

Capítulo 5

Diagramas eléctricos con Circuitikz

Propósito del capítulo

La representación gráfica de circuitos eléctricos es fundamental en ingeniería eléctrica y electrónica. Este capítulo desarrolla el uso del paquete `Circuitikz` para la creación de diagramas eléctricos profesionales directamente en \LaTeX [2].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

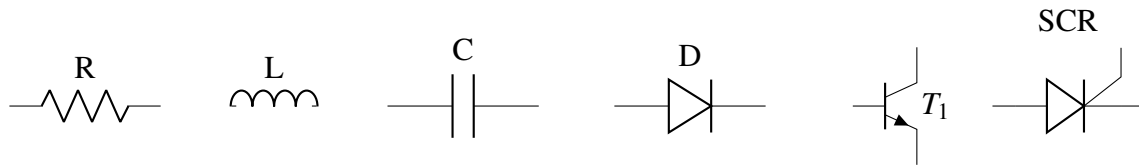
- Dibujar circuitos eléctricos complejos.
- Representar sistemas RLC correctamente etiquetados.
- Construir transformadores monofásicos con polaridad.
- Elaborar puentes rectificadores.
- Crear diagramas de bloques técnicos.

5.1. Estructura básica de Circuitikz

El entorno básico es:

```
\begin{circuitikz}
\draw (0,1) to[R,l=R] (2,1);
\draw (3,1) to[L,l=L] (4,1);
\draw (5,1) to[C,l=C] (7,1);
\draw (8,1) to[D,l=D] (10,1);
\draw (12,1) node[npn] (t) {$T_1$}; (Q1) {};
\draw (13,0) to[thyristor,l=SCR] (15,1);
\end{circuitikz}
```

Cada elemento se conecta mediante coordenadas y componentes normalizados. El resultado del anterior listado conduce a representar una resistencia, una inductancia, una capacitancia, un diodo, un transistor y un tiristor:



5.2. Circuito RLC en serie

Uno de los primeros circuitos que plantearemos es una red $R - L - C$ alimentada mediante una fuente de corriente alterna. El código es el siguiente:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{circuitikz}
\draw
(0,0) to[sV, l=$V$] (0,3)
-- (2,3)
to[R, l=$R$] (4,3)
to[L, l=$L$] (6,3)
to[C, l=$C$] (8,3)
-- (8,0)
-- (0,0);
\end{circuitikz}
\caption{Circuito RLC en serie}
\label{fig:RLC}
\end{figure}
```

Como resultados obtenemos el siguiente circuito:

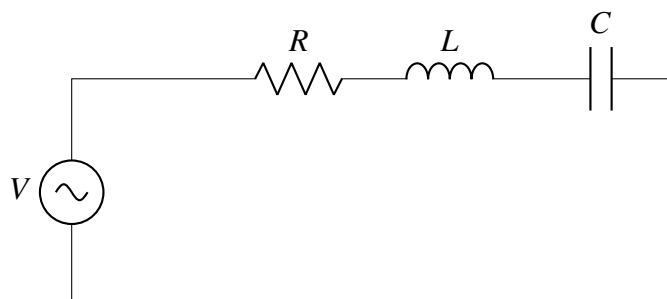


Figura 5.1: Circuito RLC en serie

Este tipo de representación es frecuente en análisis de sistemas dinámicos.

5.3. Transformador monofásico con polaridad

Para dibujar un transformador ideal en circuito abierto y conectado al primario con una fuente de voltaje alterno se tiene el siguiente código:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{circuitikz}
% Fuente y primario
\draw
(0,0) to[sV, l=$V_1$] (0,4)
(0,4) -- (2,4)
(0,0) -- (2,0);
% Bobina primaria
\draw
(2,0) to[american inductor, l_=$N_1$] (2,4);
% Bobina secundaria
\draw
(3.2,0) to[american inductor, l_=$N_2$] (3.2,4);
% Conexiones secundario
\draw
(3.2,4) -- (5,4)
(3.2,0) -- (5,0);
% Puntos de polaridad
\fill (1.85,2.9) circle (2pt);
\fill (3.35,2.9) circle (2pt);
\end{circuitikz}
\caption{Transformador monofásico con indicación de polaridad}
\label{fig:transformador}
\end{figure}

```

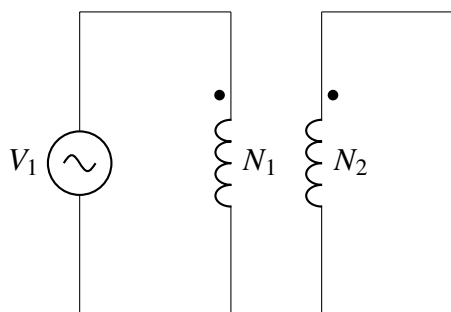


Figura 5.2: Transformador monofásico con indicación de polaridad

La correcta ubicación de los puntos de polaridad es esencial en el análisis de acoplamientos magnéticos.

5.4. Circuito equivalente de la máquina de inducción

Mediante el siguiente código se puede realizar el circuito equivalente de una máquina de inducción:

```

\begin{figure}
\centering

```

```

\begin{circuitikz}[american,scale=1,, transform shape]
  \draw (0,4) to [sV,*-*,v=$V_e$,
  i<_=$I_e$] (0,0);
  \draw (0,4) to [R,l=$R_e$] (2,4) to[L,l=$jX_e$] (4,4)--(4,4)
  to[short,i>_=$I_m$,-*] (4,0);
  \draw (3,3) -- (5,3);
  \draw (3,3) to[R,l=$R_m$] (3,1);
  \draw (5,3) to[L,l=$jX_m$] (5,1);
  \draw (3,1) -- (5,1);
  \draw (4,1) -- (4,0) -- (0,0);
  \draw (4,4) to [L,l=$jX_r$] (6,4) to [L,l=$R_r$] (8,4)
  to[R,l=$R_r\frac{1-s}{s}$,i>_=$I_r$] (8,0) -- (4,0);

\end{circuitikz}
\caption{Modelo de la Máquina de Inducción}
\label{fig:MI}
\end{figure}

```

Resultado:

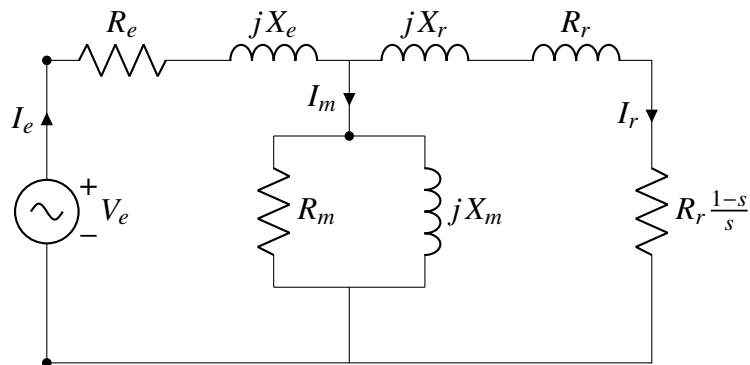


Figura 5.3: Modelo de la Máquina de Inducción

5.5. Puente rectificador monofásico (Graetz)

Un puente rectificador monofásico de onda completa se puede realizar mediante el código siguiente:

```

\begin{figure}[h]
\centering
\begin{circuitikz}

% --- Coordenadas ---
\def\xL{0}
\def\xR{2.2}    % separación entre ramas
\def\yB{0}
\def\yM{2}
\def\yT{4}

```

```

\coordinate (ML) at (\xL,\yM);
\coordinate (MR) at (\xR,\yM);

% Barras superior e inferior
\draw (\xL,\yT) -- (\xR,\yT);
\draw (\xL,\yB) -- (\xR,\yB);

% Rama izquierda
\draw (ML) to[thyristor] (\xL,\yT);      % D1
\draw (\xL,\yB) to[D] (ML);             % D3

% Rama derecha
\draw (\xR,\yB) to[D] (MR);             % D2
\draw (MR) to[thyristor] (\xR,\yT);    % D4

% Fuente AC en el medio (horizontal)
\draw (ML) to[sV, l_=$v_{ac}$] (MR);

% --- Carga RL en serie entre DC+ y DC- ---
\draw (\xR,\yT) -- (\xR+1.2,\yT)
      to[L, l=$L_L$] (\xR+1.2,\yB+2) % inductancia arriba
      to[R, l=$R_L$] (\xR+1.2,\yB)   % resistencia abajo
      -- (\xR,\yB);

% Marcadores + y -
\node[above] at ({(\xL+\xR)/2},\yT) {$+$};
\node[below] at ({(\xL+\xR)/2},\yB) {$-$};

\end{circuitikz}
\caption{Puente rectificador semicontrolado monofásico (Graetz)
con carga  $R_L-L_L$  en serie}
\end{figure}

```

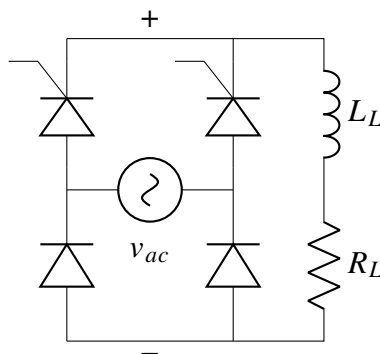


Figura 5.4: Puente rectificador semicontrolado monofásico (Graetz) con carga R_L-L_L en serie

Este esquema es ampliamente utilizado en electrónica de potencia.
Un inversor típico se presenta en el siguiente ejemplo:

```

\begin{figure}
\tikzset{full Schottky diode/.append style={bipoles/length=.4cm}}
\tikzset{american voltages}
\tikzset{american inductors}
\tikzset{european resistors}

\begin{circuitikz}
% TRANSISTORS
\draw
(0,2) node[nigfete] (t1) {}
(0,0) node[nigfete] (t2) {}
(2,2) node[nigfete] (t3) {}
(2,0) node[nigfete] (t4) {}};
\draw
(t1.S) to[short] (t2.D)
(t3.S) to[short] (t4.D);
% DIODES and transistor labels
\foreach \num in {1,2,3,4} {
\node[anchor=south] at (t\num.G) {$T_{\num}$};
\draw (t\num.S)++(0,0.5) -- ++(0.3,0) to[sD*]
($(t\num.D)+(0.3,-0.5)$) -- ++(-0.3,0);
}
% BATTERY connection
\draw
(t4.S) to[short,-*] (t2.S) to[short] ($(t2.S)+(-2,0)$)
to[battery,invert,l=$U$] ($(t1.D)+(-2,0)$) to[short,-*]
(t1.D) to[short] (t3.D);
% RL
\draw
(t1.S) to[short,*-] ($(t1.S)+(3,0)$) to[short] ($(t1.D)+
(3,0)$) coordinate (p1)
to[R,l=$R$] ++(2,0) to[L,l=$L$,i>^=$i_L$] ++(3,0) coordinate (p);
\draw
(t4.D) to[short,*-] ($(t4.D)+(1,0)$) to[short] ($(t4.S)+
(1,0)$) coordinate (n1)
to[short] ++(5,0) coordinate (n);
% C
\draw
(p) to[C,l=$C$,i>^=$i_C$,v<=$U_C$] (n);
% LOAD
\draw
(p) to[short,*-] ($(p)+(2,0)$) to[R,l=$Carga$,i>^=$i_o$]
($(n)+(2,0)$) to[short,-*] (n);
% U_i
\draw
(p1) to[open,v^=$U_i$] (n1);

\end{circuitikz}
\caption{Puente inversor monofásico con filtro $R-L-C$}

```

y carga\label{fig:inversor}}
\end{figure}

Resultado:

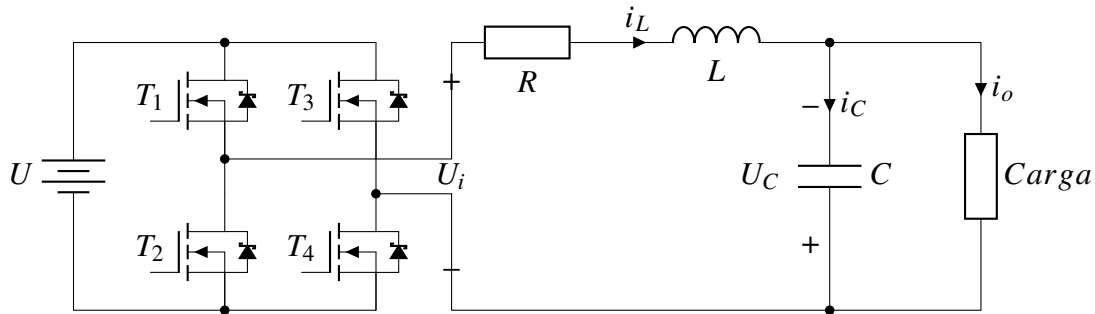


Figura 5.5: Puente inversor monofásico con filtro $R - L - C$ y carga

5.6. Sistema de transmisión HVDC

Con el siguiente código se genera un sistema de transmisión HVDS completo:

```
\begin{figure}
\centering
\begin{circuitikz}[smallR/.style=
{european resistor, resistors/scale=0.5, scale=1}]
\draw (0,0) node[tacdcshape, anchor=ac mid in](acdc){} to[smallR] ++(-2,0)
-- coordinate(point) node[circ]({}) ++(-.5,0);
\draw (acdc.ac up in)
to[nos, invert, mirror, name=switch,color=red] ++(-2,0)
-- (point);
\draw (acdc.ac down in) to[smallR] ++(-2,0)
-- (point)
to[oosourcetrans,prim=weye,sec=delta,l=transformer] ++(-1.5,0)
to[tmultiwire] ++(-.5,0)
node[gridnode, anchor=right]{};
\node[above=.3cm,color=red] at (switch) {fault};
\draw (acdc.dc up out) to[smallR,l=HVDC line] ++(2,0)
node[tdcacshape, anchor=dc up in](dcac){};
\draw (acdc.dc down out) -- (dcac.dc down in);
\draw (dcac.right)
to[ooosource,prim=delta,sec=delta,tert=weye,invert] ++(1.5,0)
to[tmultiwire] ++(.5,0) node[gridnode,anchor=left]{};
\end{circuitikz}
\caption{Sistema HVDC}
\label{fig:HVDC}
\end{figure}
```

Resultado:

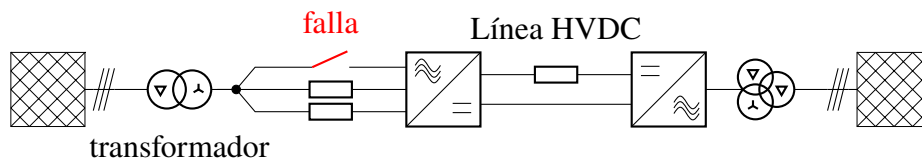


Figura 5.6: Sistema HVDC

5.7. Sistema de transmisión IEEE de 9 barras

En la Fig. 5.7 se ha reproducido en \LaTeX el famoso sistema IEEE de 9 barras que se utiliza en muchos estudios de flujo de carga, cortocircuito y estabilidad. Para realizar este diagrama se utiliza el código siguiente:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\resizebox{\textwidth}{!}{%
\begin{tikzpicture}[
bus/.style={line width=2.5pt},
line/.style={line width=1pt},
load/.style={->, line width=1pt},
font=\small
]
% =====
% BUSES
% =====
% Bus 4 (inferior horizontal)
\draw[bus] (-2,0) -- (2,0);
\node at (0,-0.3) {4};
% Bus 5 y 6
\draw[bus] (-3,1.5) -- (-1.2,1.5); \node[left] at (-3,1.5) {5};
\draw[bus] (1.2,1.5) -- (3,1.5); \node[right] at (3,1.5) {6};
% Bus 7,8,9 verticales
\draw[bus] (-0.8,3) -- (-0.8,4.8); \node[above] at (-1.1,4.1) {7};
\draw[bus] (0,2.5) -- (0,5.4); \node[right] at (0,3.6) {8};
\draw[bus] (0.8,3) -- (0.8,4.8); \node[above] at (1.1,4.1) {9};
% Bus 2 y 3
\draw[bus] (-5,3) -- (-5,4.8); \node[above] at (-5,4.8) {2};
\draw[bus] (5,3) -- (5,4.8); \node[above] at (5,4.8) {3};
% Bus 1
\draw[bus] (-0.8,-3) -- (0.8,-3); \node[below] at (0,-3) {1};
% =====
% GENERADORES
% =====
\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G1) at (0,-4.2) {\scalebox{2.0}{\sim}};
\node[below] at (G1.south) {G1};
\draw[line] (G1.north) -- (0,-3);

\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G2) at (-6.2,3.9) {\scalebox{2.0}{\sim}};

```

```

\node[left] at (G2.west) {G2};
\draw[line] (G2.east) -- (-5,3.9);

\node[draw,circle,minimum size=10mm] (G3) at (6.2,3.9) {\scalebox{2.0}{$\sim$}};
\node[right] at (G3.east) {G3};
\draw[line] (G3.west) -- (5,3.9);
% =====
% TRANSFORMADORES
% =====
% T1
\draw[line] (0,-3.0) -- (0,-2.2);
\draw[line] (0,-1.9) circle (0.35);
\draw[line] (0,-1.3) circle (0.35);
\node[right] at (0.6,-1.6) {T1};
\draw[line] (0,-1) -- (0,0);
% T2
\draw[line] (-5,3.9) -- (-4,3.9);
\draw[line] (-3.6,3.9) circle (0.3);
\draw[line] (-3.1,3.9) circle (0.3);
\node[above] at (-3.35,4.3) {T2};
\draw[line] (-2.8,3.9) -- (-0.8,3.9);
% T3
\draw[line] (0.8,3.9) -- (2.8,3.9);
\draw[line] (3.1,3.9) circle (0.3);
\draw[line] (3.6,3.9) circle (0.3);
\node[above] at (3.35,4.3) {T3};
\draw[line] (4,3.9) -- (5,3.9);
% =====
% CONEXIONES INTERNAS
% =====
\draw[line] (-1.5,0) -- (-1.5,1.5);
\draw[line] (1.5,0) -- (1.5,1.5);
\draw[line] (-1.5,1.5) -- (-1.5,3) -- (-0.8,3);
\draw[line] (1.5,1.5) -- (1.5,3) -- (0.8,3);
\draw[line] (-0.8,3.9) -- (0,3.9);
\draw[line] (0,3.9) -- (0.8,3.9);
% =====
% CARGAS
% =====
\draw[load] (-2.5,1.5) -- (-2.5,0.8); \node[below] at (-2.5,0.8) {A};
\draw[load] (2.5,1.5) -- (2.5,0.8); \node[below] at (2.5,0.8) {B};
\draw[load] (0,5.2) -- (1.2,5.2); \node[right] at (1.2,5.2) {C};
% =====
% LEYENDA
% =====
\begin{scope}[shift={(-6,-1)}]
\node[draw,circle,minimum size=8mm] at (0,0) {\scalebox{2.0}{$\sim$}};
\node[right] at (0.7,0) {Generator};

```

```

\draw[line] (0,-0.9) circle (0.25);
\draw[line] (0.4,-0.9) circle (0.25);
\node[right] at (0.9,-0.9) {Transformer};

\draw[load] (-0.5,-1.8) -- (0.9,-1.8);
\node[right] at (1,-1.8) {Load};

\draw[bus] (-0.5,-2.6) -- (1,-2.6);
\node[right] at (1.1,-2.6) {Bus};
\end{scope}
\end{tikzpicture}
}
\caption{Diagrama unifilar tipo IEEE 9 barras
(representación didáctica en TikZ).\label{fig:IEEE_9_barras}}
\end{figure}

```

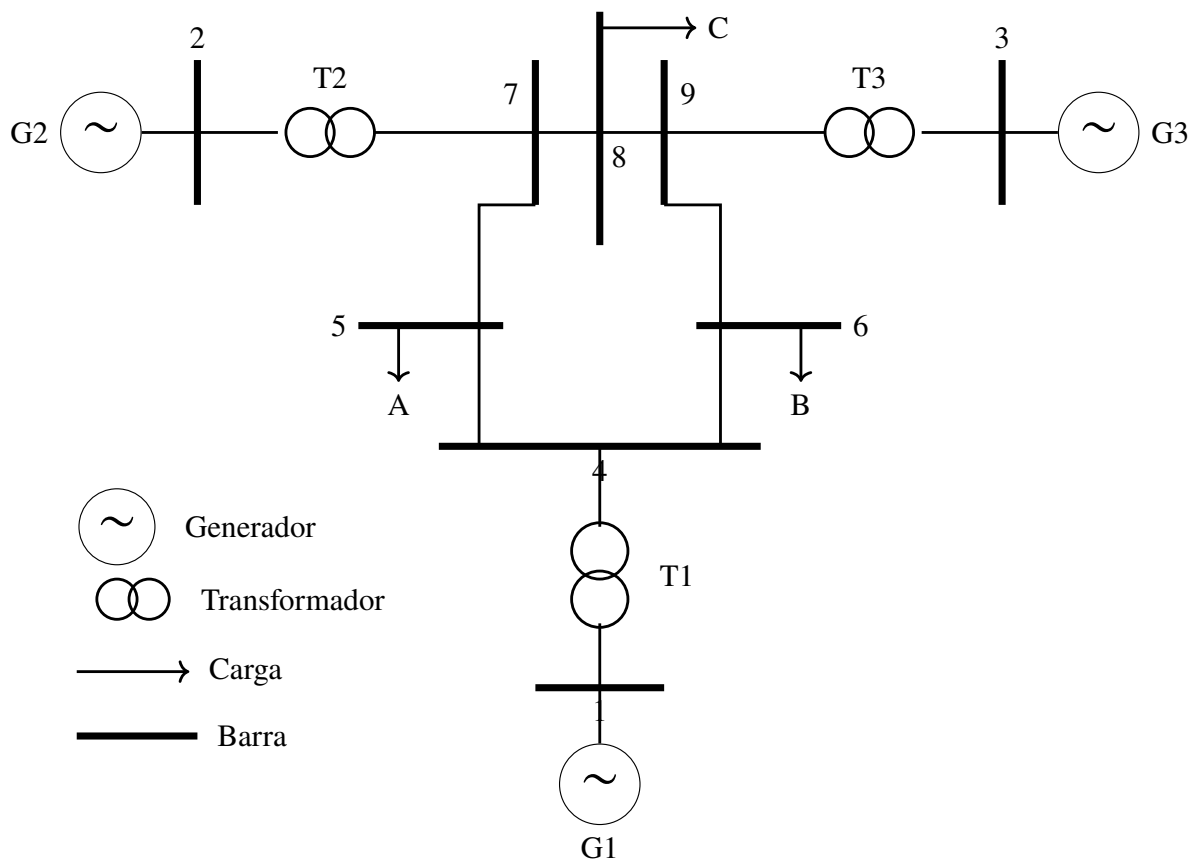


Figura 5.7: Diagrama unifilar tipo IEEE 9 barras (representación didáctica en TikZ).

5.8. Diagramas de bloques

Para diagramas funcionales puede emplearse el entorno tikz:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
block/.style={rectangle, draw, minimum width=2.5cm, minimum height=1.2cm}
]

\node[block] (A) {Fuente};
\node[block, right=3cm of A] (B) {Convertidor};
\node[block, right=3cm of B] (C) {Carga};

\draw[->] (A) -- (B);
\draw[->] (B) -- (C);

\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de bloques de sistema eléctrico}
\label{fig:bloques}
\end{figure}

```

Para utilizar posicionamiento relativo es necesario cargar:

```
\usetikzlibrary{positioning,arrows.meta}
```



Figura 5.8: Diagrama de bloques de sistema eléctrico

Para utilizar posicionamiento relativo es necesario cargar:

```
\usetikzlibrary{positioning,arrows.meta}
```

5.9. Ejemplo de diagrama de control realimentado

En control automático y electrónica de potencia es frecuente representar sistemas mediante diagramas de bloques en el dominio de Laplace. La Fig. 5.9 muestra un lazo de control realimentado donde un controlador PID actúa sobre una planta de segundo orden, y la salida se realimenta mediante un sensor modelado por $H(s)$.

Ejemplo:

```

\begin{figure}[H]
\centering
% \resizebox{\textwidth}{!}{% % <- Descomenta si aún se sale del ancho
\begin{tikzpicture}[
>=Stealth,
node distance=1.3cm, % más compacto
block/.style={

```

```

    rectangle, draw=edgeblue, fill=softblue,
    minimum width=2.9cm, minimum height=1.0cm, align=center,
    line width=0.8pt
  },
  smallblock/.style={
    rectangle, draw=edgeblue, fill=softblue,
    minimum width=2.2cm, minimum height=1.0cm, align=center,
    line width=0.8pt
  },
  sum/.style={
    circle, draw=edgered, fill=softred,
    minimum size=8mm, inner sep=0pt, line width=0.8pt
  },
  signal/.style={->, thick},
  feedback/.style={->, thick}
]

% Nodos principales (distancias reducidas)
\node (r) {$r(s)$};
\node[sum, right=0.9cm of r] (sum1) {};
\node[block, right=1.1cm of sum1] (pid) {Controlador
PID\\$C(s)=K_p+\dfrac{K_i}{s}+K_d s$};
\node[block, right=1.2cm of pid] (plant)
{Planta\\$G(s)=\dfrac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$};
\node[right=0.9cm of plant] (y) {$y(s)$};

% Sensor
% Punto medio de la flecha u(s)
\path (pid) -- (plant) coordinate[pos=0.5] (midu);

% Sensor centrado bajo u(s)
\node[smallblock, below=1.35cm of midu] (sensor)
{Sensor\\[2pt]$H(s)$};

% Conexiones directas
\draw[signal] (r) -- (sum1);
\draw[signal] (sum1) -- node[above] {$e(s)$} (pid);
\draw[signal] (pid) -- node[above] {$u(s)$} (plant);

% Salida: flecha continua hasta y(s)
\draw[signal] (plant) -- (y);

% Punto medio de la salida para tomar realimentación
\path (plant) -- (y) coordinate[pos=0.5] (midout);

% Realimentación naciendo desde la mitad de la salida
\draw[feedback] (midout) |- (sensor);
\draw[feedback] (sensor) -| node[pos=0.95, above] {$-$} (sum1);

```

```

% Signos + y - en el sumador
\node[above left=0.05cm and 0.05cm of sum1] {\scriptsize $+$};
\node[below left=0.05cm and 0.05cm of sum1] {\scriptsize $-$};

\end{tikzpicture}
% } % <- cierre de resizebox si lo activas
\caption{Sistema de control realimentado con controlador PID,
planta de segundo orden y sensor $H(s)$}
\label{fig:pid_feedback}
\end{figure}

```

Resultado:

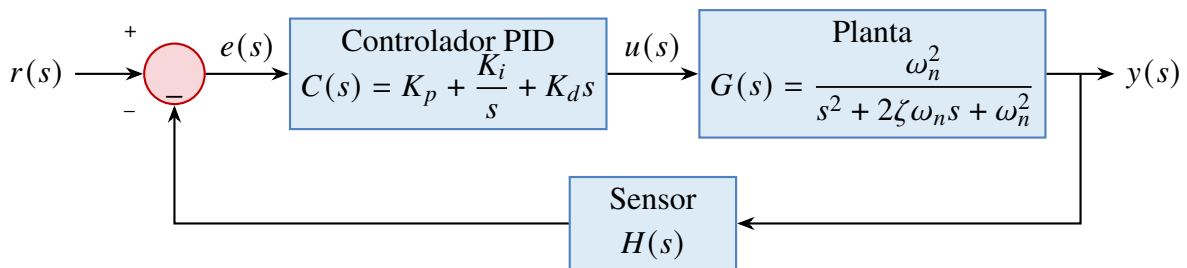


Figura 5.9: Sistema de control realimentado con controlador PID, planta de segundo orden y sensor $H(s)$.

5.10. Diagrama de un sistema hidráulico

En la Fig. 5.10 se muestra un ejemplo de un diagrama hidráulico sencillo utilizando esquemas ISO simplificados. El código L^AT_EX para su realización es:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[
>=Stealth,
line width=0.9pt,
softcomp/.style={draw=edgeblue, fill=softblue!40, line width=0.8pt},
valvebox/.style={draw=edgeblue, fill=softblue!25, line width=0.8pt},
flow/.style={->, thick},
lab/.style={font=\small}
]
% -----
% Depósito
% -----
\draw[softcomp] (0,0) rectangle (2,1.2);
\draw (0,1.2) -- (2,1.2);
\node at (1,0.6) {Depósito};
% -----
% Bomba + succión
% -----

```

```

\draw (2,0.6) -- (3.6,0.6);
\draw[softcomp] (4,0.6) circle (0.4);
\draw (3.9,0.45) -- (4.25,0.6) -- (3.9,0.75) -- cycle;
\node[lab, above] at (4,1.05) {Bomba};
\draw (4.4,0.6) -- (5.8,0.6);
% Tee
\fill (5.8,0.6) circle (2pt);
% -----
% Válvula 4/3
% -----
\draw[valvebox] (6.2,0.2) rectangle (7.2,1.0);
\draw[valvebox] (7.2,0.2) rectangle (8.2,1.0);
\draw[valvebox] (8.2,0.2) rectangle (9.2,1.0);
\node[lab] at (7.7,1.35) {Válvula 4/3};
% Presión hacia válvula
\draw (5.8,0.6) -- (6.2,0.6);
% Puerto P (central)
\draw (7.7,0.2) -- (7.7,-0.55);
\node[lab, below] at (7.7,-0.55) {P};
% Puerto T (bien ubicado: debajo del primer tercio de la válvula)
% (más a la izquierda que antes)
\draw (6.45,0.2) -- (6.45,-0.55);
\node[lab, below] at (6.65,-0.55) {T};
% -----
% Cilindro
% -----
\draw[softcomp] (10.5,0.25) rectangle (13.2,0.95);
\draw (11.9,0.25) -- (11.9,0.95);
\draw (11.9,0.6) -- (14.3,0.6);
\node[lab, above] at (11.9,1.2) {Cilindro};
\draw (9.2,0.8) -- (10.5,0.8);
\draw (9.2,0.4) -- (10.5,0.4);
% -----
% Válvula de alivio
% -----
\draw[softcomp] (5.05,-1.05) rectangle (6.15,-0.45);
\node[lab] at (5.6,-0.75) {Alivio};
% Conexión del tee al alivio
\draw (5.8,0.6) -- (5.8,-0.45);
% -----
% Retornos SIN cruces
% -----
% 1) Retorno desde T -> Depósito por la IZQUIERDA
\draw (6.45,-0.55) -- (6.45,-1.55) -- (0.65,-1.55) -- (0.65,0);
% 2) Descarga del alivio -> Depósito por la DERECHA
\draw (5.6,-1.05) -- (5.6,-1.25) -- (1.35,-1.25) -- (1.35,0);
% -----
% Flechas de flujo (opcionales)
% -----

```

```

\draw[flow] (2.3,0.6) -- (3.5,0.6);
\draw[flow] (4.5,0.6) -- (5.6,0.6);
\draw[flow] (9.4,0.8) -- (10.4,0.8);
\end{tikzpicture}
\caption{Sistema hidráulico básico (ISO simplificado) con retorno
y alivio.\label{fig:Sis_Hidraulico}}
\label{fig:hydraulic_basic_iso_better}
\end{figure}

```

Resultado:

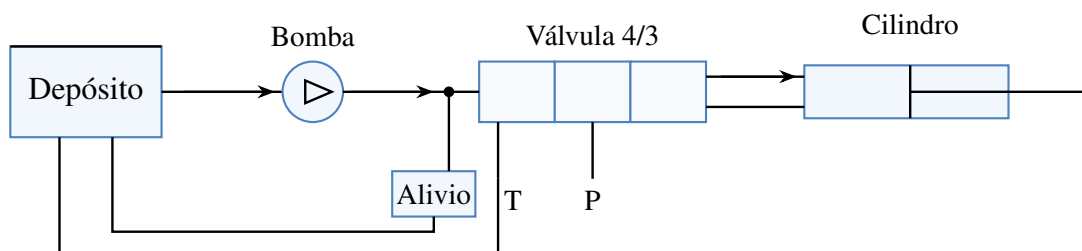


Figura 5.10: Sistema hidráulico básico (ISO simplificado) con retorno y alivio.

5.11. Principales componentes utilizados en Electricidad

5.11.1. Elementos pasivos básicos

En la Tabla 5.1 se muestra un resumen de los elementos pasivos básicos que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.

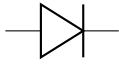
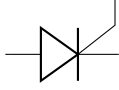
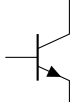
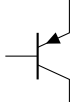
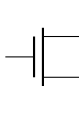
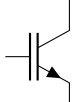
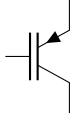
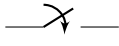
Tabla 5.1: Elementos pasivos en Circuitikz

Elemento	Código	Resultado
Resistencia	<code>\draw (0,0) to[R] (2,0);</code>	
Resistencia variable	<code>\draw (0,0) to[R,vR] (2,0);</code>	
Inductancia	<code>\draw (0,0) to[L] (2,0);</code>	
Capacitancia	<code>\draw (0,0) to[C] (2,0);</code>	

5.11.2. Dispositivos semiconductores

En la Tabla 5.2 se muestra un resumen de los principales elementos semiconductores que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.




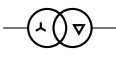



Tabla 5.2: Semiconductores en Circuitikz

Elemento	Código	Resultado
Diodo	<code>\draw (0,0) to[D] (2,0);</code>	
Tiristor (SCR)	<code>\draw (0,0) to[thyristor] (2,0);</code>	
Transistor NPN	<code>\node[npn] (Q1) {};</code>	
Transistor PNP	<code>\node[pnp] (Q1) {};</code>	
MOSFET nMOS	<code>\node[nmos] {};</code>	
IGBT tipo n	<code>\node[nigbt] {};</code>	
IGBT tipo p	<code>\node[pigbt] {};</code>	
Interruptor	<code>\draw (0,0) to[switch] (2,0);</code>	

5.11.3. Fuentes y máquinas eléctricas

En la Tabla 5.3 se muestra un resumen de los principales convertidores electromecánicos que se utilizan en los circuitos eléctricos y electrónicos.

Tabla 5.3: Fuentes y máquinas eléctricas

Elemento	Código	Resultado
Fuente de voltaje DC	<code>\draw (0,0) to[battery] (2,0);</code>	
Fuente AC	<code>\draw (0,0) to[sV] (2,0);</code>	
Fuente de corriente	<code>\draw (0,0) to[american current source] (2,0);</code>	
Transformador Y-D	<code>\draw (0,0) to[oosourcetrans,prim=wye,sec=delta] (2,0);</code>	
Motor DC	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Mdc) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Mdc.south) {DC};</code>	
Motor de inducción	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Mim) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Mim.south) {IM};</code>	
Motor sincrónico	<code>\node[draw,circle,minimum size=8mm] (Msm) at (0,0) {M}; \node[below=1mm] at (Msm.south) {SM};</code>	

5.12. Buenas prácticas profesionales

- Etiquetar todos los elementos eléctricos.
- Mantener simetría visual.
- Evitar cruces innecesarios.
- Utilizar convenciones normalizadas.
- Referenciar siempre las figuras desde el texto.

5.13. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un documento que incluya:

- Un circuito RLC.
- Un transformador correctamente etiquetado.
- Un puente rectificador.
- Un diagrama de bloques funcional.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte técnico que incluya:

- Sistema trifásico completo.
- Rectificador trifásico.
- Diagrama de bloques de sistema de potencia.
- Referencias cruzadas correctas.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Construcción de esquemas eléctricos normalizados.
- Representación formal de circuitos y máquinas eléctricas.
- Uso coherente de simbología técnica.
- Integración de diagramas en reportes profesionales.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la representación profesional de circuitos eléctricos mediante `Circuitikz` y `TikZ`.

Este conocimiento permite integrar análisis matemático, representación gráfica y documentación técnica en un único entorno coherente.