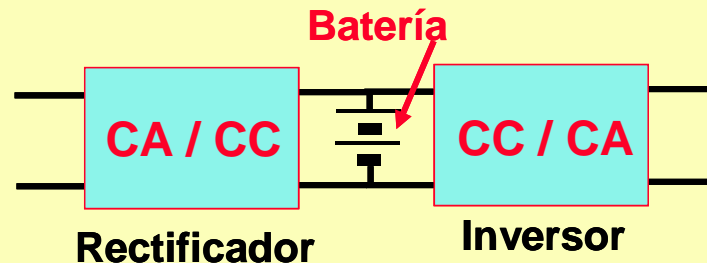
**Troceadores:**

- Alimentación y control de motores de continua.
- Alimentación de equipos electrónicos a partir de baterías o fuentes autónomas de corriente continua.



Es importante considerar no sólo los mencionados convertidores de potencia por separado, sino también las posibles asociaciones entre ambos. En esta línea, uno de los ejemplos más importantes dentro del campo industrial es la unión de rectificadores e inversores con el fin de obtener sistemas de alimentación ininterrumpida, de vital importancia en complejos hospitalarios, centrales nucleares, centros de cálculo,...

### ***Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI, UPS)***



- Quirófanos
- Centrales nucleares
- Centrales telefónicas
- Centros de cálculo

## 2.3 Dispositivos semiconductores de potencia

Dentro de los dispositivos electrónicos de potencia, podemos citar entre otros muchos, como por ejemplo los diodos y transistores de potencia, el tiristor, así como otros derivados de éstos, tales como los triac, diac, conmutador unilateral o SUS, transistor uniunión o UJT, el transistor uniunión programable o PUT y el diodo Shockley. A su vez, existen tiristores de características especiales como los fototiristores, los tiristores de doble puerta y el tiristor bloqueable por puerta (GTO).

Lo más importante a considerar de estos dispositivos, es la curva característica que nos relaciona la intensidad que los atraviesa con la caída de tensión entre los electrodos principales. Además, y tal y como se comentó anteriormente, el componente básico del circuito de potencia debe cumplir los siguientes requisitos:

- Tener dos estados claramente definidos, uno de alta impedancia (bloqueo) y otro de baja impedancia (conducción).
- Poder controlar el paso de un estado a otro con facilidad y pequeña potencia.
- Ser capaces de soportar grandes intensidades y altas tensiones cuando está en estado de bloqueo, con pequeñas caídas de tensión entre sus electrodos, cuando está en estado de conducción. Ambas condiciones lo capacitan para controlar grandes potencias.
- Rapidez de funcionamiento para pasar de un estado a otro.