



**ELECTRONICA  
DIGITAL**



## LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

Con la aparición de los circuitos integrados, ha mejorado notablemente nuestra calidad de vida. Con ellos podemos disfrutar de computadoras personales, calculadoras de bolsillo, inclusive incorporadas en nuestros relojes, equipos médicos y de oficina, altamente sofisticados.

Por supuesto también en radio, T.V. y equipos de audio, con sofisticados ejemplos de notable calidad y fácil manejo.

Si comparamos los integrados con los componentes discretos, hay diferencias notables en su tamaño, mucho más pequeños, de menor peso, más confiables y también más económicos.

En desmedro de ellos, debemos decir que por su pequeño tamaño, los niveles de tensión y potencia

que pueden manejar tiene limitaciones. Actualmente, se están construyendo circuitos híbridos de potencia que solucionan en parte lo antedicho.

Además, por el momento, sólo se pueden integrar resistores y capacitores, no así bobinas y transformadores.-

Definimos como un circuito integrado (CI) a un circuito electrónico completo, que incluye transistores, diodos, resistencias y condensadores.

Los CI miden entre 2,5 y 7 cm. de ancho y un espesor de 0,5 mm. y en ese espacio, por ejemplo, pueden encontrarse 370.000 transistores.

En la figura 1 se observa un CI- NS 32 532, que posee esa cantidad.

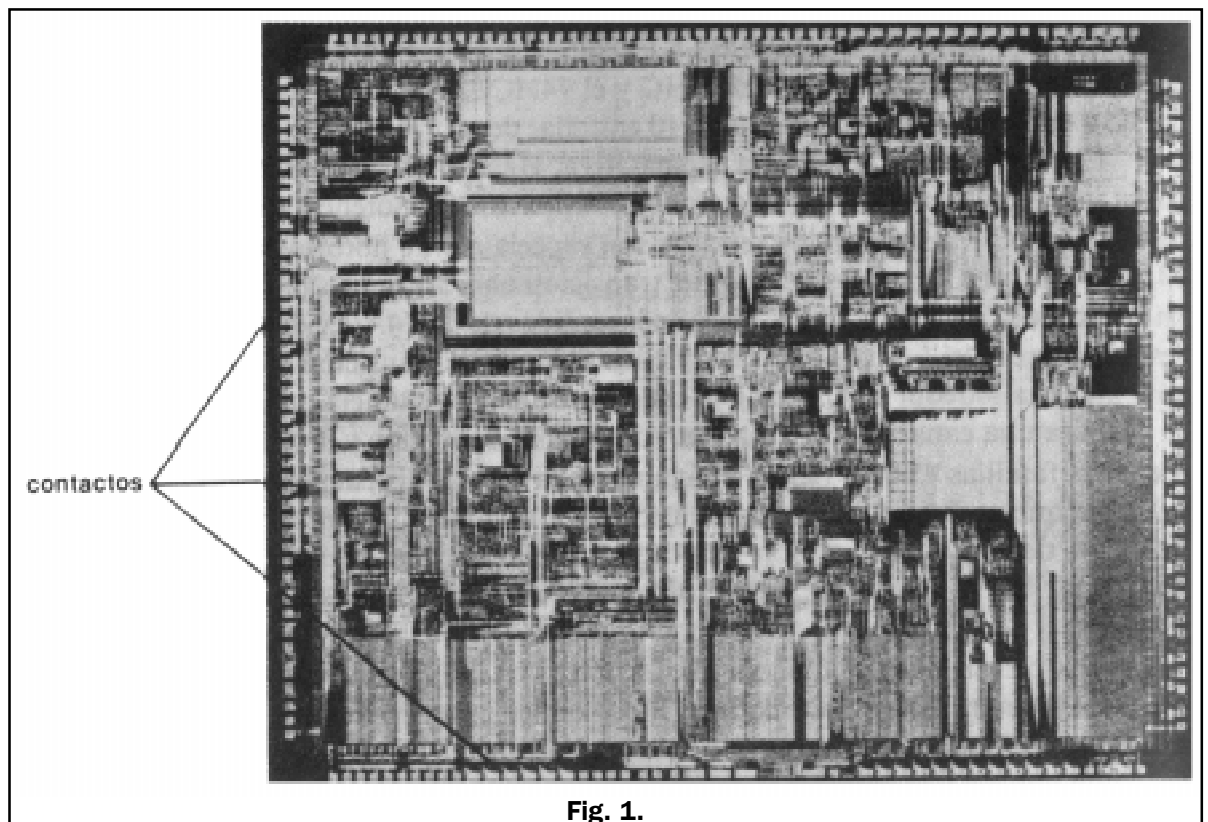
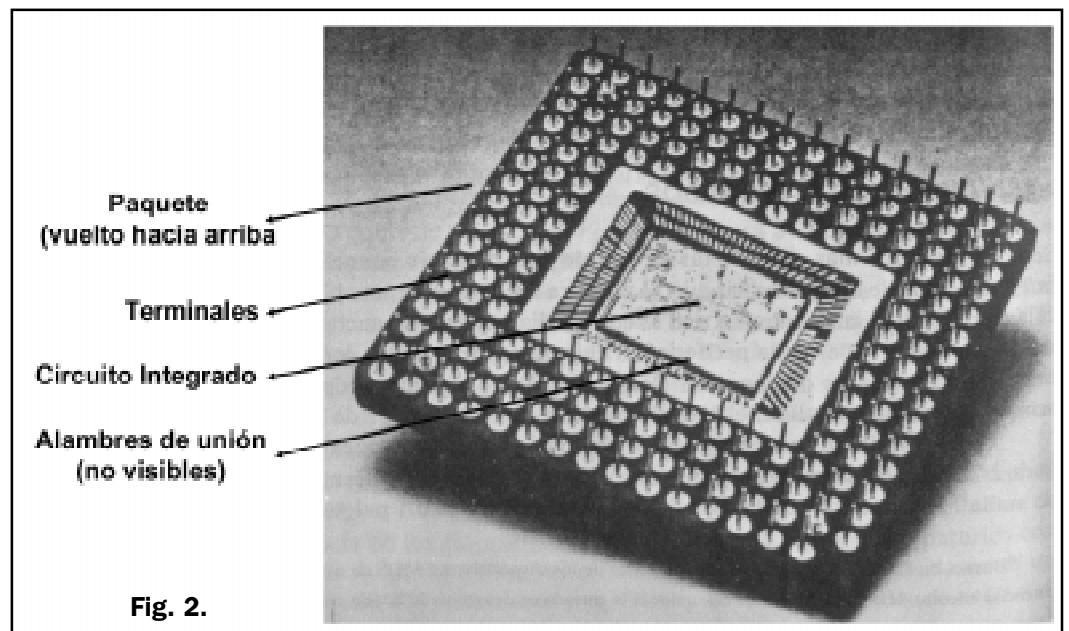
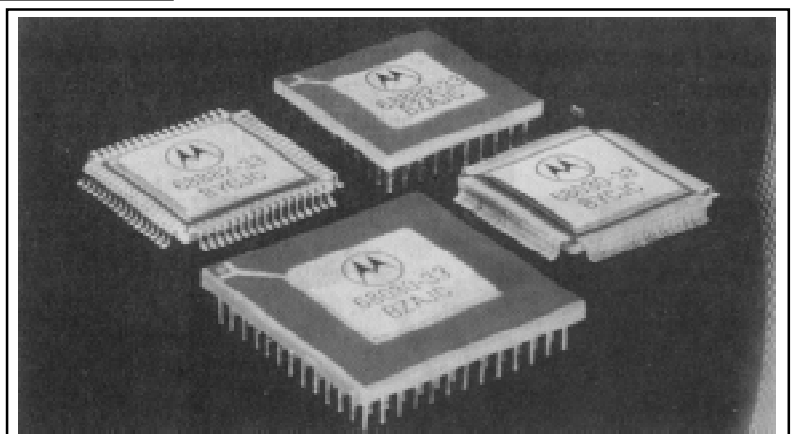
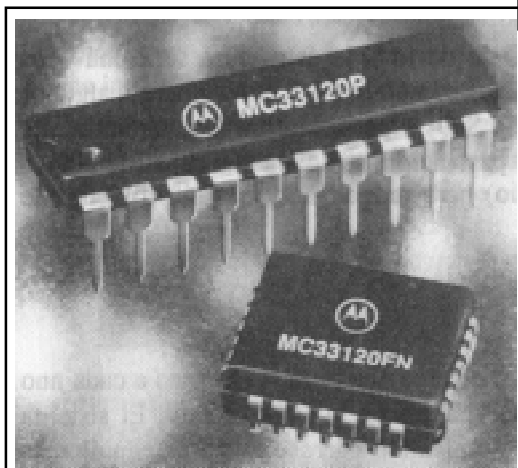
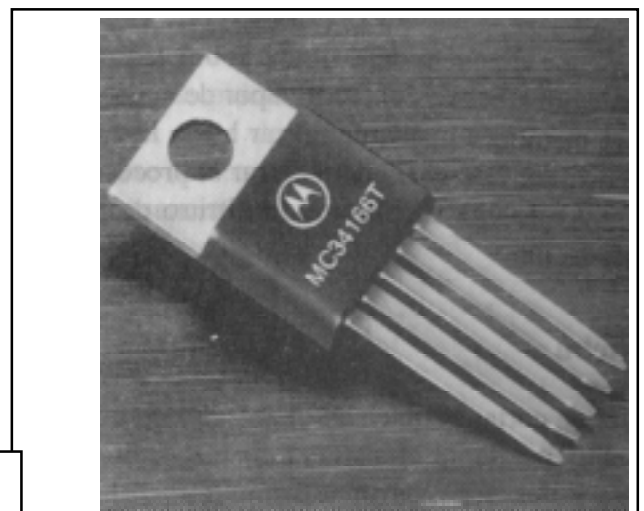
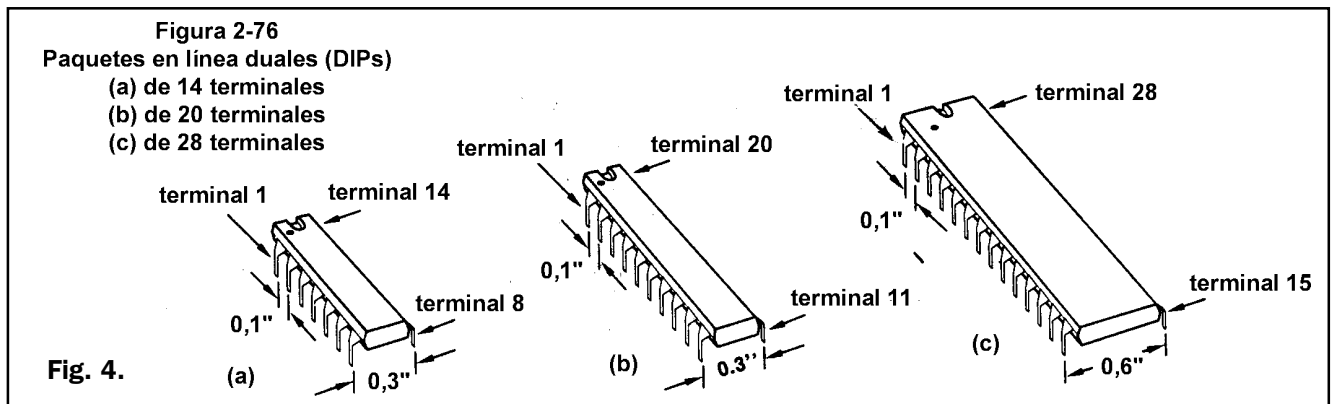


Fig. 1.



Cada chip CI se coloca luego en un paquete de cerámica como muestra la Figura 2, con terminales ordenados en malla, alambres delgados llamados alambres de unión que conectan los contactos del chip a los terminales que los comunican con el mundo exterior. Estas, se presentan de diferentes formas: Fig. 3 insertables y de soldadura superficial (SND)





Como vemos, existen diferentes formas de encapsulado. La más común, es la llamada paquete en línea dual (DIP) ó doble fila como lo muestra la Fig. 4, que mediante un punto en la parte superior del mismo, indica el pin 1. Los demás, se numeran en sentido contrario a las agujas del reloj.

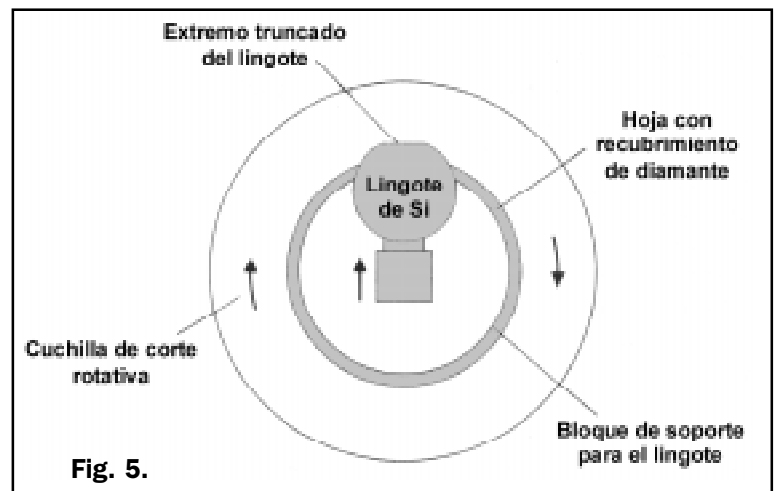
Un CI normalmente se inserta en un circuito impreso (PCB ó PWB), siglas en inglés que significan «Printed-Circuit -Board» ó «Printed-Wiring-Board», que los conectan a otros CI de un sistema.

Los CI, se clasifican según el número de componentes en él.

Las denominaciones usadas son bajo las siglas inglesas.

SSI (Integración a Pequeña Escala) presentan menos de 20 compuertas ó 100 componentes que usan generalmente paquete en línea dual de 14 terminales (DIP)

Los MSI (Integración a Mediana Escala) que contienen 20 a 200 compuertas ó 100 a 1000 componen-

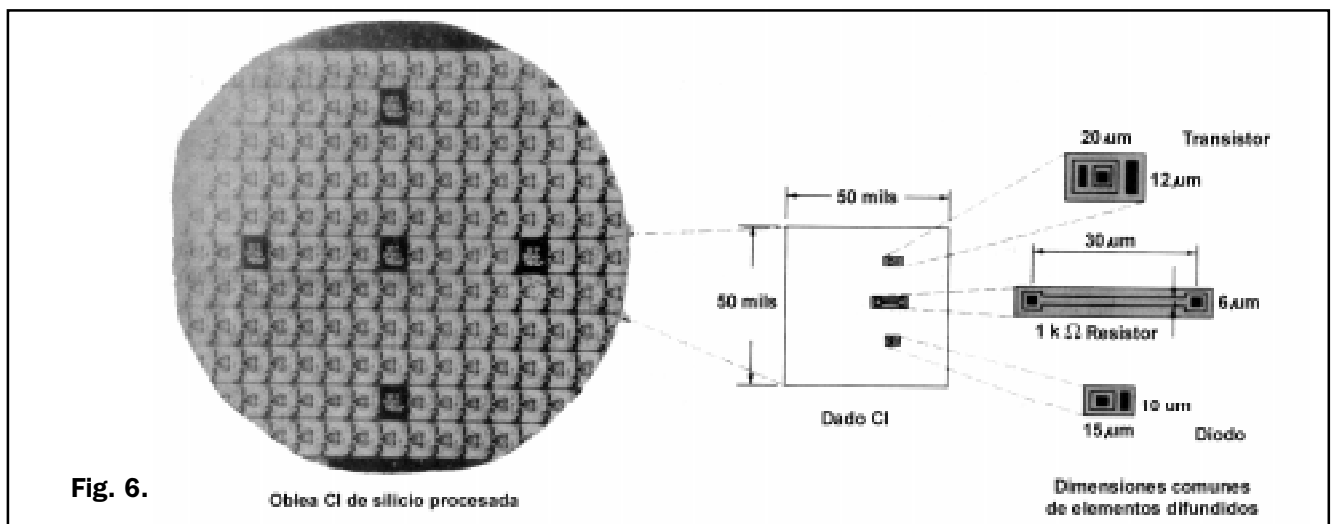


tes.

Los LSI, (Integración a Gran Escala), hasta 20.000 compuertas o 10.000 componentes.

Los VLSI, (Integración a Muy Grande Escala), más de 500.000 transistores.

De acuerdo a la función se los clasifica en análogos



o lineales y digitales.

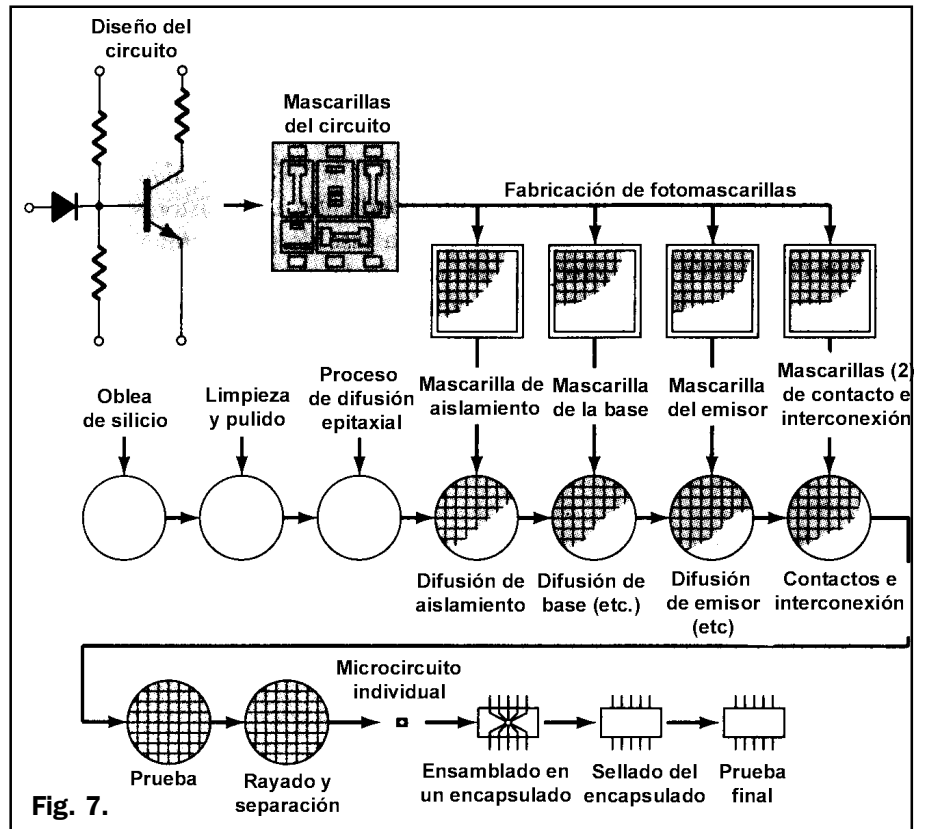
Existen 3 tipos de CI disponibles comercialmente a gran escala hoy. Estos incluyen los circuitos integrados monolíticos, de película delgada (ó gruesa) y los híbridos.

El término monolítico, significa «una estructura sólida». Como lo indica su nombre, se construyen con una sola oblea de material semiconductor (generalmente silicio), aunque como los niveles de densidad (cantidad de componentes) aumenta cada día más, probablemente tenga que emplearse materiales como el arseniuro de galio.

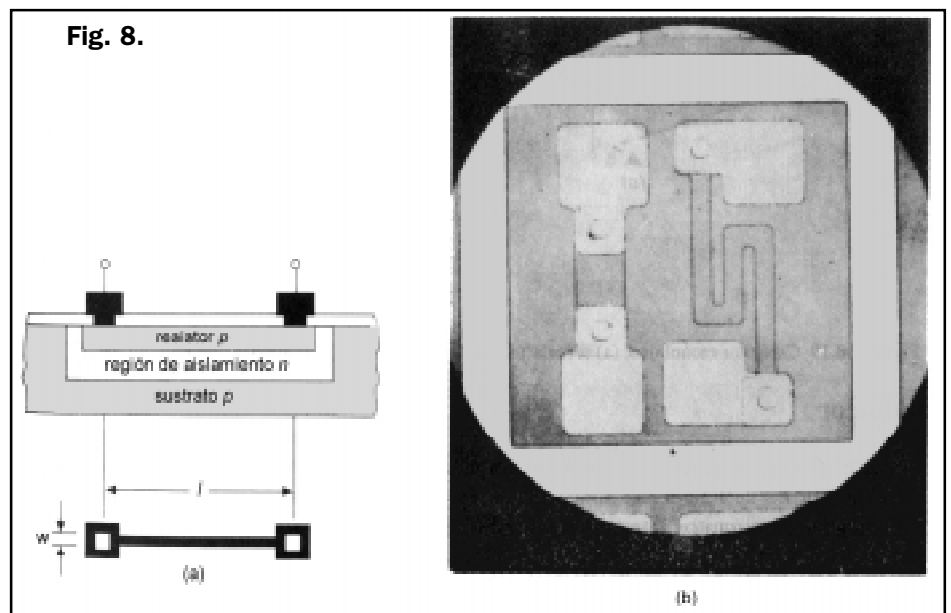
Se pueden obtener obleas tan delgadas como 5 veces menos el espesor de una hoja de un cuaderno, empleándose un proceso de corte o rebanado, como se muestra la fig. 5.

Observemos el conjunto de etapas que involucran la fabricación de un CI monolítico (fig. 6 y 7).

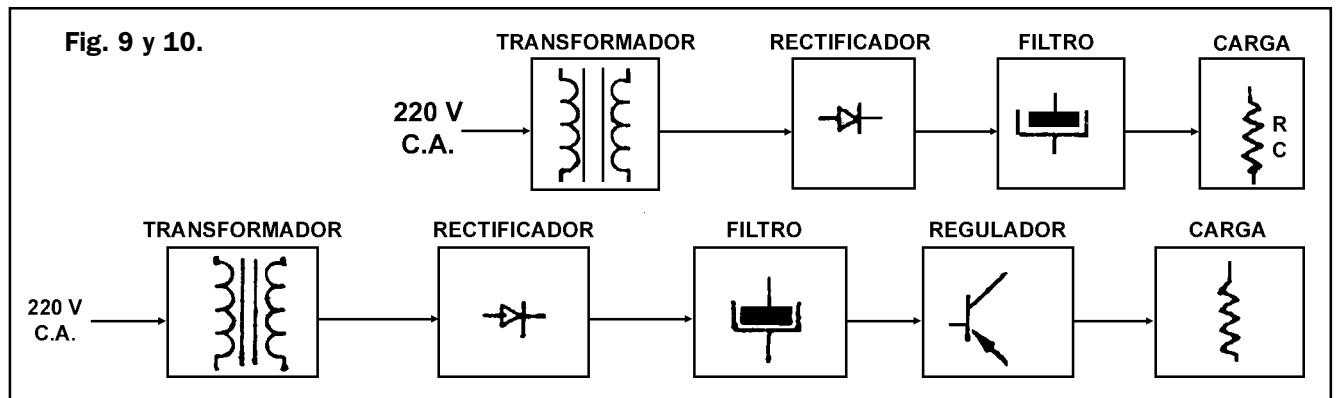
La apariencia superficial del transistor de diodo y resistor, se observa también en la oblea de silicio procesada, la fig. 8 presenta una vista de la sección transversal de un resistor, capacitor diodo y transistor.



**Fig. 7.**



**Fig. 8.**



## CI DE APLICACIÓN ESPECÍFICA

Se denominan así, a los CI diseñados para un producto o aplicación particular. Por ejemplo todo equipo electrónico moderno, necesita una fuente de alimentación (llamada fuente de poder) que le proporciona la necesaria también, para poder cumplir su actividad.

Esta fuente de poder, toma tensión alterna de línea y por medio de un circuito rectificador convierte la C.A. de la línea en C.C. (corriente continua)

Pero para un normal funcionamiento esta tensión continua, no debe tener fluctuaciones o variaciones en su valor, cuando se producen variaciones por ejemplo de volumen o brillo en un T.V.. Los reguladores de tensión o voltaje, cumplen con esta función.

## FUENTES DE PODER

Una fuente de poder o convertidor, transforma la corriente alterna (C.A.) presente en la red eléctrica domiciliaria en corriente continua (C.C.) apta para alimentar diversos equipos electrónicos.

De acuerdo a la estabilidad de la tensión de salida, hay dos tipos de fuentes de poder: reguladas y no reguladas.

En las reguladas, la tensión de salida varía de acuerdo al consumo del equipo, pero en ciertos equipos electrónicos, se utilizan componentes que necesitan una tensión estable y precisa.

Por ejemplo, los microprocesadores y las memorias que utilizan equipos modernos. Si la tensión es menor, no funcionan y si es mayor, se pueden estropear fácilmente.

En la primera figura de la página, mostramos un esquema en bloques de una fuente no regulada y en la segunda figura, una fuente de poder regulada.

El primer bloque de las figuras 1 y 2, contiene un transformador, el cual reduce o eleva los 220 V.C.A. de la línea al valor requerido.

El tamaño del transformador, depende de la potencia que se exige desde la carga, es decir, el circuito que deba alimentar.

La potencia en Watts, se halla multiplicando la tensión de la fuente por la máxima corriente exigida por la carga, o sea:

$$W = V \times A$$

El valor rms de la tensión secundaria del transformador, se calcula con la fórmula:

$$E_{rms} = \frac{ECC + 1,2}{1,41}$$

Donde ECC, es la tensión de corriente continua que se espera a la salida de la fuente.

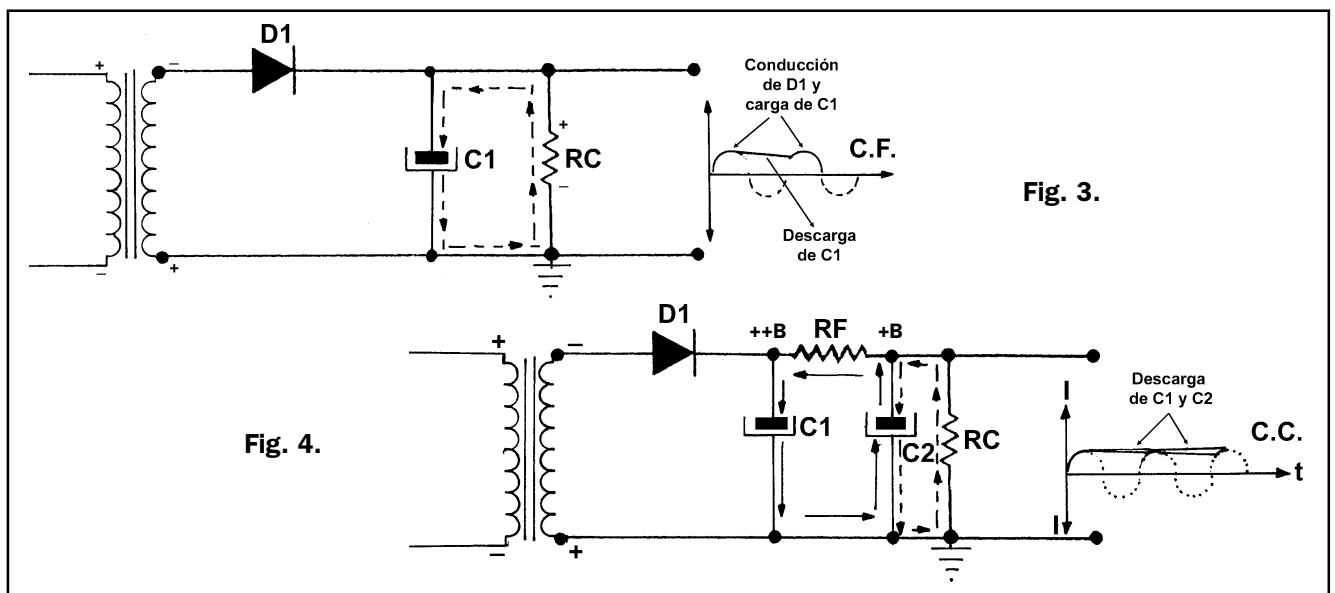
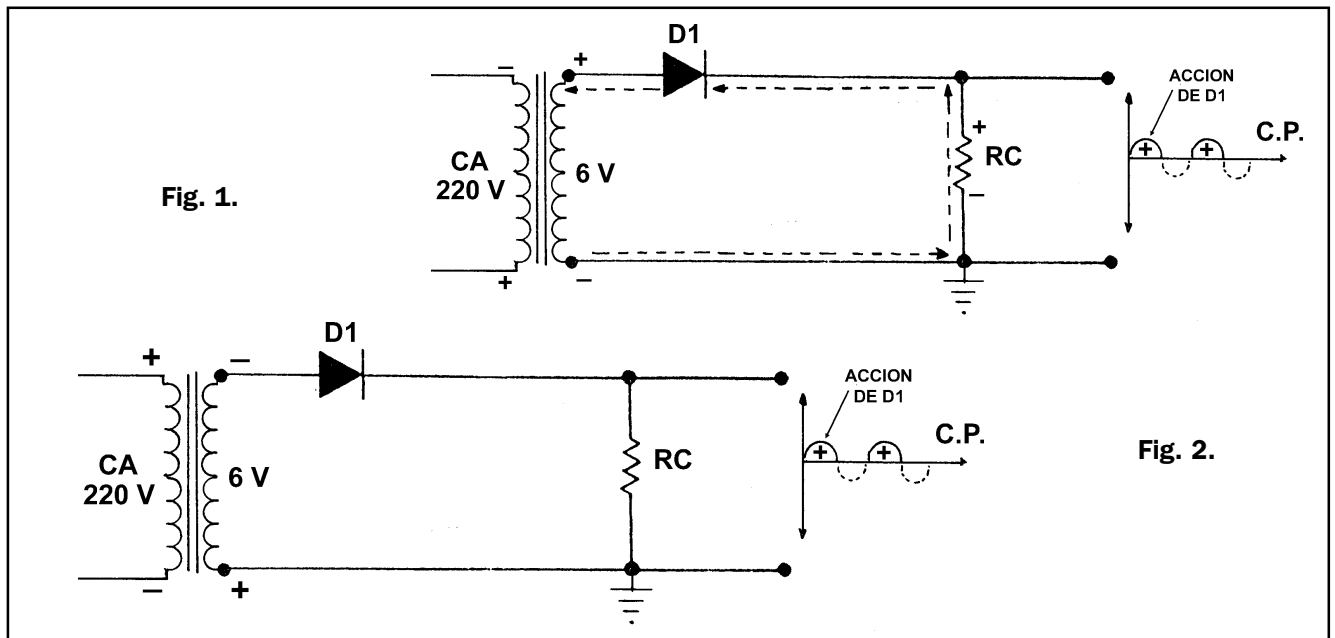
El segundo bloque, es el rectificador, función que van a cumplir los diodos, los cuales sólo conducen en una dirección, por lo tanto eliminará uno de los sentidos de la alterna.

Este proceso, recibe el nombre de rectificación y tiene 2 posibilidades : rectificación de media onda y rectificación de onda completa.

En ambos casos, a la salida de este bloque, obtendremos corriente continua pulsante C.C.P. o simplemente C.P.

El tercer bloque, es el circuito de filtro que en una fuente no regulada sería el último bloque y el penúltimo en una regulada. Su función, es tratar de alisar, lo más posible la onda de salida de corriente continua que entrega el sistema rectificador para que ésta sea lo más continua posible.

Para efectuar esta tarea, se recurre generalmente



al llamado filtro con condensador, que utiliza la propiedad de los condensadores de almacenar energía.

El último bloque, es una fuente regulada, justamente el regulador que evita las variaciones de tensión de salida aunque haya variaciones de tensión en la entrada de alterna o que varíe la carga conectada a la fuente.

Estos reguladores pueden ser muy simples, utilizando diodos zener, un poco mas complejos son transistores zener y resistencias o con circuitos integrados, los llamados reguladores de 3 termina-

les.

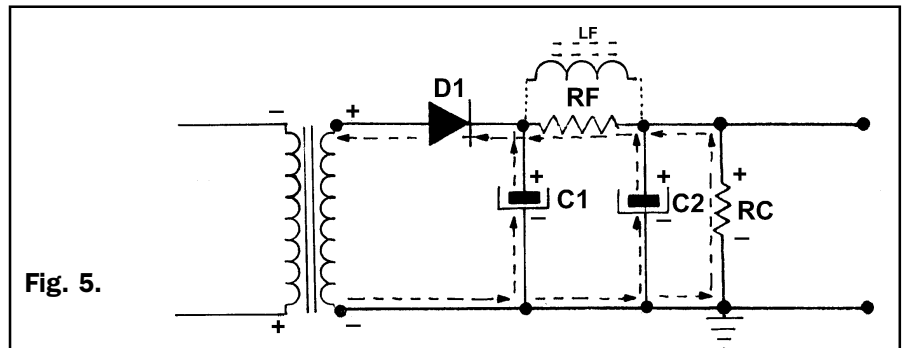
Estos circuitos reciben el nombre de fuentes reguladas lineales.

## RECTIFICACION DE MEDIA ONDA

El circuito rectificador de media onda está formado por un simple diodo que elimina uno de los semiciclos de la corriente alterna.

Al aplicar una D.D.P. alterna entre placa y cátodo del diodo, Fig. 1, la placa se polarizará alternativamente positiva y negativa respecto al cátodo.





Cuando la placa tiene tensión positiva respecto al cátodo, el diodo conduce, estableciéndose un circulación de corriente desde el negativo del transformador a través de RC a cátodo, de cátodo a placa (de D1) y de placa al positivo del transformador.

Esto produce una caída de tensión a través de RC con las polaridades indicadas.

Cuando la placa queda polarizada negativamente, no existe circulación de corriente a través del circuito y no habrá entonces caída de tensión sobre RC.

Como puede observarse, la corriente circulante a través de RC, es corriente continua pulsante (C.C.P.) y la tensión que se produce entre sus extremos seguirá las mismas variaciones de la corriente circulante.

De esta manera al aplicar al diodo una D.D.P. alterna, se obtendrá sobre RC, una corriente continua pulsante (C.C.P.). Esta acción se denomina rectificación, siendo en este caso, rectificación de media onda, ya que el diodo conduce un solo semiciclo de la tensión de entrada.

Con el agregado de un condensador electrolítico llamado condensador de filtro como lo muestra la Figura 3, circulará a través de RC, una corriente continua menos pulsante.

Cuando el diodo comienza a conducir el capacitor que queda en paralelo con RC y en serie con la conducción del diodo, se carga hasta el valor de pico.

En ese momento, el diodo deja de conducir, pues al disminuir la tensión en placa, ésta, resulta menos positiva que su cátodo, debido a que el capacitor cargado y hace que la tensión en RC, sea mayor que en placa.

Inmediatamente el capacitor comienza su descarga a través de RC, manteniendo la caída de tensión en ella, pues debemos recordar que cuando un capacitor se descarga a través de una resistencia, no lo hace en forma instantánea, sino que demora cierto tiempo. En este caso, el suficiente para que no llegue a descargarse del todo cuando lo sorprende el siguiente pulso y conduce de nuevo el diodo y vuelve a cargarse.

En el gráfico de la figura 4, se observa lo antes dicho. Esto, da como resultado que la corriente no llegue más a cero, es decir se hace continua fluctuante (CF).

En la práctica para obtener una corriente continua pura (C.C. pura) se emplea un sistema de filtro más elaborado, que consiste generalmente en una resistencia o un inductancia y dos capacitores. El citado sistema de filtro, entrega una C.C. prácticamente pura.

Cuando conduce el diodo, se cargan los capacitores; C1 a través de D1 y C2 a través de RF y D1 (Fig.5). Cuando el diodo se bloquea C2 se descarga a través de RC y C1 lo hace sobre C2 y RF (Fig. 6). De este modo, C1 mantiene la carga de C2 casi invariable, lo cual permite obtener la C.C.

## RECTIFICACION DE ONDA COMPLETA

Cuando se necesita una tensión mucho más continua, se recurre a rectificación de onda completa.

En la Figura 7, se observa un circuito rectificador de onda completa, en el que se utilizan dos diodos.

El transformador posee punto medio. Suponiendo que quisiéramos obtener una tensión de salida del mismo valor que en media onda, este transformador, sería del doble de espiras que el anterior.

Esto, además determina que para una polaridad dada entre extremos opuestos, el punto medio resultará positivo respecto a un extremo y negativo respecto al otro, como se observa en la Figura 7.

La consecuencia de lo anterior, hace que en un semiciclo conduzca un diodo y en otro permanezca bloqueado y viceversa.

Por ejemplo durante el semiciclo positivo de la ten-

sión de entrada, la polaridad de la tensión ( $V_1$ ) hace que el diodo ( $D_1$ ) conduzca.

La corriente  $I_1$ , al circular por RC, determina una caída de tensión con la polaridad indicada.

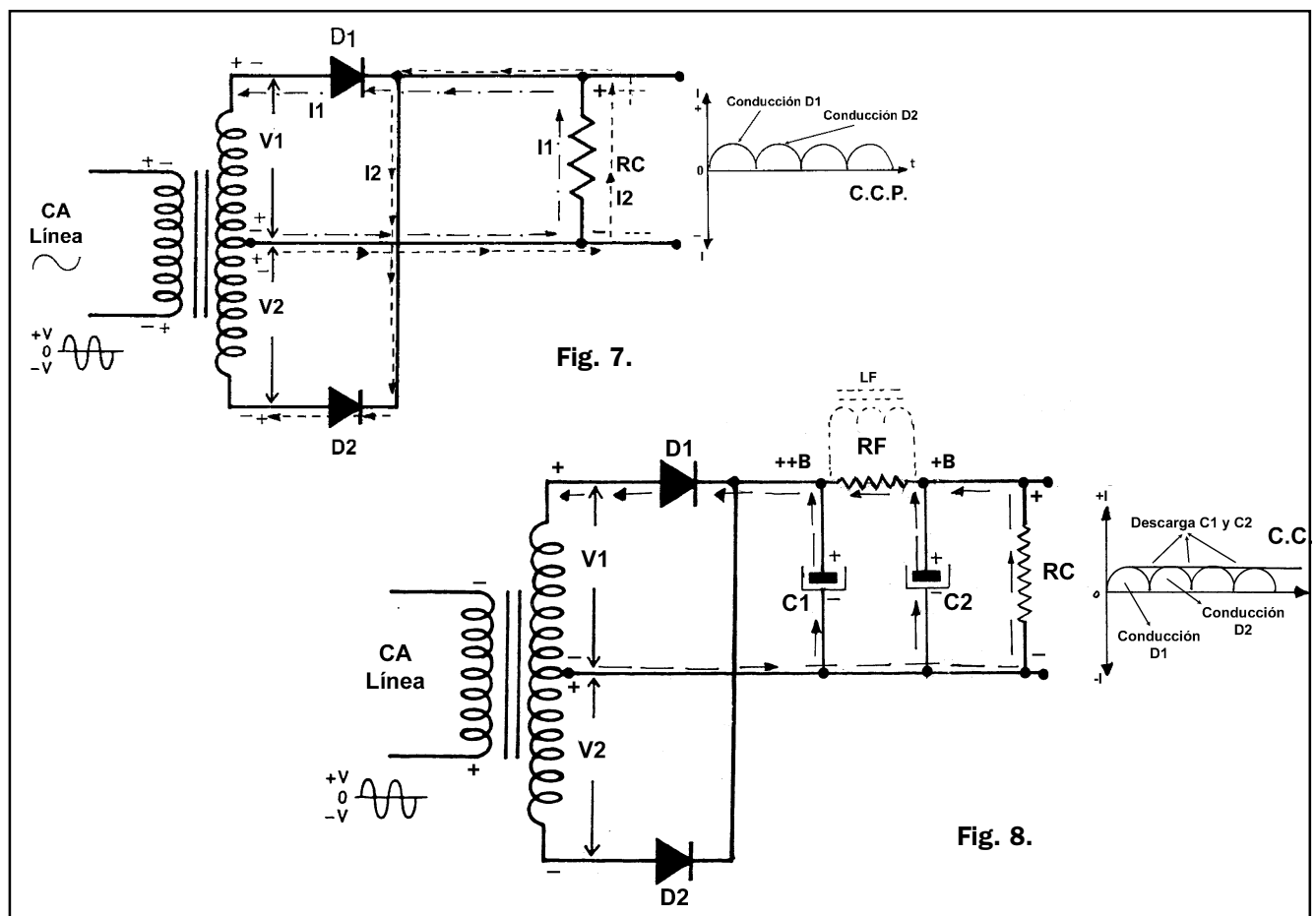
Mientras que la tensión  $V_2$  polariza inversamente al  $D_2$  y por lo tanto éste permanece bloqueado.

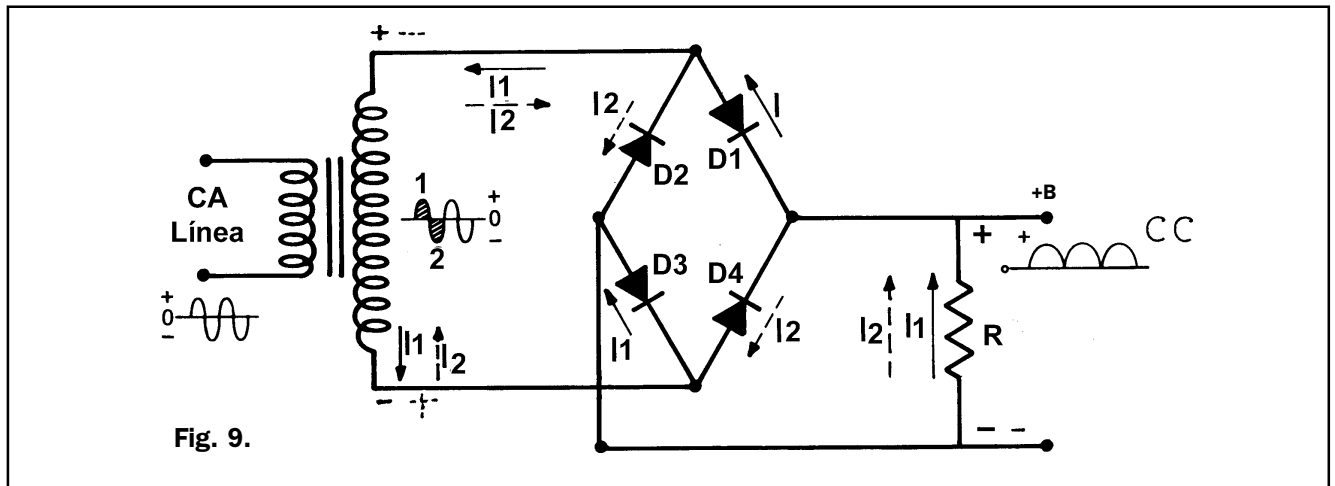
Durante el semiciclo negativo la tensión  $V_2$  polariza directamente a  $D_2$  y la corriente  $I_2$  al circular por RC, determina una caída de tensión de la misma polaridad que la anterior.

Por lo tanto, se han aprovechado ambos semiciclos o sea la onda completa de entrada.

Obsérvese que cuando no conduce uno cualquiera de los diodos, éste, soporta una tensión inversa, que es la suma de la tensión del transformador, más la caída de tensión en la RC por ser de la misma polaridad.

Por esta razón, cada diodo en este circuito debe ser capaz de manejar una tensión de polarización inversa





igual a dos veces la tensión de pico desarrollada a través de su salida.

Este circuito, más un adecuado sistema de filtros como lo muestra la Figura 8, nos permite obtener una C.C. pura.

Ello se consigue de manera idéntica al circuito de media onda. Es decir cuando los diodos conducen D1 ó D2, los capacitores se cargan y cuando se bloquean, los capacitores se descargan a través de RC.

Como el tiempo entre la conducción y el bloqueo es mucho menor que en el caso de media onda, los capacitores pueden alisar en mejor forma la tensión de salida, pues pierden menos carga.

Una variante a este circuito es el llamado circuito puente.

Figura 9. En el mismo tenemos 4 diodos y un transformador sin punto medio, lo cual hace que tenga un costo menor que en el de onda completa con 2 diodos.

El funcionamiento es el siguiente: En uno de los semiciclos conduce el D1 y D3 en tanto D2 y D4 permanecen bloqueados. En semiciclo siguiente conducirá D2 y D4, permaneciendo bloqueados D1 y D3, por lo tanto, sobre RC, se obtiene la onda completa de entrada.

Igual que en el circuito anterior con un sistema de filtros obtenemos C.C. pura.

Los circuitos vistos anteriormente, presentan una variación en la tensión de salida, de ahí, su denominación de fuentes de poder no reguladas.

Esto puede ocurrir porque se modifique el consumo del circuito que actúa como carga, por ejemplo una variación en el volumen de la señal de salida.

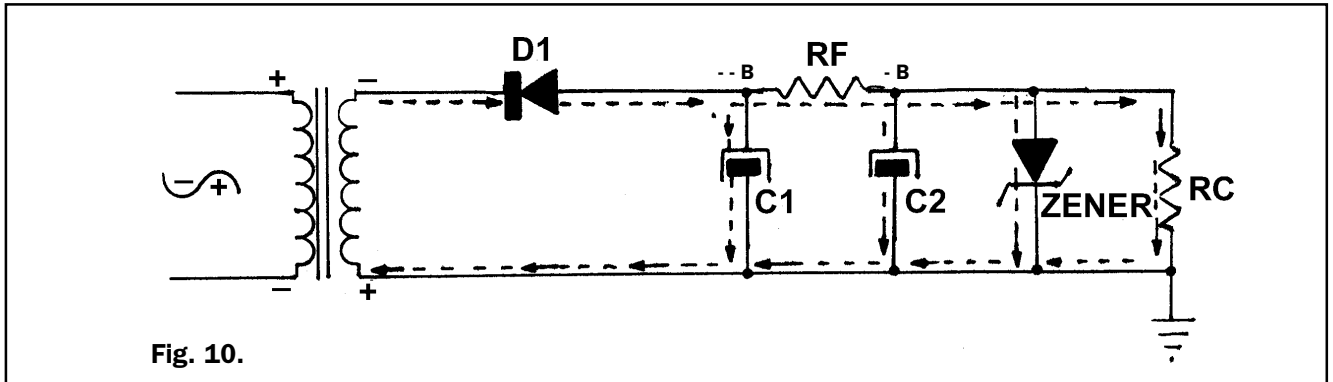
La tensión de salida tiende a disminuir cuando la carga exige más corriente, este cambio se denomina factor de regulación de tensión. Este, depende de la Z salida de la fuente de poder.

El no mantener constante la tensión de salida, afectará el funcionamiento por ejemplo en un equipo de audio, la calidad del sonido.

Para evitar estas variaciones de tensión, se debe agregar un circuito adicional que mantenga la tensión de salida constante aunque haya variaciones en la carga o varíe la tensión de entrada.

Estos elementos ya dijimos, pueden ser simples o circuitos integrados y las fuentes reciben así, el nombre de fuentes reguladas lineales.

## FUENTE REGULADA CON DIODO ZENER



Esta fuente es enteramente convencional utilizando un rectificador de media onda. La única diferencia se establece en el hecho de que en paralelo con la salida se emplea un diodo zener.

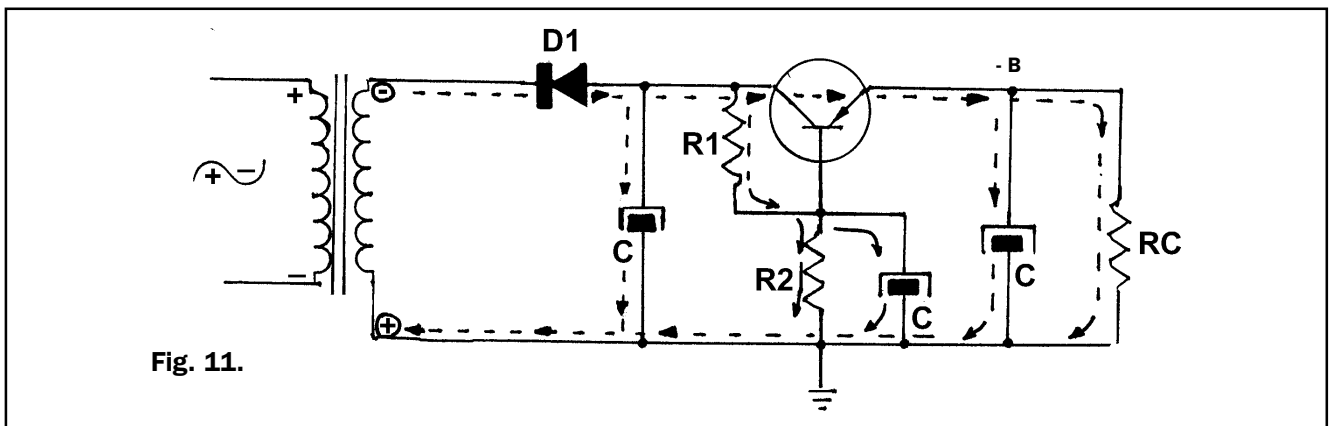
Supongamos por ejemplo que la fuente entrega una tensión de 6 v, entonces utilizaremos un Zener, especificado para 6 v., o el valor que más se le aproxime.

El funcionamiento será el siguiente: Cuando la tensión de la fuente aumente (por reducirse el consumo del receptor), aumentará la conducción del ze-

ner y se mantendrá la tensión de salida constante. Cuando suceda el caso inverso, el zener conducirá menos.

Para que la fuente mantenga a su salida una tensión constante, es preciso que el conjunto paralelo de las dos resistencias (receptor y zener) tenga también un valor uniforme de modo que si por ejemplo aumenta el consumo del receptor, tendrá que variar el valor de la resistencia del zener, en la proporción adecuada para mantener el valor resultante inalterado.

## FUENTE REGULADA CON TRANSISTOR



En la figura 11, se ilustra una fuente de alimentación provista de tensión de salida regulada por intermedio del transistor Q1 que es un PNP.

Los capacitores C1, C2 y C3, tienen la única finalidad de aplanar la tensión entre sus extremos, actuando simplemente como elementos de filtro.

La tensión de alimentación, está aplicada entre colector y emisor. La base se halla polarizada por el divisor de

tensión, constituido por R1 y R2.

El circuito de emisor, se encuentra retornado a chasis a través de RC que representa el receptor.

Al variar RC, varía la corriente colector emisor, disminuye la resistencia de emisor y aumenta la polarización entre base y emisor, permitiendo un aumento de corriente circulante, hasta que la RC, pueda llegar a tener la misma tensión que tenía antes.

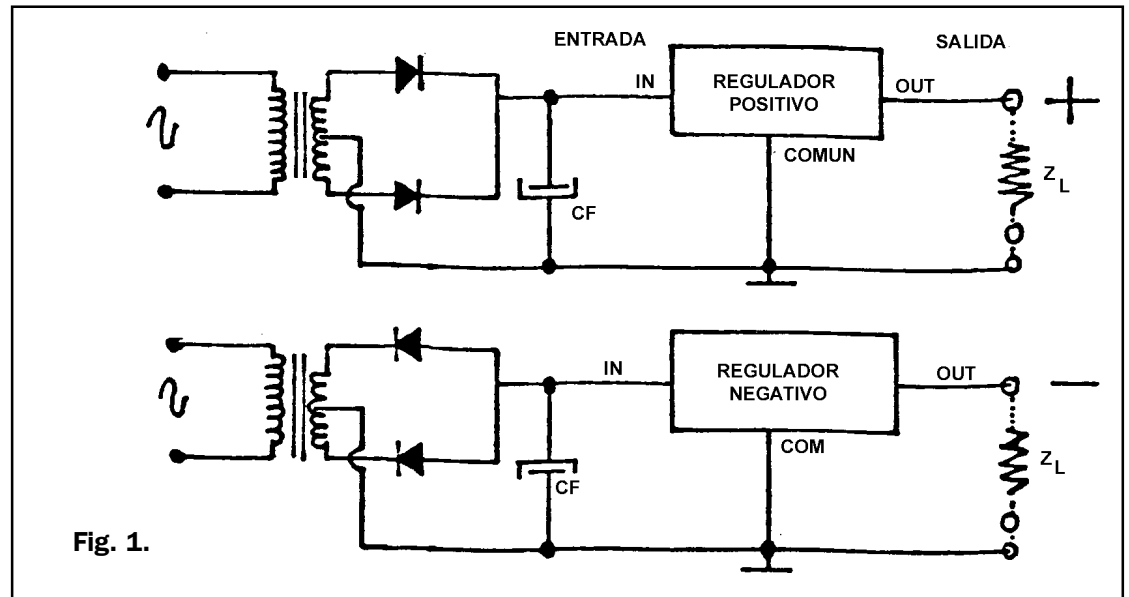


Fig. 1.

## CI. REGULADORES FIJOS DE TRES TERMINALES

Las fuentes reguladas con dispositivos discretos, permiten obtener un buen comportamiento respecto a las variaciones de la tensión de entrada y/o de carga. Para lograrlo, se utilizan circuitos relativamente complejos, situación que se agrava cuando se desea proteger al sistema de un cortocircuito en la descarga.

La tecnología actual, permite desarrollar circuitos integrados de tres terminales que simplifican enormemente el diseño de las fuentes, agregando ventajas referentes a protección térmica y excesos de corriente.

En lo que se refiere a la atenuación de la tensión alterna residual (ripple), la eficiencia es extraordinaria, tal es así, que en los dispositivos menos ventajosos, es del orden de 1.000 (60 dB) llegando fácilmente a 10.000 (80 dB) en otros.

Vale observar la ventaja de lo recién indicado. Si por ejemplo el sistema de rectificación y filtrado convencional entrega al integrado una tensión continua con un ripple equivalente a 1v. pap, a la salida de este último, en el peor de los casos, el ripple será de 1 minivolt pap.

En lo que se refiere a las corrientes que estos dispositivos pueden proveer, cubren fácilmente desde 100 mA a 1 A, llevando encapsulados diferentes para facilitar la disipación de calor, tal como veremos próximamente.

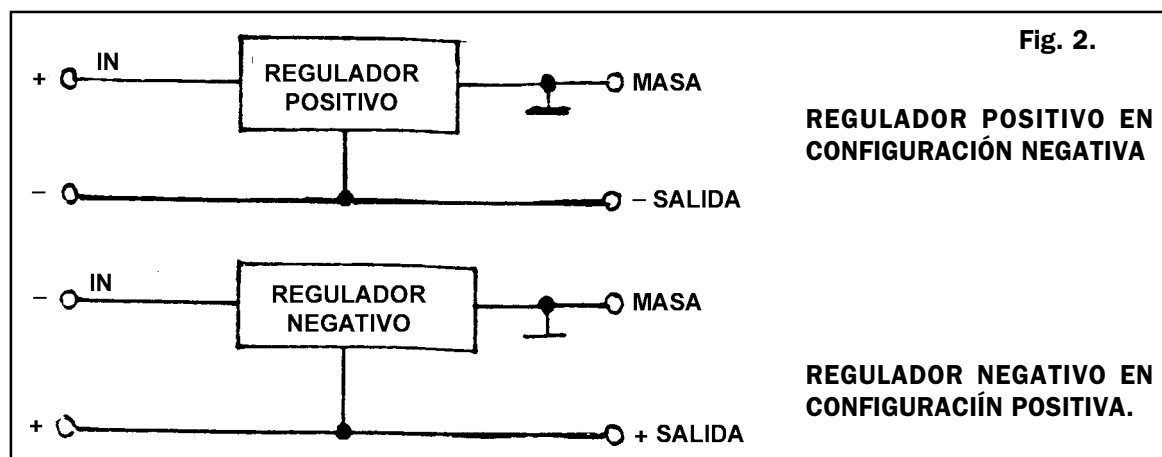


Fig. 2.

**REGULADOR POSITIVO EN CONFIGURACIÓN NEGATIVA**

**REGULADOR NEGATIVO EN CONFIGURACIÓN POSITIVA.**

## Reguladores positivos - Reguladores negativos

Por su gran difusión, nos referiremos a las series 78XX y 79XX, correspondiendo la primera a tensiones positivas y la segunda a tensiones negativas.

En principio las «XX» no representan otra cosa que las tensiones de salida, las que fueron normalizadas en 5, 6, 8, 12, 14, 18 y 24 volt.

Por ejemplo, un CI. Indicado como 7812, entregará a su salida, 12 v.. Otro señalado como 7815, entregará 15 v., etc.

Naturalmente que la tensión de entrada debe ser superior a la que el dispositivo puede entregar a su salida. En general, el voltaje de entrada requerido para mantener la regulación debe ser por lo menos 3 volt más alto que la tensión deseada a la salida.

En lo que se refiere a la denominación «regulador positivo» o «regulador negativo», se relaciona con la referencia de masa que se adopte. En la Figura 1, se indican dos esquemas de conexionado para reguladores positivos y negativos respectivamente.

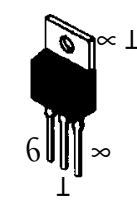
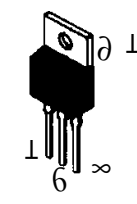
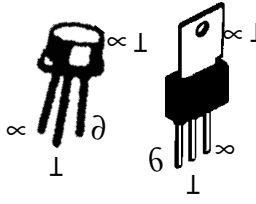
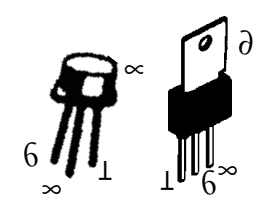
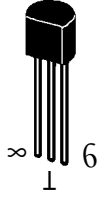


En los sistemas que trabajan con fuente de alimentación única, se pueden intercambiar los reguladores positivo y negativo, siempre que se independice a la fuente del circuito que se desea alimentar.

Esto es lo que muestran los esquemas de la Figura 2.

## ENCAPSULADO

Los reguladores de tensión son encapsulados en distintas formas, respondiendo a la potencia que deben disipar.

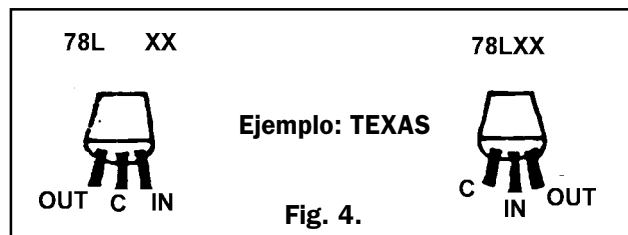
Bajo ese aspecto, la tabla siguiente (Figura 3), es

Reguladores de Tensión			Fig. 3.
 TO 220	7805 7806 7812 7815 7818 7824	$I_{out} =$ 1A	 TO 220
 TO 39    TO202	78M05 78M06 78M06 78M12 78M15 78M18 78M24 TO 39	$I_{out} =$ 500 mA	 TO 39    TO202
 TO 92	78L05 78L06 78L08 78L12 78L15 78L18 78L24 TO 92	$I_{out} =$ 100 mA	 TO 92
			 TO 92

suficientemente ilustrativa. Tenga presente que las flechas blancas señalan el terminal de entrada y las flechas negras el terminal de salida. Por otro lado, también se señala la conexión eléctrica de uno de los terminales con el disipador metálico, a los efectos de utilizar aisladores de mica si fuese necesario.

Podrá observarse que la posición de los terminales no es igual para las familias 78XX y 79XX, condición que debe tomarse en cuenta para evitar la destrucción del integrado por conexión incorrecta.

Por otro lado, ante la menor duda, debe consultarse a un Manual, porque se dan casos en los que CI. Fabricados por la misma marca, llevan conexión distinto en diferentes países.



## TENSIONES DE ENTRADA ADMISIBLES

Si bien pueden encontrarse ligeras variantes entre diferentes marcas, señalamos a continuación las tensiones de entrada mínimas y máximas necesarias para el buen funcionamiento del regulador.

7805	8v — 35v	7905	8v — 35v
7806	9v — 35v	7906	9v — 35v
7808	11v — 35v	7908	11v — 35v
7812	15v — 35v	7912	15v — 35v
7815	18v — 35v	7915	18v — 35v
7817	21v — 35v	7918	21v — 35v
7824	27v — 40v	7924	27v — 40v

## LA IMPEDANCIA DE SALIDA

Recordemos que en un equipo, las diversas etapas que lo componen, ven a la fuente como un punto de alimentación común. Independientemente de los desacoples que pueda utilizar cada etapa, es

muy importante que la fuente presente la menor impedancia posible a la señal, para evitar interacciones entre etapas.

Expresado en otra forma, conviene que para las señales, la fuente se comporte como un cortocircuito, para impedir que la señal, manejada por una etapa influya sobre otra.

A este respecto, los integrados que estamos tratando, tienen un comportamiento excelente, tal es el caso del 79L05, que presente una impedancia de apenas 0.04 ohm a 10 KHz, llegando a 0,4 ohm a 100 KHz.

## FUNDAMENTOS DE APLICACIÓN DE LOS REGULADORES

En estos reguladores, la tensión de salida ( $V_o$ ) tiene como referencia, el terminal común, que generalmente (aunque no necesariamente) está conectado a masa. Además, estos CI. Toman una corriente de reposo de unos pocos mA, los que circulan precisamente por terminal común recién mencionado.

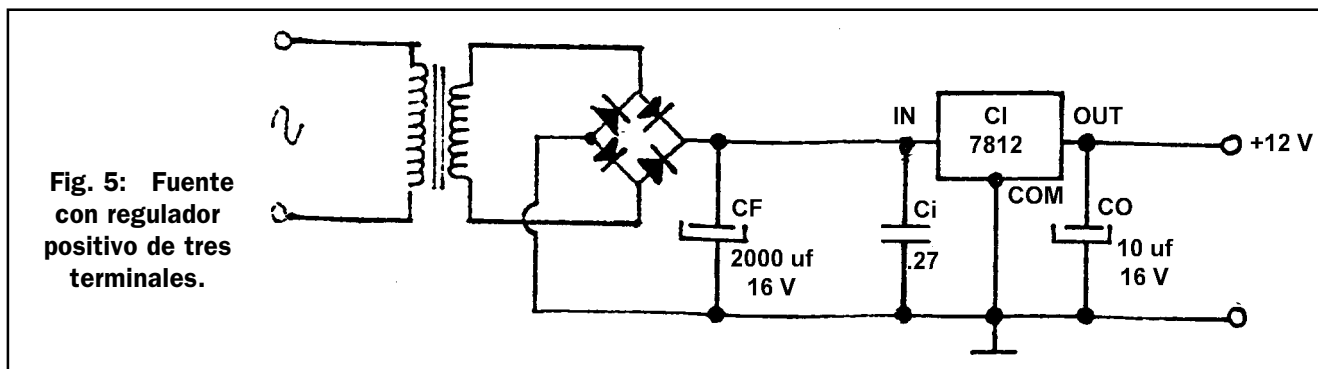
Los valores de dichas corrientes de reposo, señaladas en los manuales como  $I_q$ , cobran importancia cuando se desea modificar la tensión de salida de un regulador. Al respecto, más adelante indicaremos valores comunes de  $I_q$ . Para las series 78XX y 79XX en sus principales variables.

## APLICACIÓN TIPICA

Tomaremos como referencia un regulador 7812 C, entendiendo que para otros dispositivos de la serie, valen las mismas explicaciones, salvo, los valores de tensión y corriente.

En la figura 5, se muestra el circuito de una fuente con el regulador 7812 C, quien puede entregar a la carga una corriente de 1 ampere.

La fuente de poder propiamente dicha está compuesta por un transformador reductor sin punto medio en el secundario, lo que hace conveniente para lograr rectificación de onda completa, el uso de un puente de Graetz. Por supuesto, el capacitor  $C_f$  es el clásico electrolítico de filtrado que aparece a la salida del puente.



La tensión continua entregada por el sistema de poder debe superar, tal como se indicó anteriormente, en 3 volt como mínimo a la tensión que el regulador puede entregar a su salida. Tratándose de un 7912, la menor tensión a su entrada debe ser +15v.

Pero respecto a la tensión de entrada, la situación no es tan simple, ya que si es muy próxima al límite inferior (consultar la tabla anterior) se corre el riesgo de perder regulación.

Por otro lado, si bien los integrados de estas familias tienen un límite máximo de entrada de 35v (ver tabla), puede producirse la destrucción del dispositivo con las consecuencias que puede sufrir el circuito que alimenta.

Tampoco podemos perder de vista otro detalle importante: cuanto mayor sea la diferencia entre la tensión de entrada y la de salida, también mayor será el aumento de temperatura del integrado. Por ejemplo: alimentando un regulador con 20v. que a su salida entrega 5v y un ampere, disipará  $P=(20-5) \times 1 = 15$  watt, obligando a usar un disipador de grandes dimensiones.

En cambio, si la tensión de entrada es de 10v., la potencia disipada será solamente  $P=(10-5) \times 1 = 5$  watt, o sea la tercera parte.

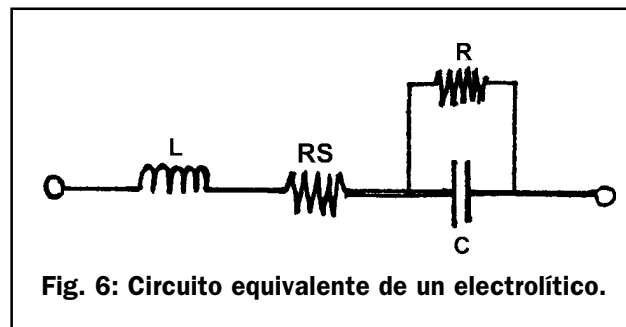
Respecto a los capacitores que figuran a la entrada (C1) y a la salida (Co) del integrado, los manuales de fábrica, aconsejan lo siguiente:

En el caso del capacitor de entrada -Ci, .27uF-, es necesario conectarlo cuando la distancia entre la fuente y el regulador es superior a 7 cm; en esa forma, se evita que toda interferencia captada por una conexión larga, pase al integrado y de este al equipo.

Referente al capacitor de salida Co-10 uF- tiene por función atenuar posibles transitorios que eventualmente provocarían la oscilación del integrado y permite además reducir los ruidos.

## TIPO DE CAPACITOR UTILIZADO

Es oportuno analizar el circuito equivalente de un capacitor electrolítico para justificar por qué motivo los manuales de fábrica aconsejan utilizar filtros de tantalio.



En la Figura 6 se muestra el circuito equivalente de un capacitor electrolítico de aluminio.

**C:** Se trata de la capacitancia deseada, resultante de la colocación frente a frente de las láminas separadas por el dieléctrico (óxido de aluminio).

**R:** En paralelo con C, representa la resistencia de aislación, que en la práctica no tiene valor infinito.

**RS:** Representa el conjunto de varias resistencias, la del electrolito, de las armaduras y del conexionado.

**L:** Representa la suma de las inductancias de los «arrollamientos» de las láminas internas.



**Nota:** Generalmente la resistencia de aislación R es suficientemente elevada y se la puede despreciar.

De la observación del circuito equivalente se deduce que el electrolítico no se comporta estrictamente como un capacitor, sino que lo podemos asociar con una impedancia, que a determinada frecuencia se comportará como un resonante que toma el valor de  $R_s$ .

En la Figura 7, puede observarse un gráfico donde se representa la impedancia de un capacitor de 470  $\mu F$  para frecuencias que van desde 100 Hz hasta 500 KHz. Se notará que por debajo de la frecuencia de resonancia, el circuito es capacitivo y por encima de ella, se hace inductivo. Por supuesto, en ambos casos la impedancia es mayor que la resonancia.

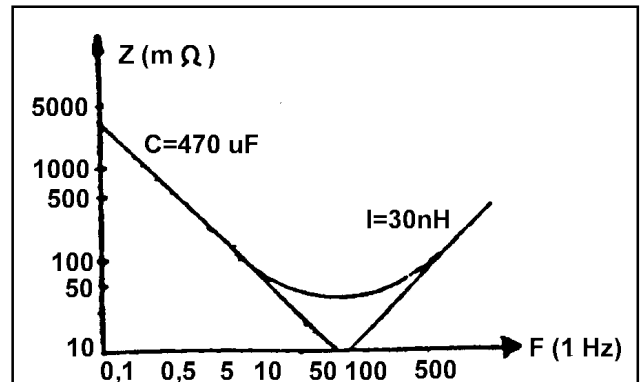
Se justifica así, que el filtro de entrada de la fuente no representa exactamente un cortocircuito para todas las frecuencias en juego, razón por la cual se dispone  $C_i$  como factor de seguridad.

De todas formas, los capacitores de tantalio son más eficientes, en efecto, el tantalio es un metal bastante escaso que al admitir una fina capa de óxido de alta constante dieléctrica (K 26 frente a 8 del aluminio), permite electrolíticos de gran capacidad y reducido volumen.

A éstas, se suman otras ventajas, tales como una baja corriente de fuga (diez veces menor que en los filtros de aluminio), reducida resistencia serie y mayor estabilidad de la capacidad en el tiempo.

## PROTECCION CONTRA POLARIDAD INVERSA

De producirse un cortocircuito a la salida de la



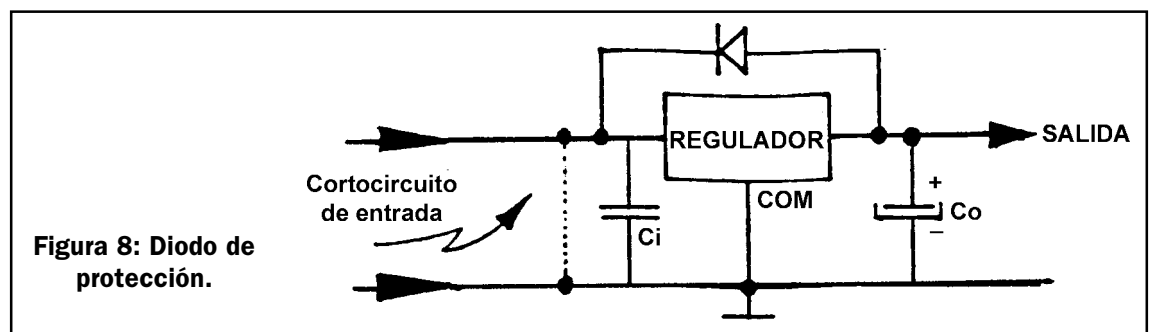
**Fig.7: Variación de la impedancia en función de la frecuencia en un capacitor electrolítico de aluminio de 470  $\mu F$ .**

fuerza de poder, el capacitor de salida ( $C_o$ ) del integrado regulador presentará mayor potencial que el de entrada del dispositivo, tal como se indica en el esquema de la Figura 8.

Bajo esas condiciones el integrado queda sometido a una tensión inversa que puede destruirlo. Para que ello no ocurra el manual de fábrica aconseja conectar un diodo de protección, especialmente cuando la capacidad de salida ( $C_o$ ) sobrepasa cierto valor. Por ejemplo, National fija un límite dado por 100  $\mu F$ .

## OTRAS CARACTERISTICAS IMPORTANTES

Se trata de datos especificados por fábrica en sus manuales que nos resulta conveniente comentar, ya que permiten valorizar las bondades de estos dispositivos. Como ejemplo nos referimos al CI 7812C que hemos tomado como referencia.



### REGULACION DE ENTRADA

Representa el cambio en la tensión de salida provocado por un cambio de la tensión de entrada (de nivel mínimo a máximo). Se indica que variando la entrada entre 16 y 27v., la salida se modifica apenas en 20 milivolt.

### REGULACION DE SALIDA

Indica el cambio de la tensión de salida cuando se produce un cambio de la corriente de salida de mínimo a máximo. Por ejemplo, si cambia la corriente de salida entre 5 mA y 1 A., la tensión de salida se modifica 30 milivolt.

### RECHAZO DE ZUMBIDO

Señala la relación pico a pico entre el zumbido de entrada y el de salida. En el caso que nos ocupa es de 400 o sea, aproximadamente 52 dB.

### MODIFICACION DE LA TENSION DE SALIDA

En ciertos casos, los valores de tensión de salida de los CI que estamos tratando, no se ajustan a la necesidades de la carga.

En otros se hace difícil encontrar en el comercio el regulador necesario, a pesar de que el fabricante lo incluye en su listado de productos.

Por ejemplo, es común que se mantengan en stock reguladores de 5v., 12v., y 15v., siendo difícil encontrar otros valores de salida.

Es el caso considerado en la Figura 9. Necesitamos llevar la salida de un CI 78m05 a 6 volt. Para ello, es necesario recordar un concepto anterior; en efecto, páginas atrás se dijo que la tensión de salida tiene como referencia al terminal común quien generalmente, aunque no necesariamente, está conectado a masa.

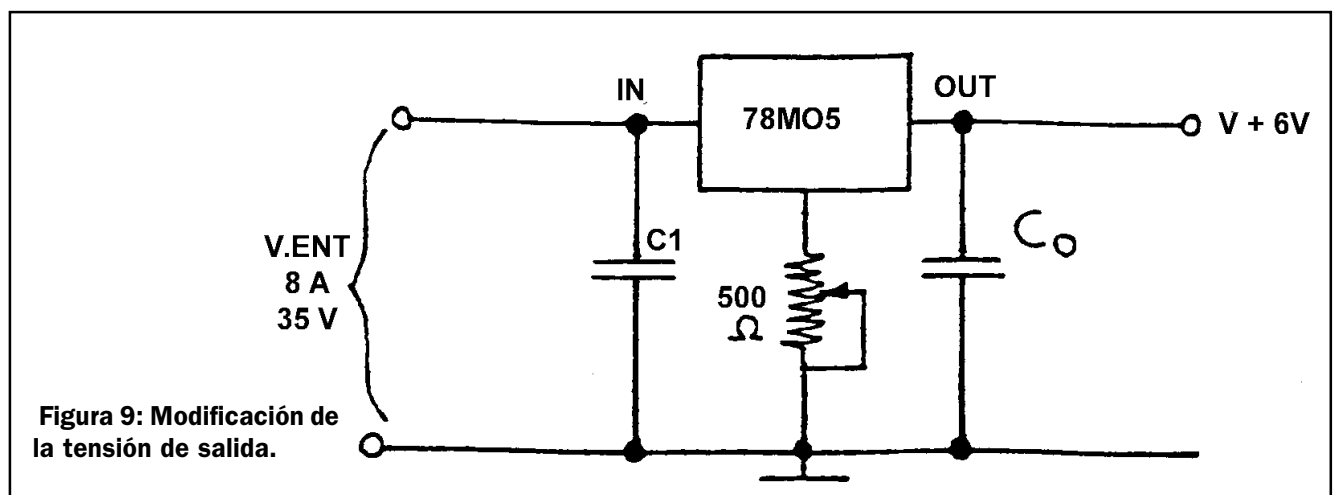
En este integrado, la corriente de reposo ( $I_q$ ), nos referimos a la que circula por el terminal común, es de 4mA.

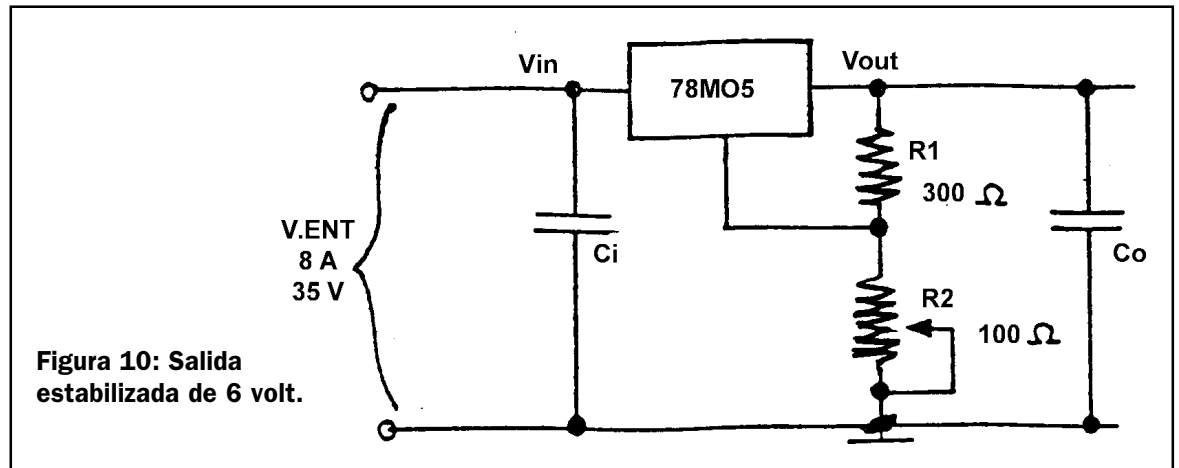
Como se desea aumentar la salida en 1 volt, se conectará entre el terminal común y masa un resistor que determine esa diferencia.

Para ellos se aplica la Ley de Ohm, resultando:  
 $R = 1/0,004 = 250 \text{ ohm.}$

Es conveniente conectar un preset que supere el valor calculado para ajustar la salida a 6 volt. Esto se debe a que la corriente de reposo ( $I_q$ ) aumenta levemente con la tensión de entrada, aunque también se tendrá en cuenta que dicha corriente disminuye si la temperatura del dispositivo aumenta.

Para independizar al sistema de las variaciones de la corriente de reposo, los manuales aconsejan seguir otro procedimiento, tal como se indica a continuación.





Suponemos el caso anterior, es decir, llevar la salida de un regulador 78M05 a 6 volt. Para lograrlo, tal como muestra la Figura 10, basta añadir dos resistores, uno de los cuales es eventualmente variable.

En el caso de los dispositivos de la familia 78XX, el manual de fábrica señala que la tensión de salida está dada por:

$$V_s = V_r + \left( \frac{V_r}{R_1} + I_q \right) R_2 \quad \text{donde}$$

$V_s$ , es la tensión que se desea a la salida.

$V_r$ , es la tensión nominal del regulador.

$I_q$ , corriente de reposo del terminal común.

El resistor  $R_1$  debe seleccionarse de manera que permita circular una corriente mayor que el triple de la de reposo. Indicado en otra forma, se tomará un resistor menor que el resultado de dividir en este caso,

$$5v = \frac{5v}{3 I_q} = \frac{5v}{3 \times 0.004} = \frac{5}{0.012} = 416 \text{ ohm}$$

pudiéndose adoptar un resistor de 330 ohm.

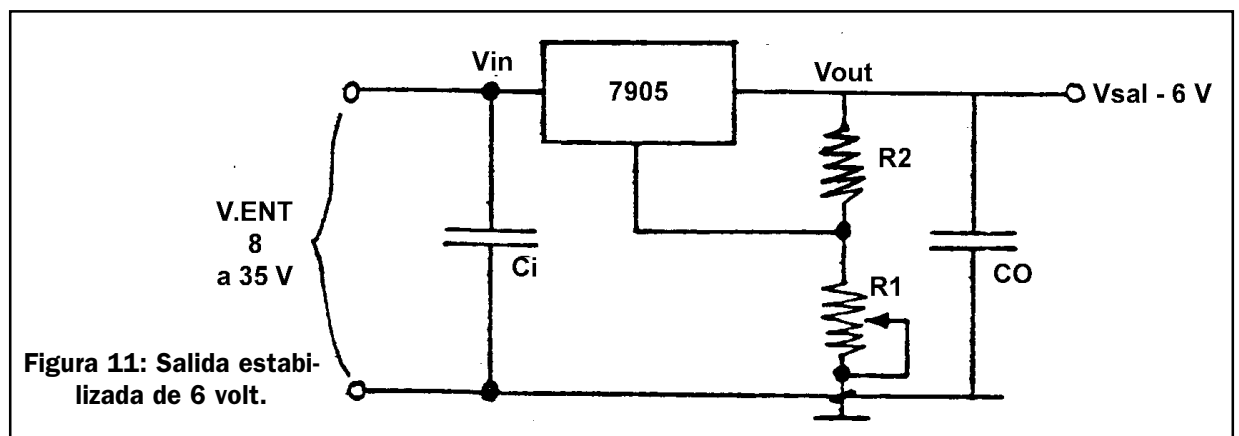
Conocido el valor de  $R_1$  se aplica la fórmula anterior quedando:

$$6 = 5 + \left( \frac{5}{330} + 0.004 \right) R_2$$

$$6 = 5 + (0.01915) R_2$$

$$R_2 = \frac{1}{0.01915} = 52 \text{ ohm}$$

Se utilizará un preset de 100 ohm para el ajuste.



## MODIFICACION DE LA TENSION DE SALIDA EN LA SERIE 79XX

Para la familia 79XX también se utiliza el agregado de los resistores, aunque el procedimiento de cálculo es algo diferente. Si bien continuamos con el ejemplo de un regulador de 5v. con el que se desea obtener una salida de 6v., agregamos los valores para otros dispositivos.

### VALORES DE R2

7905 .....	300 ohm
7906 .....	300 ohm
7908 .....	470 ohm
7909 .....	470 ohm
7912 .....	750 ohm
7915 .....	1 k.
7918 .....	1,2 k.
7924 .....	2,5 k.

Volviendo al circuito de la Figura 11 y de acuerdo a lo especificado en el manual, para un 7905 se toma R1 300 ohm.

La fórmula general que se debe aplicar es:

$$V_s = V_r \times \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad \text{donde}$$

$V_s$ , es la tensión que se desea a la salida.  
 $V_r$ , es la tensión nominal del regulador.

Para el circuito de la Figura 11, corresponde:

$$6 = 5 \times \frac{300 + R_2}{300}$$

$$\frac{6 \times 300}{5} = 300 + R_2$$

$$R_2 = \frac{1800}{5} - 300$$

$$R_2 = 360 - 300 = 60 \text{ ohm}$$

Se utilizará un preset de 100 ohm.

Por supuesto que los casos presentados no son ideales. En efecto, estos circuitos disminuyen las características del regulador, aún más cuando la carga impone variaciones importantes de consumo. Por eso, es recomendable utilizar un regulador cuya tensión de salida sea próxima a la necesaria.

## PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS Y TEMPERATURA

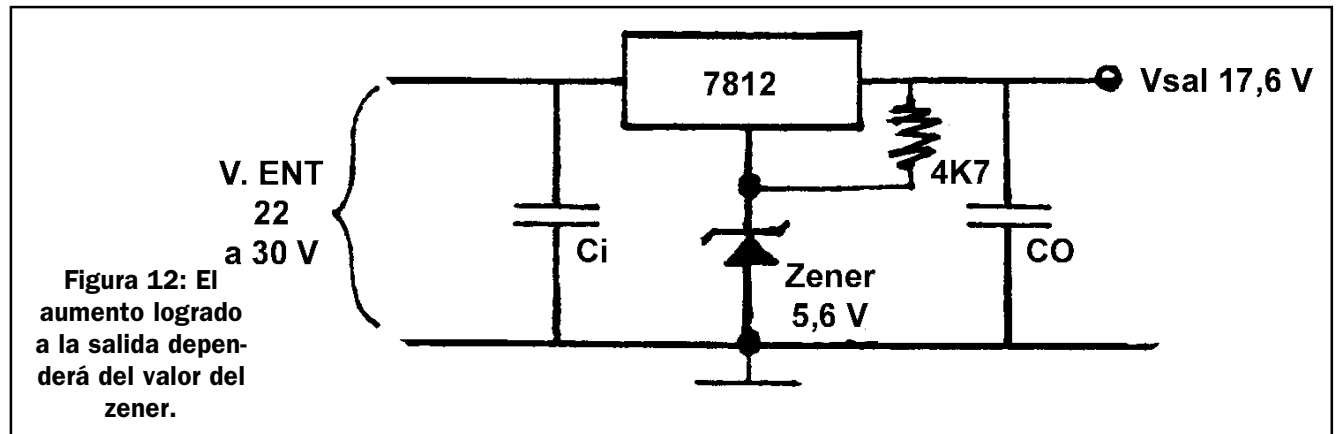
Respecto a la seguridad de los reguladores que estamos tratando, podemos decir que es excelente. En efecto, poseen protección interna contra cortocircuitos a la salida, permitiendo estabilizar la corriente a un nivel máximo no destructivo.

Por otro lado, también, contienen protección contra excesivos aumentos de temperatura. En este caso se corta un transistor interno de paso, suprimiendo la causa del calentamiento y permitiendo que el dispositivo disipe el calor excedente.

## MODIFICACION DE LA SALIDA CON DIODO ZENER

No es un variante muy difundida, pero puede lograrse conectando entre el terminal común y masa un di-

do zener, tal como se muestra detalladamente en la Figura 12.



## PRECAUCIONES REFERENTES AL TERMINAL COMUN

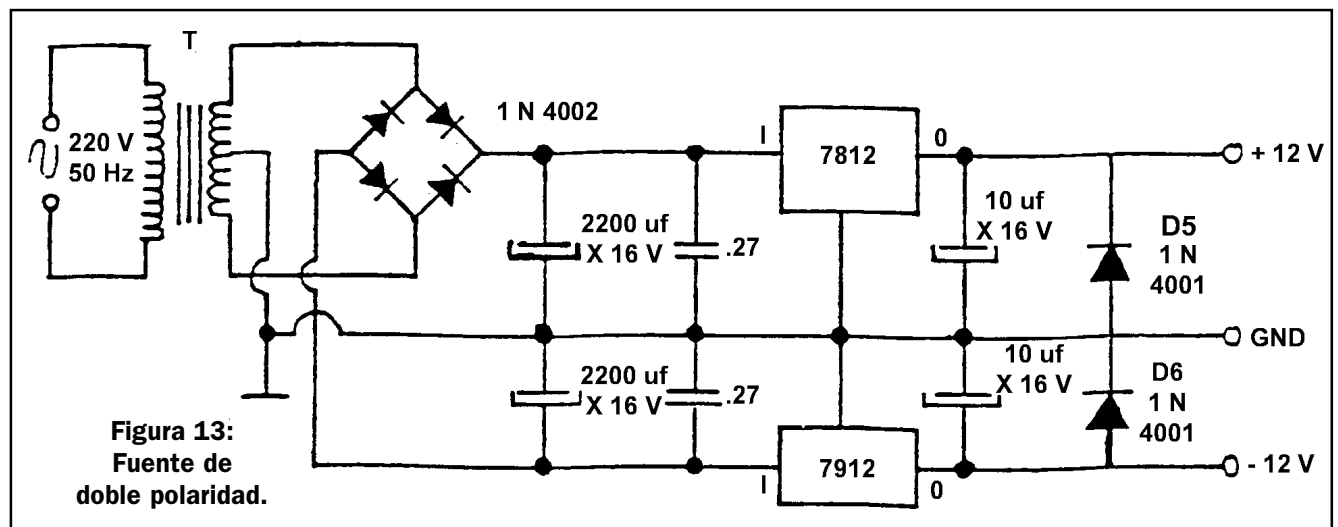
En el tratamiento de estas fuentes, son dos las precauciones a tomar respecto al terminal común. Primeramente, si el terminal común quedara imprevistamente desconectado, la tensión de entrada se hace presente a la salida, esto indica que el integrado no regula pudiendo provocar serias averías en la carga.

Por otro lado, si se conecta el terminal común cuando la fuente de poder está entregando alimentación, el circuito integrado puede destruirse.

## LOS INTEGRADOS REGULADORES EN FUENTES DE DOBLE POLARIDAD

Las fuentes de doble polaridad, (también llamadas fuentes partidas) son aquellas que a su salida presentan tres terminales. Uno de ellos, es masa o común (GND), respecto al cual los dos terminales restantes, presentan uno polaridad positiva y otro negativa.

Al respecto, la figura 13 es suficientemente ilustrativa: se utilizan dos reguladores, el 7812 para salida



positiva y el 7912 para salida negativa.

La fuente de poder que los alimenta, utiliza un transformador cuyo punto medio se toma como terminal común para todo el sistema. La rectificación queda a cargo de un puente de Graetz y el filtrado se logra con filtros de entrada de alto valor, nos referimos a C1 y C2.

Los reguladores llevan en sus entradas y salidas, capacitores con los fines ya indicados anteriormente.

Para evitar que un cortocircuito a la salida pueda dañar a los reguladores, los manuales aconsejan utilizar los diodos de protección salados como D5 y D6.

### TABLA DE VALORES DE CORRIENTE DE DE LAS SERIES 78XX Y 79XX

Para los cálculos explicado anteriormente, señalamos los valores promedio de las corrientes de reposo de los reguladores.

78xx C .....	8mA
78Mxx .....	4mA
78Lxx .....	3mA
79xxC .....	1 mA hasta 8v.
79xxC .....	1,5 mA hasta 24v.
79Mxx .....	1 mA hasta 8v.
79Mxx .....	1.5 mA hasta 24v.
79Lxx .....	2 mA ----

### CIRCUITOS REGULADORES DE TRES TERMINALES DE TENSION VARIABLE

Hemos visto que la tensión de salida de los CI reguladores 78XX y 79XX puede variarse dentro de ciertos límites, modificando la potencia del terminal común. Si bien esto representa una ventaja, uno de los inconvenientes del sistema es la disminución de la regulación, debido a que los reguladores vistos fueron diseñados en realidad para entregar a su salida, una tensión fija.

Por ese motivo, cuando se necesita variar la tensión de salida dentro de una gama bastante amplia, es

conveniente utilizar circuitos integrados diseñados especialmente para tal fin.

Es el caso del regulador LM 317, quien puede proveer cómodamente 1,5 ampere dentro de un rango comprendido entre 1,2v a 37 volt. Se trata de un dispositivo de fácil aplicación ya que requiere básicamente dos resistores para fijar la tensión de salida. Además, la tensión de salida, se mantiene sumamente estable frente a las variaciones de entrada, como así también de la carga.

Agreguemos que el encapsulado de estos reguladores variables es similar al de los transistores, lo que facilita su conexionado en circuitos impresos.

Se suman otras ventajas, tales como protección para cortocircuitos en la carga y exceso de temperatura en el integrado.

Estos reguladores no necesitan capacitor en su terminal de entrada, salvo que la fuente de poder se encuentre alejada del regulador, en ese caso, se debe colocar un capacitor de desacople en el pin de entrada del integrado.

Es aconsejable también conectar un capacitor en el terminal de salida para mejorar la respuesta a transistores, como así también disponer en el terminal de ajuste otro capacitor para conseguir un excelente rechazo al ripple, del orden de 10.000 veces (80dB).

Además, el sistema de protección de sobrecarga continúa actuando aún cuando el terminal de ajuste quede desconectado.

A continuación señalamos las características más importantes:

- 1) Salida ajustable desde 1,2v.
- 2) Corriente de salida hasta 1,5 ampere.
- 3) Regulación de línea típica 0,01 %/V.
- 4) Regulación de carga típica 0,1 %.
- 5) Limitación interna de exceso de corriente.
- 6) Limitación interna de exceso de temperatura.
- 7) Encapsulado similar al de los transistores.
- 8) Rechazo al ripple del orden de 10.000.



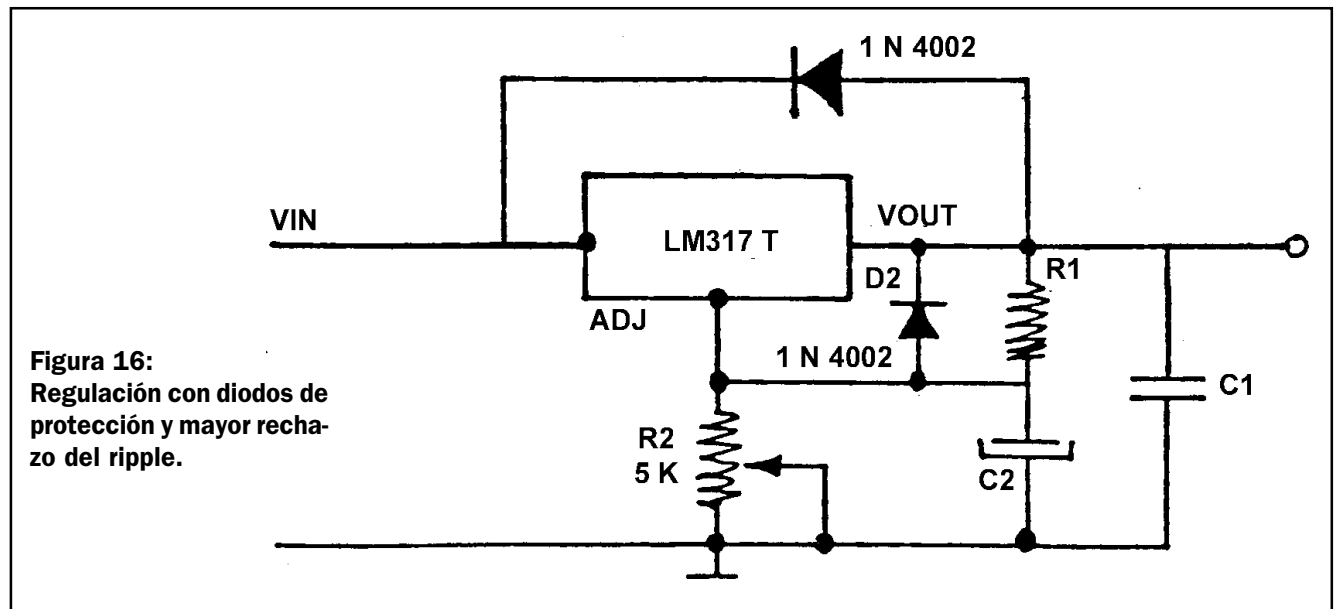
Se aconseja utilizarlo cuando la distancia sobrepasa los 7 centímetros. Por otro lado, el capacitor de salida atenúa transitorios que eventualmente provocarían la oscilación del integrado.

La aplicación típica de la figura 15, puede ser mejorada en lo que se refiere a un mejor rechazo del ripple de la fuente de poder y una adecuada protección para el integrado. Estos detalles son los mos-

trados en la Figura 16.

Respecto al ripple, el integrado produce un rechazo de 65 dB (1,800 veces), permitiendo con el agregado de un capacitor de 10 uF en el terminal de ajuste llevarlo a 80 dB (10.000 veces).

Por otro lado, tal como se indicó en el estudio de



los reguladores de la serie 78XX y 79XX, el diodo D1 protege al integrado de un eventual cortocircuito a su entrada. Además, un corto a la salida del integrado, puede permitir que C2 entregue una alta corriente de pico capaz de dañar al dispositivo.

Para evitar esta posibilidad se dispone al diodo D2, a través del cual se descargará el capacitor mencionado.

## FUENTE DE ALIMENTACION REGULABLE PARA TALLER

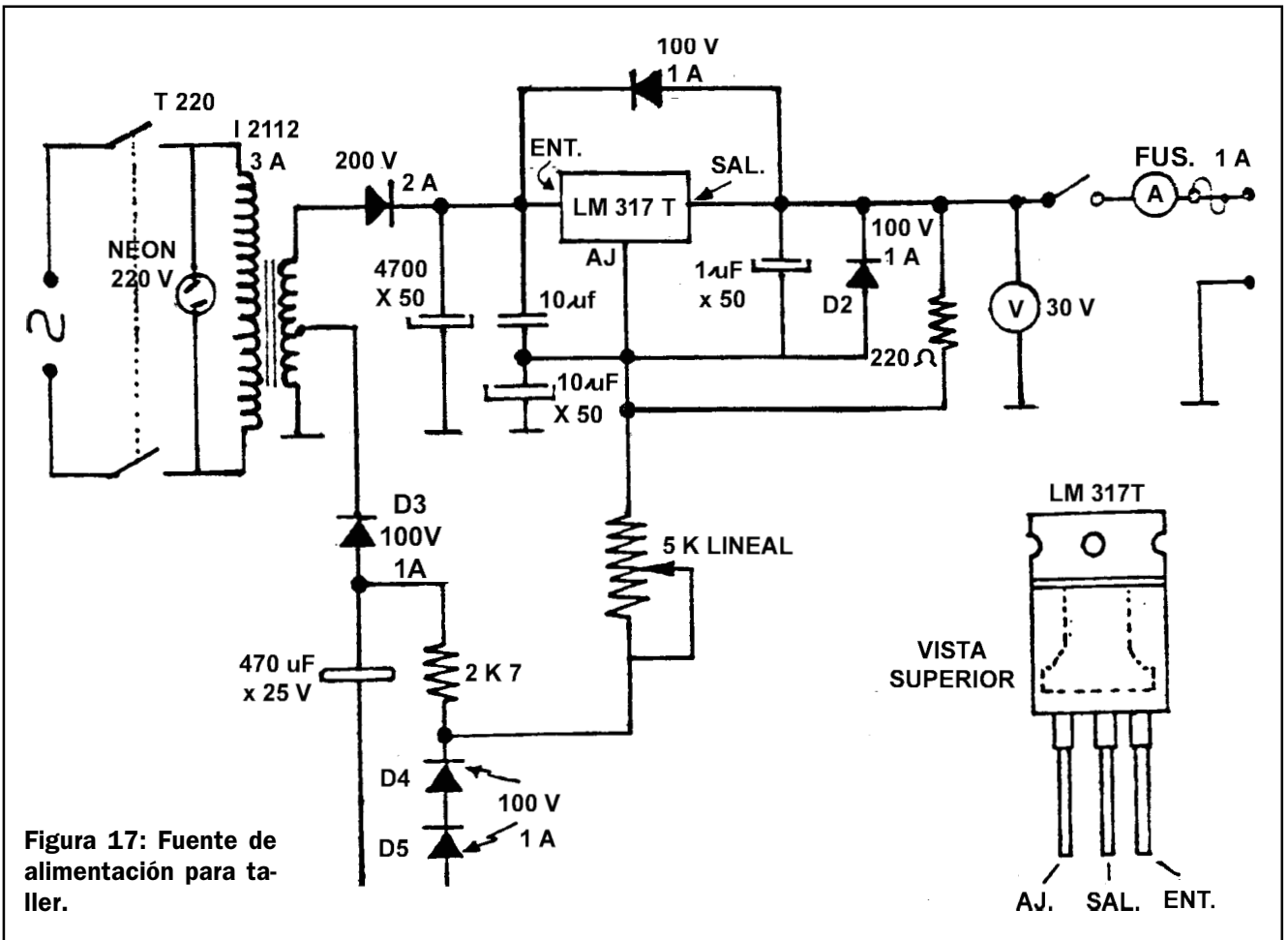
Aprovechando las propiedades del CI 317, se puede realizar una fuente de excelentes características y bajo costo. Es importante recordar que en este integrado la tensión de salida presenta 1,25 v. positivos respecto al terminal de ajuste. Por ello, si se dispone un potenciómetro entre dicho terminal y masa, la salida puede presentar distintas tensiones positivas por encima de la tensión de referen-

cia (1,25v.). Esto indica que se puede disponer una fuente para alimentar distintos equipos que demanden hasta 1 ampere.

De todas maneras, en ciertos casos es conveniente que la fuente entregue tensión a partir de cero volt y no de 1,25 v.. Para lograrlo, bastará retornar el potenciómetro de regulación a un punto que presente 1,25 volt negativo respecto a masa, lo que se consigue fácilmente.

En la Figura 17, se observa el circuito en cuestión, donde puede notarse que la fuente de poder está constituida por un transformador 220/12+12, 3A, que toma alimentación de la línea por medio de una llave bipolar. Un rectificador juntamente con un electrolítico de alto valor (4700 uFx50v) determinan la tensión continua que se aplica al terminal de entrada del integrado. A este mismo punto se conecta el capacitor de 10 nF que sirve como filtro para posibles interferencias provenientes de una conexión larga que lleva desde la fuente de poder.





## AUMENTO DE LAS POSIBILIDADES DE CORRIENTE

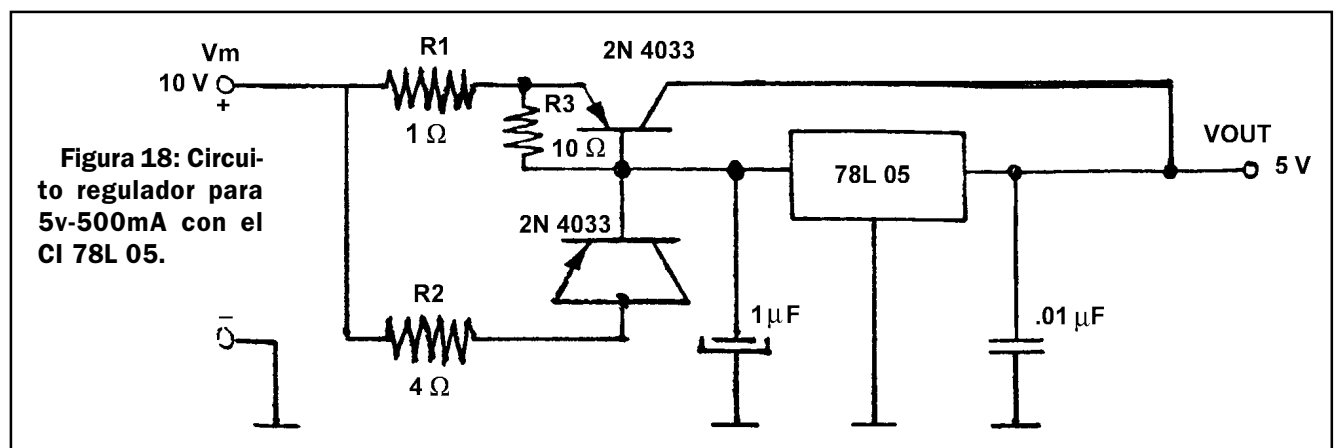
Volviendo a los reguladores fijos de las series 78XX y 79XX, recordemos que están diseñados para entregar una corriente determinada, comprendida entre 1 y 0.100 ampere según el tipo. Por encima de estos valores, la tensión de salida, desciende bruscamente.

En muchas oportunidades, cuando la carga que se debe alimentar necesita una corriente próxima

(o mayor) al límite del integrado, se puede acudir a otro regulador capaz de suministrar una corriente más intensa.

Si bien la solución es sencilla, se tendrá en cuenta que los reguladores para corrientes elevadas son progresivamente muy costosos. Por este motivo describiremos un circuito sencillo que permite quintuplicar las posibilidades de un regulador, sin disminuir en forma apreciable las condiciones de regulación. Nos referimos al mostrado en la Figura 18.

En principio recordemos que el 78L05 puede en-



tregar hasta 100 mA a la carga, pudiendo obtener cinco veces más (500 mA), con el simple agregado de tres transistores y dos resistores, uno de ellos conectado como diodo.

Observando el circuito se notará que una parte de la corriente que debe suministrarse a la carga pasa por el regulador y el resto por el transistor. Tomando como referencia el terminal de entrada del integrado y «mirando» hacia la fuente de poder, encontramos un circuito paralelo, formado por dos ramas; una de ellas está constituida por el diodo base/emisor del transistor dispuesto en serie con R1. La otra rama está formada por Q2 conectado como diodo, unido en serie con R2.

Dado que los dos diodos presentan características similares, sus junturas tomarán igual potencial, por lo tanto sobre los resistores R1 y R2, se desarrolla la misma tensión.

Ahora bien, como se desea una corriente de 500 mA y el integrado entrega solamente 100 mA, es evidente que por R1 circulará cuatro veces más corriente que por R2. Por ese motivo, R1 vale 1 ohm y R2 4 ohm, en lo que se refiere a la corriente que

circula por R1, no se toma en cuenta la IB del transistor, ya que se trata de un dispositivo de alta ganancia (HFE 100-300).

Aún en el caso de un cortocircuito en la carga, se busca que el transistor no sea afectado. Por ello, es importante su elección; en este caso, el 2N4033 maneja normalmente hasta 1 ampere, cuando en el caso de máxima sollicitación conduciría 400 mA. Por otro lado, el límite de la tensión colector/emisor, es del orden de los 80v., valor muy superior al que está sometido en el circuito.

Finalmente señalamos que R3 actúa como drenaje para fijar la correcta corriente de base del transistor de paso.

Cabe agregar que el transistor conectado como diodo puede ser reemplazado por un rectificador que presente en su juntura un potencial similar al de la barrera base/emisor del 2N4033. A pesar de ello, mucho fabricantes aconsejan la disposición de la figura porque los dos transistores tienen el mismo comportamiento térmico, lo que se hace importante cuando se manejan potencias considerables.

## LOS REGULADORES VARIABLES DE SALIDA NEGATIVA

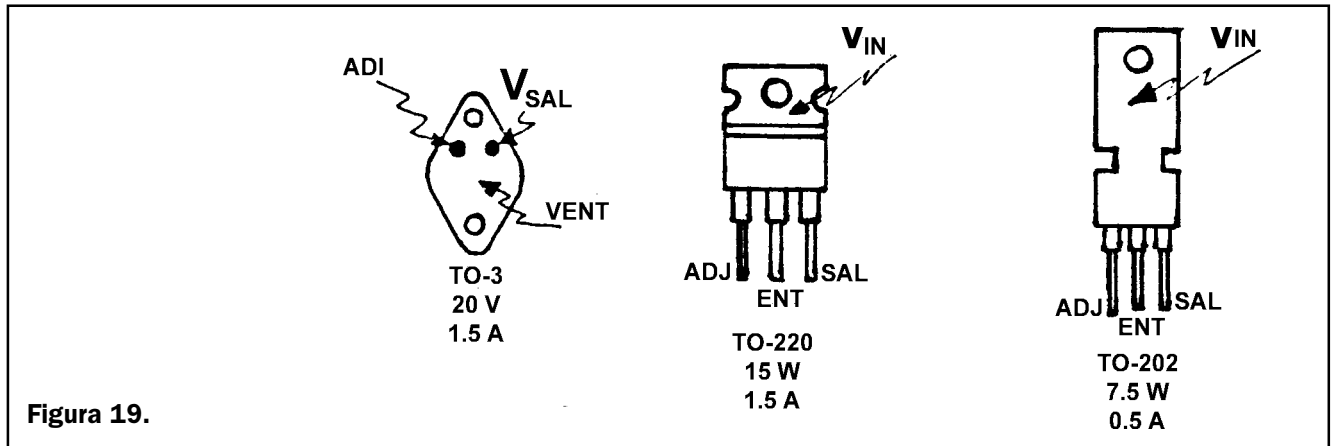


Figura 19.

Tomaremos como referencia al LM 337, cuyo comportamiento es similar al LM 317 ya considerado. Por supuesto, este integrado entrega a su salida, tensión negativa respecto al terminal común o de ajuste, dentro de una gama que cubre desde -1,2v hasta -37v.

Respecto a la regulación de línea y de carga, tiene características similares al LM 317 y en lo que

se refiere al rechazo del ripple, su comportamiento es excelente, ya que es del orden de los 77 dB (7.000 veces).

Referente al encapsulado, es similar al de los reguladores positivos, pero se encuentran variantes en la función de los terminales. Por ese motivo, lo reproducimos en la figura 19, donde se agregan los datos de potencia del régimen y corriente máxima.

## REGULADOR NEGATIVO CON DIODOS DE PROTECCION

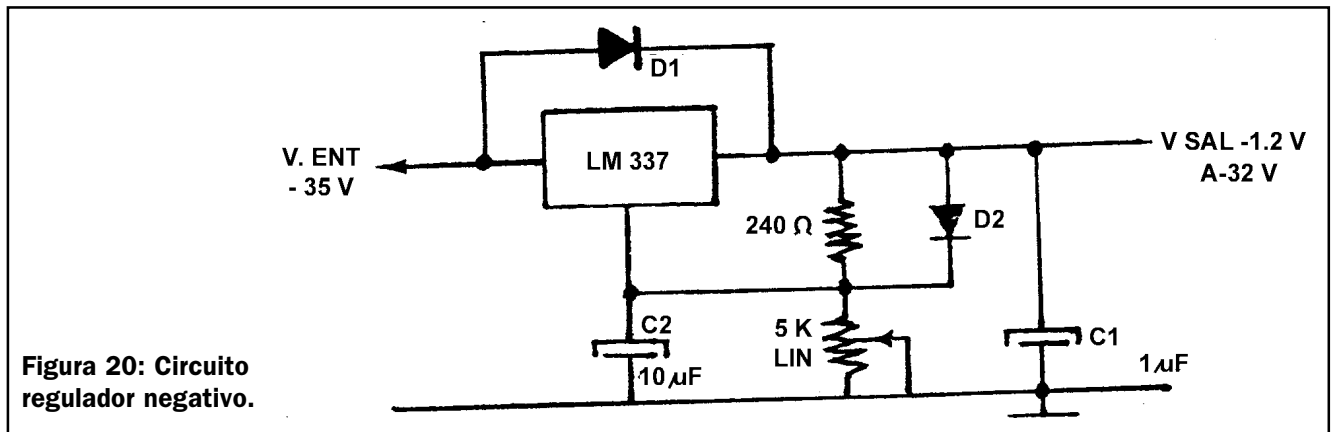


Figura 20: Circuito regulador negativo.

El circuito se ilustra en la figura 20 y no difiere mayormente del analizado con regulador positivo.

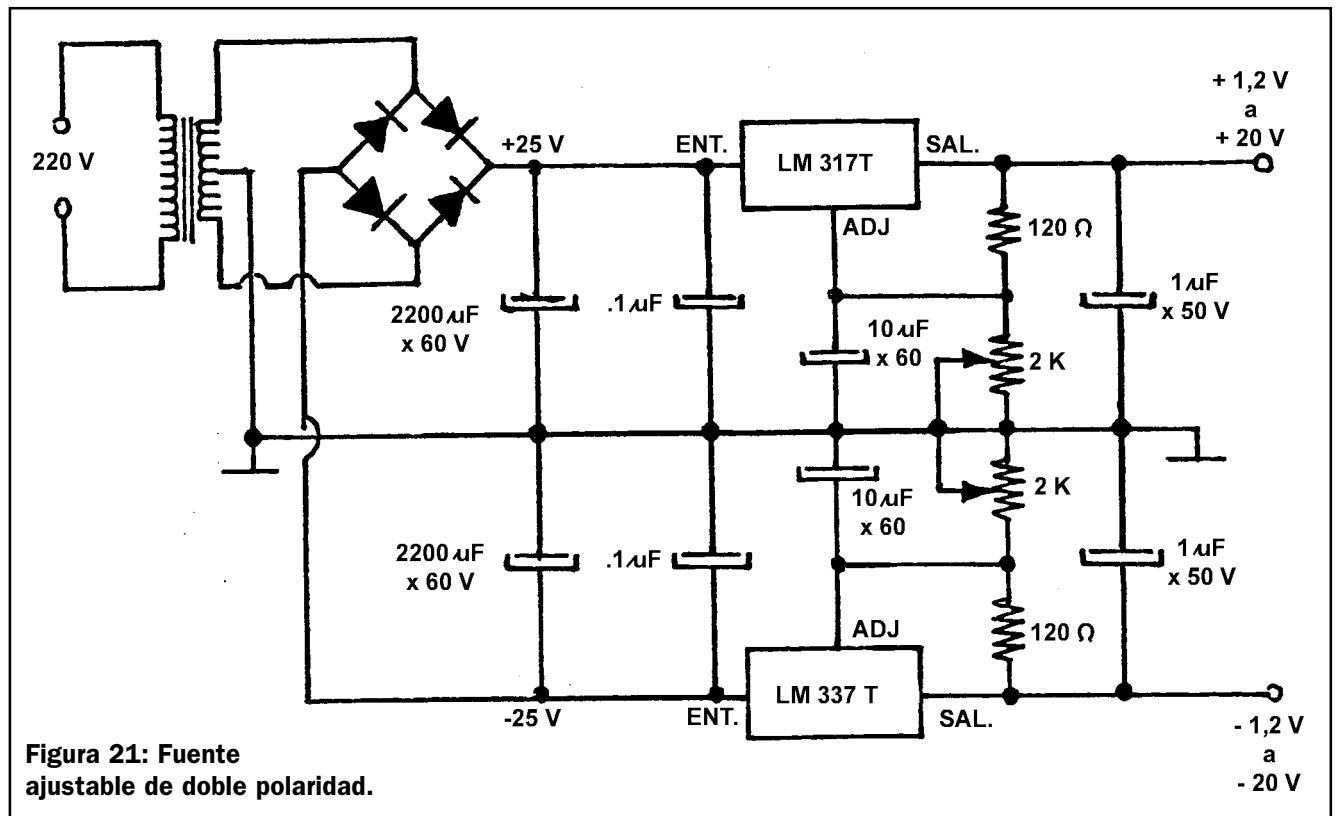
Se observará el divisor de tensión formado por  $R 120 \Omega$  y el potenciómetro  $2k$ , quien permite variar la tensión de salida de la fuente. Cuando el capacitor de salida  $C1$  supera los  $20 \mu F$ , se aconseja disponer el diodo  $D1$  como protección ante probables cortocircuitos a la entrada.

Por otro lado, si el capacitor  $C2$ , es mayor que  $10$

$\mu F$ , se utiliza el diodo  $D2$  para evitar la destrucción del integrado en el caso de producirse un corto a la salida. Recordemos además que el capacitor  $C2$ , permite aumentar el rechazo al ripple del sistema.

Finalmente, señalamos que al igual que los reguladores positivos, se necesita aplicar a su entrada una tensión que como mínimo supere en  $3$  volt a la tensión de salida que se desea obtener.

## FUENTE AJUSTABLE DE DOBLE POLARIDAD



Se trata de un circuito muy práctico cuyo uso puede extenderse a aquellos diseños que necesitan tensión positiva y negativa de alimentación con respecto a masa, tal el caso de los amplificadores operacionales, etc..

Tal como se observa en la Figura 21, la fuente de poder lleva un transformador, donde el punto medio del secundario se toma como terminal común para todo el sistema.

La rectificación está a cargo de un puente de Graetz y el filtrado se logra con filtros de entrada de alto valor de manera que las entradas de los integrados reciben 25v y -25v, tal como se indica en el circuito.

Tal como se indicó al analizar estos reguladores por separado, los capacitores de entrada (.1µF) y los de salida (1µF) están destinados respectivamente a eliminar interferencias por conexión larga a la fuente de poder y a mejorar la respuesta a transitorios del sistema.

Los capacitores de 10µF conectados desde los terminales ADJ a masa, aumentan el rechazo al ri-

pplé, llevándolo de 60 dB (1000 veces) a 77 dB (7000).

Con respecto a los potenciómetros que permiten al usuario variar las tensiones de salida, pueden seleccionarse dos posibilidades, según sean los destinos de esa fuente. Una posibilidad consiste en disponer los potenciómetros en tandem para lograr que las salidas positiva y negativa mantengan la misma diferencia de potencial con respecto a masa.

La otra posibilidad, es usar dos potenciómetros independientes, para permitir que las salidas puedan tener distinto potencial respecto a masa, situación que puede darse para ciertos circuitos integrados.

Cabe destacar que en el circuito de la Figura 21, no se incluyeron los diodos de protección para cortocircuitos, a los efectos de no complicar el dibujo. De ser necesario conectarlos, se lo hará tal como se indicó en los circuitos anteriores.

## ELECTRONICA DIGITAL

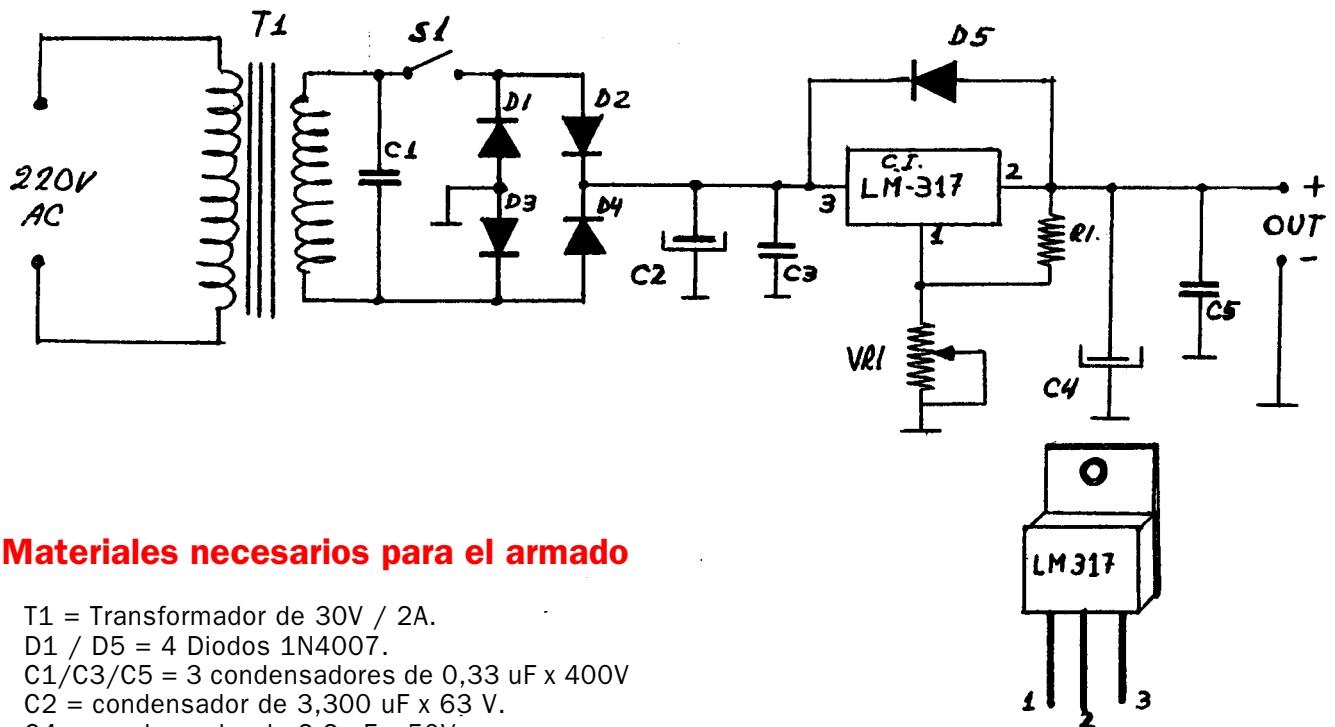
### Consideraciones iniciales.-

Para lograr un adecuado trabajo práctico en circuitos digitales, como por ejemplo el armado de los mismos, características de los circuitos integrados utilizados, alimentación del circuito y comprobación del funcionamiento de acuerdo atablas de verdad, se hacen necesarios los siguientes materiales:

- 1.- Fuente de poder regulada de 0 a 37 Vcc.
- 2.- Protoboard.
- 3.- Punta de prueba lógica.
- 4.- Tester digital.
- 5.- Manual de características.

### Fuente de Poder Regulada de 1,2 A 37 Vcc.

A través de una fuente regulada, como la que se muestra a continuación, se pueden obtener los distintos voltajes que se requieren para la polarización de los circuitos integrados de las distintas familias lógicas.



### Materiales necesarios para el armado

- T1 = Transformador de 30V / 2A.
- D1 / D5 = 4 Diodos 1N4007.
- C1/C3/C5 = 3 condensadores de 0,33 uF x 400V
- C2 = condensador de 3,300 uF x 63 V.
- C4 = condensador de 2,2 uF x 50V.
- VR1 = potenciómetro de 10K con interruptor (eje corto y plástico).
- R1 = resistencia de 270 1/2W.
- IC = circuito integrado LM317.

Es importante destacar que a este diseño se le pueden agregar los accesorios que el interesado estime convenientes (Voltímetro, amperímetro, diodos leds, etc.).

