

# ***FUENTES REGULADAS***

## *Índice*

- 1.1 REGULADORES: GENERALIDADES
  - 1.1.1 Reguladores: Clasificación
  - 1.1.2 Tipos De Fuentes
  - 1.1.3 Tipos De Reguladores Lineales
    - 1.1.3.1 Regulador En Serie
    - 1.1.3.2 Regulador En Paralelo
    - 1.1.3.3 Diferencias Esenciales
  
- 1.2 FUENTES REGULADAS DE TENSIÓN
  - 1.2.1 Regulador De Tensión Serie: Por Seguidor De Emisor
  - 1.2.2 Regulador De Tensión Paralelo: Con Derivación
  - 1.2.3 Elementos Del Regulador En Serie
    - 1.2.3.1 Elemento De Referencia
    - 1.2.3.2 Elemento De Muestra
    - 1.2.3.3 Elemento Comparador
    - 1.2.3.4 Amplificador De La Señal De Error
    - 1.2.3.5 Elemento De Control
    - 1.2.3.6 Regulador Serie Completo

## 1.1 REGULADORES: GENERALIDADES

### 1.1.1 REGULADORES: CLASIFICACIÓN

Esencialmente, una fuente consta de 3 bloques (Fig. 1.1):

- **Rectificador:** convierte tensión alterna en una forma de onda pulsante de componentes alternas y continuas.
- **Filtro:** aísla la componente a.c. de la c.c.
- **Regulador:** –establece niveles de tensión adecuados.  
–mantiene la tensión o intensidad regulada cte.

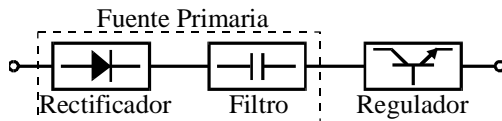


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..1.- Diagrama de bloques de una fuente.

La misión del regulador es contrarrestar la inestabilidad de la fuente 1ª. Funciona como un servomecanismo comparando el parámetro electrónico deseado en la carga con uno de referencia y efectúa los cambios necesarios para compensar las variaciones de la fuente 1ª y las debidas a la carga. Su tiempo de respuesta es finito y su error en la estabilidad es función de la ganancia del bucle de la realimentación. Un diagrama de bloques de un sistema regulador se muestra en la figura 1.2.

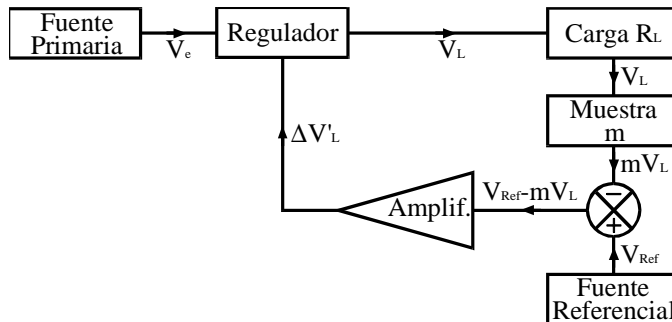


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..2.- Diagrama de bloques de un sistema regulador.

### CLASIFICACIÓN

- **Reguladores lineales** (Fig. 1.3.a):
  - Operan con c.c. a la entrada:  $V_{CC}$
  - Equivalen a una resistencia con valor de ajuste automático.
  - Basan su funcionamiento en la caída de tensión en elementos disipativos.
  - Tienen bajo rendimiento.
- **Reguladores conmutados** (Fig. 1.3.b):
  - Conmutador que interrumpe la corriente en la fuente 1ª a intervalos de duración variable.
  - Tienen rendimiento elevado.

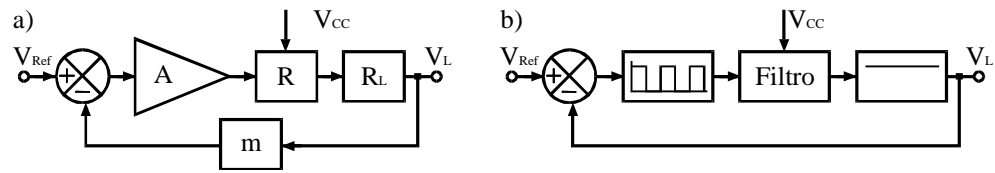


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..3.- Diagrama de bloques de un sistema regulador: a) Lineal y b) Conmutado.

### 1.1.2 TIPOS DE FUENTES

- **Fuentes reguladas:** con regulador lineal (Fig. 1.4.a).
- **Fuentes conmutadas:** con regulador conmutado (Fig. 1.4.b).

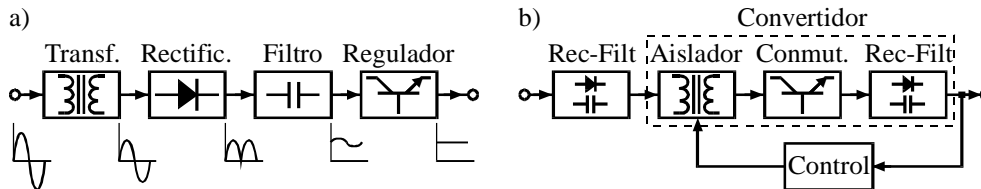


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..4.-* Tipos de fuentes: a) Reguladas y b) Conmutadas.

### 1.1.3 TIPOS DE REGULADORES LINEALES

#### 1.1.3.1 REGULADOR EN SERIE

- Esta configuración suele utilizarse cuando la carga es grande.
- En la figura 1.5.a vemos el diagrama de bloques de un regulador en serie.
- Del diagrama deducimos que la potencia disipada será:

$$\left. \begin{array}{l} - V_{\text{CONTROL}} = V_C = V_e - V_S \\ - I_{\text{CONTROL}} = I_C = I_S \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} *V_S = \text{cte}; \quad 0 \leq I_S \leq I_{S\text{máx}} \Rightarrow P_D = P_C = (V_e - V_S) \cdot I_{S\text{máx}} \\ *V_S = \text{cte}; \quad I_S = \text{cte} \Rightarrow P_D = P_C = (V_e - V_S) \cdot I_S \\ *V_S = 0 \text{ (cortocircuito)} \Rightarrow P_D = P_C = V_S \cdot I_{S\text{máx}} \text{ (muy grande)} \end{array}$$

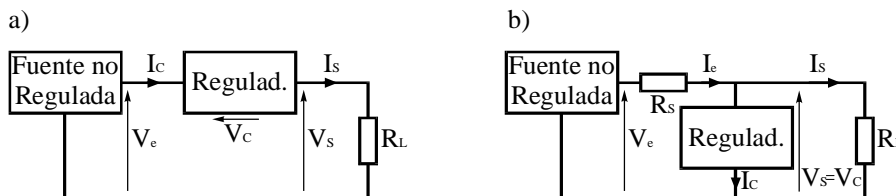


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..5.-* diagrama de bloques de un regulador: a) En serie y b) En paralelo..

#### 1.1.3.2 REGULADOR EN PARALELO

- Esta configuración suele utilizarse cuando la carga es pequeña.
- El circuito está autoprotegido frente a cortocircuitos.
- En la figura 1.5.b vemos el diagrama de bloques de un regulador en serie.
- Del diagrama deducimos que la potencia disipada será:

$$\left. \begin{array}{l} - V_{\text{CONTROL}} = V_C = V_S \\ - I_{\text{CONTROL}} = I_C = I_e - I_S \end{array} \right\} \Rightarrow P_C = V_C \cdot I_C \Rightarrow \boxed{P_C = V_S \cdot (I_e - I_S)}$$

$$\begin{array}{l} *V_S = \text{cte}; \quad 0 \leq I_S \leq I_{S\text{máx}} \Rightarrow P_D = V_S \cdot I_{S\text{máx}} \\ *V_S = \text{cte}; \quad I_S = \text{cte} \Rightarrow P_D = V_S \cdot (I_e - I_S) \\ *V_S = 0; \quad I_e = I_S \Rightarrow P_D = 0 \text{ (no disipa potencia)} \end{array}$$

### 1.1.3.3 DIFERENCIAS ESENCIALES

- El regulador paralelo impide que las variaciones de la corriente de carga aparezcan en la fuente 1ª aislándose la carga de la fuente 1ª, que es bueno para frecuencias elevadas.
- La energía disipada, en forma de calor, en el regulador serie aumenta en proporción directa con la carga, mientras que en el regulador paralelo disminuye al aumentarla.
- El regulador paralelo tiene un elemento más, R, que evita la rotura del regulador si falta la carga. R también disipa calor  $\Rightarrow$  para una entrada y una salida determinadas y una carga idéntica, la potencia entregada por la fuente 1ª de un regulador paralelo es mayor que la entregada por un regulador en serie.
- El regulador paralelo tiene un rendimiento inferior al regulador en serie.

## 1.2 FUENTES REGULADAS DE TENSIÓN

### 1.2.1 REGULADOR DE TENSIÓN SERIE: Por Seguidor De Emisor.

- Una fuente con una regulación deficiente tiene una impedancia interna alta.
- Solución: usar un seguidor de emisor transformando la impedancia interna de alta a baja.
- Este tipo de reguladores (Fig. 1.6) son los más usados.

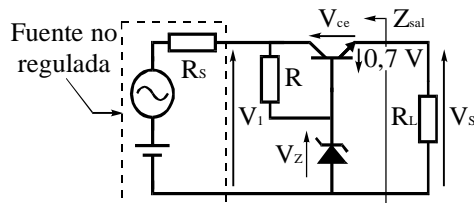


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..6.- Regulador de tensión serie seguidor de emisor.*

$$V_S = V_Z - 0,7$$

$$V_Z = V_{\text{referencia}}$$

$$Z_{\text{sal}} = \frac{R_Z + h_{ie}}{1 + h_{fe}}$$

$h_{fe} = \beta$	$h_{ie} = \beta \cdot r_e$
$r_e = 25\text{mV}/I_e$	$R_Z = V_Z/I_Z$

### 1.2.2 REGULADOR DE TENSIÓN PARALELO: Con Derivación

- Está constituido por un circuito de estabilización por diodo Zener y un transistor que observe los cambios de corriente necesarios para compensar las variaciones de la V de salida (Fig. 1.7).
- Ventaja: constituye una protección contra cortocircuitos.
- Inconveniente: puede malgastarse mucha potencia en comparación con el seguidor de emisor.

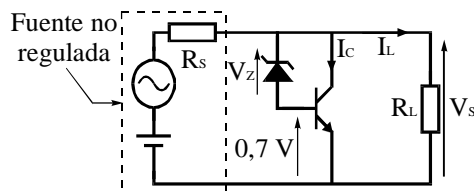


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..7.- Regulador de tensión serie con derivación.*

$$V_S = V_Z - 0,7$$

### 1.2.3 ELEMENTOS DEL REGULADOR EN SERIE

Una fuente de tensión regulada usa, normalmente, un circuito automático de control que detecta las variaciones de la tensión de salida y los corrige automáticamente. Los elementos de un sistema de control son:

- 1.- Elemento de referencia
- 2.- Elemento de muestra
- 3.- Elemento comparados
- 4.- Amplificación de la señal de error.
- 5.- Elemento de Control.

#### 1.2.3.1 ELEMENTO DE REFERENCIA

- Da una tensión de referencia lo mas estable posible, bajo un amplio margen de corriente de funcionamiento.
- Generalmente está constituido (Fig. 1.8.a) por un diodo Zener y su resistencia de polarización.
- Se suele conectar a la salida, aunque puede hacerse a la alimentación de entrada.

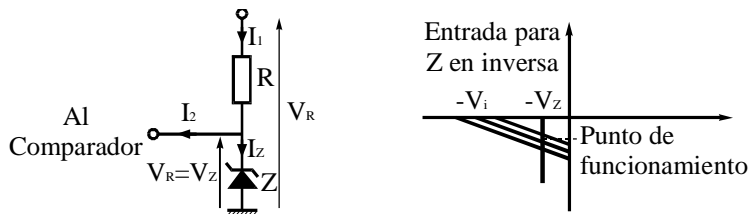


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..8.- Elemento de referencia de un regulador serie. Variación de la tensión del zener con respecto a la tensión de salida.*

- De la figura obtenemos que:

$$V_S = I_1 \cdot R + V_Z \Rightarrow I_2 \ll I_1 \Rightarrow V_S = I_2 \cdot R + V_Z = \frac{V_Z}{R_Z} \cdot R + V_Z \Rightarrow V_S = V_Z \cdot \left( \frac{R}{R_Z} + 1 \right) \Rightarrow$$

$$\Delta V_S = \Delta V_Z \cdot \left( \frac{R}{R_Z} + 1 \right) \Rightarrow \frac{\Delta V_Z}{\Delta V_S} = \left( \frac{R_Z}{R + R_Z} \right) \Rightarrow R_Z \ll R \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta V_Z}{\Delta V_S} = \frac{R_Z}{R} \approx 0}$$

- Por tanto,  $V_Z$  varía poco con respecto a  $V_S$  (Fig. 1.8.b).

#### 1.2.3.2 ELEMENTO DE MUESTRA

- Da una señal proporcional a la de la salida.
- Suele ser un divisor de tensión resistivo, con un pequeño ajuste, situado a la salida de la fuente (Fig. 1.9).

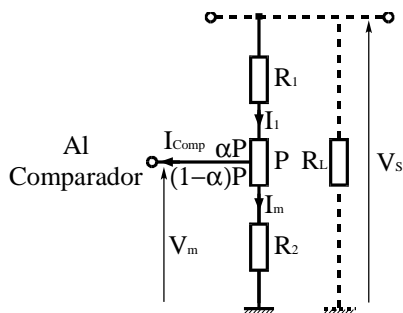


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..9.- Elemento de muestra de un regulador serie.*

- Los valores de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $P$  deben ser  $\gg R_L$  para evitar una posible fuga de corriente.
- De la figura obtenemos que:

$$I_1 = I_{\text{comp}} + I_m \Rightarrow I_m \gg I_{\text{comp}} \text{ (despreciable)} \Rightarrow I_1 = I_m$$

$$V_m = I_m [(1-\alpha) \cdot P + R_2] = \frac{(1-\alpha) \cdot P + R_2}{R_1 + R_2 + P} \cdot V_s \Rightarrow m = \frac{(1-\alpha) \cdot P + R_2}{R_1 + R_2 + P} \Rightarrow \boxed{V_m = m \cdot V_s}$$

- Para que el consumo del sistema de regulación sea bajo:  $\boxed{I_m \ll I_{S\text{max}}}$

### 1.2.3.3 ELEMENTO COMPARADOR

- Analiza en cada instante la señal proveniente del elemento de muestra con la fija de referencia de forma que intenta equilibrar las variaciones producidas a la salida.
- Generalmente deberá ser un transistor o un amplificador operacional.
- Existen 2 circuitos típicos para tensión de salida alta o baja.

#### A) COMPARADOR DE BAJA TENSIÓN ( $V_s$ BAJA)

- **Con transistor** (Fig 1.10.a): Si  $V_s$  aumenta  $\Rightarrow V_{BE}$  aumenta  $\Rightarrow I_C$  del transistor es mayor

$$V_m = V_{BE} + V_R \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_m = mV_s \\ V_R = V_Z \end{array} \right\} \Rightarrow V_{BE} = m \cdot V_s - V_Z \Rightarrow V_s = \frac{(V_{BE} + V_Z)}{m} \Rightarrow$$

$$\boxed{V_s = (V_{BE} + V_Z) \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{(1-\alpha) \cdot P + R_2}}$$

- **Con amplificador operacional** (Fig 1.10.b):

$$V_Z = V_m = mV_s \Rightarrow \text{Idealmente } \mathcal{E}=0 \Rightarrow V_s = \frac{V_Z}{m} \Rightarrow \boxed{V_s = V_Z \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{(1-\alpha) \cdot P + R_2}}$$

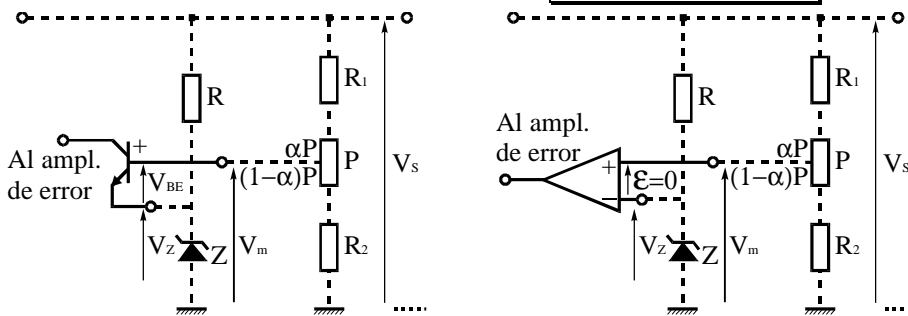


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..10.- Elemento comparador de baja tensión de un regulador serie. a) Con transistor y b) Con amplificador operacional.

#### B) COMPARADOR DE ALTA TENSIÓN ( $V_s$ ALTA)

- **Transistor con base en el elemento de referencia** (Fig 1.11.a):

$$V_{BE} = (V_s - V_R) - V_m \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_m = mV_s \\ V_R = V_Z \end{array} \right\} \Rightarrow V_{BE} = (1-m) \cdot V_s - V_Z \Rightarrow V_s = \frac{V_{BE} + V_Z}{(1-m)} \Rightarrow$$

$$\boxed{V_s = (V_{BE} + V_Z) \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{R_1 + \alpha P}}$$

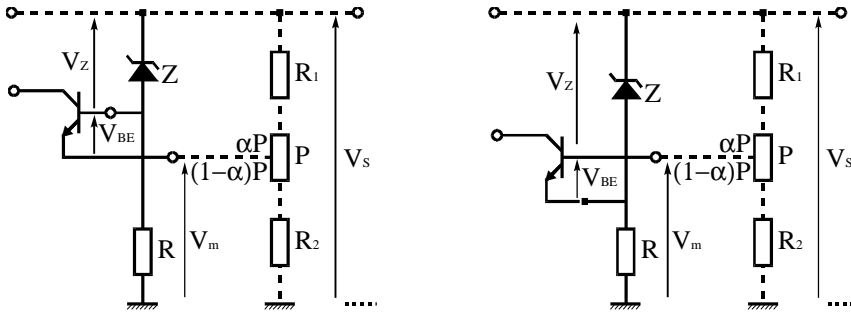


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..11.- Elemento comparador de alta tensión con transistor.

- Transistor con base en el elemento de muestra (Fig 1.11.b):

$$V_{BE} = V_m - (V_s - V_R) = mV_s - (V_s - V_Z) \Rightarrow V_{BE} - V_Z = (m-1)V_s \Rightarrow V_s = \frac{V_Z - V_{BE}}{(1-m)} \Rightarrow$$

$$V_s = (V_Z + V_{BE}) \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{R_1 + \alpha P}$$

### C) COMPARADOR CON AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

En los casos en que es necesario una alta compensación térmica, se usa un amplificador diferencial, con dos transistores idénticos.

- Para  $V_s$  baja (Fig.1.12.a):

$$V_s = V_R \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{(1-\alpha) \cdot P + R_2}$$

- Para  $V_s$  alta (Fig.1.12.b):

$$V_s = V_R \cdot \frac{R_1 + R_2 + P}{R_1 + \alpha P}$$

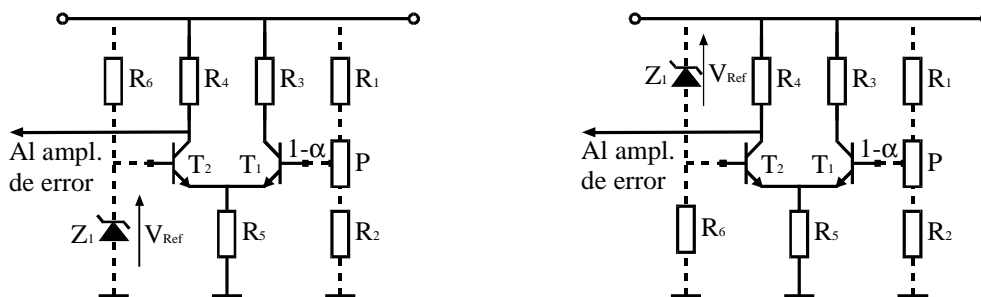


Fig. ¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..12.- Elemento comparador con amplificador diferencial de un regulador serie. a) Para  $V_s$  baja y b) Para  $V_s$  alta.

#### 1.2.3.4 AMPLIFICADOR DE LA SEÑAL DE ERROR

Está formado por un amplificador de acoplo directo, en muchos casos constituidos por un solo transistor (Fig 1.13).



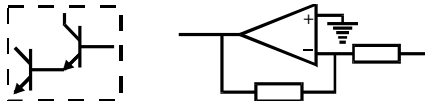


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..13.- Elemento amplificador de la señal de error de un regulador serie.*

Este elemento amplifica las variaciones producidas en el comparador y las eleva a un nivel tal que puedan excitar al bloque de control.

### 1.2.3.5 ELEMENTO DE CONTROL

Su misión es la de controlar las variaciones de la tensión de salida, aumentando o disminuyendo su caída de tensión colector-emisor, así como la de permitir la circulación de la corriente necesaria a la salida. Su diseño puede ser una conexión Darlington con una resistencia R que se comporta como una fuente de corriente constante (I) denominada Prerregulador (Fig 1.14.a).

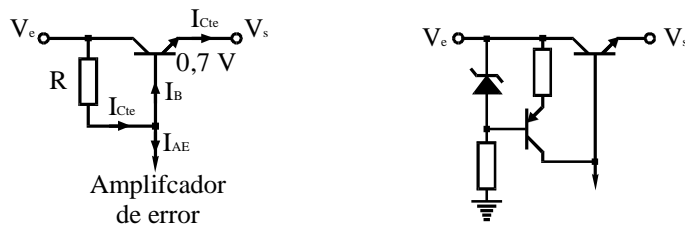


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..14.- Elemento de control de un regulador serie.*

$$I = I_B + I_{AE} = \text{cte}$$

$$I_{cte} \geq 2I_{Bmax}$$

Si  $V_e$  aumenta,  $V_s$  aumenta  $\Rightarrow I_{AE}$  varia  $\Rightarrow I_B$  y  $V_{CE}$  disminuye  $\Rightarrow V_s$  no varia.

$$R \cdot I_{cte} = V_e - (V_s - V_{BE}) \Rightarrow R = \frac{V_e - (V_s - V_{BE})}{I_{cte}}$$

Una mejor solución es usar un transistor con salida por colector como muestra la figura 1.14.b.

### 1.2.3.6 REGULADOR SERIE COMPLETO

En la figura 1.15 se muestra el montaje de un regulador serie.

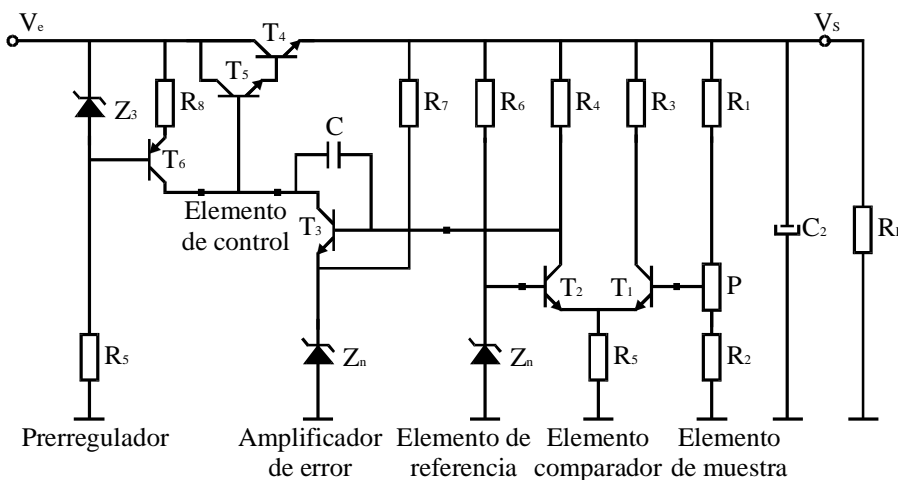


Fig. *¡Error!No hay texto con el estilo especificado en el documento..15.- Montaje completo de un regulador serie.*

