



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Tecnologías

Programa de Especialización Tecnológica

en Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones

PROYECTO DE GRADO

“REDISEÑO DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DOBLE”

LABORATORIO DE PROTEL

Previa a la obtención de título de:

TECNÓLOGO EN MECATRONICA

Presentado por:

ELIAS ISRAEL LEÓN MONRROY

GUAYAQUIL - ECUADOR

2014



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Tecnologías

Programa de Especialización Tecnológica

en Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones

PROYECTO DE GRADO

“REDISEÑO DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DOBLE”

LABORATORIO DE PROTEL

Previa a la obtención de título de:

TECNÓLOGO EN MECATRONICA

Presentado por:

ELIAS ISRAEL LEÓN MONRROY

GUAYAQUIL - ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a dios por la vida, por las bendiciones de cada día, por estar conmigo en todo tiempo y por darme la bendición de estudiar en la Espol. A mi familia y en especial a mi papa por el apoyo constante. A los profesores por prestar su ayuda, en guiarme en esta etapa universitaria, y a mis amigos por contar con ellos y brindarme su amistad.

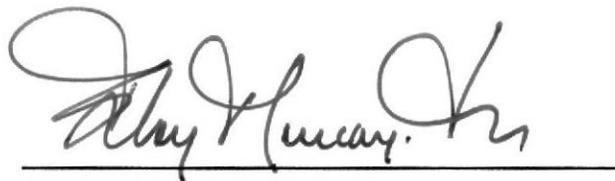
DEDICATORIA

Dedico a Dios sobre todas las cosas, a todos los que me apoyaron, me ayudaron y se preocuparon por mí.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



TCNLG. EDMUNDO DURAN L.
DELEGADO DIRECTOR INTEC
PRESIDENTE



MSC. ELOY MONCAYO T.
DIRECTOR DE PROYECTO



LCDO. CAMILO ARELLANO A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

Reglamento de Graduación de ESPOL

Elias León

ELIAS ISRAEL LEÓN MONRROY

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	1
OBJETIVOS	2
JUSTIFICACIÓN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	4
1.1.1. ENTRADA DE VOLTAJE AC	4
1.1.2. TRANSFORMADOR	6
1.1.3. CIRCUITO RECTIFICADOR	8
1.1.3.1. RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA	9
1.1.3.2. RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA	10
1.1.4. CIRCUITO DE FILTRO	11
1.1.5. REGULADOR	11
1.1.5.1. REGULADORES FIJOS.	12

1.1.5.2.	REGULADORES VARIABLES _____	12
2.	DISEÑO DEL CIRCUITO _____	14
2.1.	DESCRIPCIÓN _____	14
2.2.	FUNCIÓN DEL LM723 _____	16
2.2.1.	CIRCUITO DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE. _____	18
2.2.2.	REGULACIÓN DE VOLTAJE _____	19
2.3.	FUNCIÓN DEL LM358 _____	20
2.3.1.	DESCRIPCIÓN _____	21
2.3.2.	CONMUTACION DE RELÉS _____	21
2.4.	CIRCUITO ARMADO EN PROTO BOARD _____	23
2.4.1.	PRUEBA DE CIRCUITO. _____	23
2.4.2.	DIVISOR DE TENSIÓN _____	25
3.	ELABORACIÓN DE LA TARJETA _____	29
3.1.	DISEÑO DE LAS PISTAS DEL CIRCUITO _____	29
3.2.	DIMENSIONES Y GROSOR DE LAS PISTAS _____	30
3.3.	PRUEBA DEL CIRCUITO. _____	32
3.4.	LIMITADOR DE CORRIENTE _____	34
3.5.	DISEÑO FINAL DEL CIRCUITO _____	34
4.	MONTAJE DE LA FUENTE _____	36
4.1.	EL TRANSFORMADOR _____	39

4.2.	INSTALACION DE POTENCIOMETROS E INTERRUPTOR	41
4.3.	INSTALACIÓN DEL PORTA FUSIBLE	43
4.4.	UBICACIÓN DE LAS TARJETAS	44
4.5.	PRUEBA FINAL	45
4.5.1.	REGULACIÓN DE CARGA	45
4.5.2.	REGULACIÓN DE LÍNEA	46
	CONCLUSIÓN	48
	BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Voltajes de referencia _____	16
Tabla 2.2. Voltajes de conmutación _____	22
Tabla 2.3. Cambios en los voltajes de referencia. _____	24
Tabla 2.4. Voltajes en los pines 3 y 6 del circuito comparador cuando el voltaje de son de conmutación _____	26
Tabla 2.5. Voltajes fijos calculados en los pines 2 y 5 del circuito comparador. _____	27
Tabla 2.6. Voltajes fijos reales en los pines 2 y 5 del circuito comparador. _	27
Tabla 3.1. Resultados de las pruebas de regulación de carga 1. _____	46
Tabla 3.2. Resultados de las Prueba de regulación de carga 2. _____	46
Tabla 3.3. Prueba de regulación de línea. _____	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema básico de una fuente de alimentación. _____	3
Figura 1.2. Diagramas en bloques de una fuente de alimentación. _____	4
Figura 1.3. Cable de poder conectado al transformador. _____	5
Figura 1.4. Esquema de conexión del fusible y del interruptor en serie. ____	6
Figura 1.5. Símbolo del transformador con bobinas primaria y secundaria aisladas. _____	6
Figura 1.6. Un solo secundario con derivaciones. _____	7
Figura 1.7. Varios secundarios independientes. _____	7
Figura 1.8. Doble primario y varios secundarios. _____	8
Figura 1.9. Comportamiento del diodo. _____	9
Figura 1.10. Esquema del rectificador de media onda. _____	10
Figura 1.11. Esquema del rectificador de media onda. _____	10
Figura 1.12. Gráfico del voltaje de salida filtrado. _____	11
Figura 1.13. Esquema de una fuente de alimentación regulada. _____	12
Figura 2.1. Diseño del circuito de la fuente de alimentación _____	15
Figura 2.2. Diagrama del LM723 _____	16
Figura 2.3. Voltaje de referencia LM723 (pin6). _____	17
Figura 2.4. Capacitores para la compensación LM723 _____	18
Figura 2.5. Esquema del limitador de corriente LM723 _____	19

Figura 2.6. Esquema de la regulación de voltaje	20
Figura 2.7. Diagrama de conexión del LM358	21
Figura 2.8. Esquema del circuito comparador	22
Figura 2.9. Circuito regulador armado en proto board	23
Figura 2.10. Pruebas del circuito	24
Figura 2.11. Cambios en el control de voltaje	25
Figura 2.12. Arreglo de resistencia para el circuito comparador tomado del voltaje de salida.	26
Figura 2.13. Arreglo de resistencia para el circuito comparador tomado del voltaje fijo.	27
Figura 2.14. Arreglo de resistencia para el circuito comparador.	28
Figura 3.1. Vista del Express PCB.	29
Figura 3.2. Vista del diseño del circuito desde el software.	31
Figura 3.3. Vista del diseño del circuito para imprimir.	31
Figura 3.4. Pruebas de la tarjeta electrónica.	32
Figura 3.5. Onda del voltaje de salida inestable.	33
Figura 3.6. Arreglo de resistencia para el limitador de corriente.	34
Figura 3.7. Diseño de la fuente de alimentación modificado	35
Figura 4.1. Estructura de la fuente de poder.	36
Figura 4.2. Vista de la fuente de poder antes del proyecto.	36
Figura 4.3. Instalación de los transistores KSA940.	37

Figura 4.4. Montaje del filtro. _____	37
Figura 4.5. Los filtros ubicados en sus bases. _____	38
Figura 4.6. Los puentes rectificadores. _____	38
Figura 4.7. Transistores 2N3055. _____	39
Figura 4.8. Transformador de la fuente. _____	39
Figura 4.9. Configuración del primario del transformador. _____	40
Figura 4.10. Voltajes de salidas del transformador. _____	40
Figura 4.11. Conexiones de las salidas del transformador. _____	41
Figura 4.12. Ubicación de los potenciómetros. _____	41
Figura 4.13. Conexiones de cables en las borneras y potenciómetros. _____	42
Figura 4.14. Conexión del interruptor. _____	42
Figura 4.15. Vista delantera de la fuente de alimentación. _____	43
Figura 4.16. Instalación de los portafusibles. _____	43
Figura 4.17. Cable de tierra conectado al chasis. _____	44
Figura 4.19. Bases de las tarjetas electrónicas. _____	45

RESUMEN

El diseño del circuito encajaba con el transformador de la fuente que cuenta con ocho salidas de diferentes voltajes. Dos salidas para la alimentación del circuito del control de las tarjetas y las seis salidas para la alimentación principal, que se conecta con relés en función de la tensión de salida requerida.

El primer capítulo se trata de una introducción de lo que son las fuentes de alimentación. Se referirá a los bloques que forman la fuente de alimentación, que son el transformador, el circuito de rectificación y filtrado y concluyendo con la regulación.

En el segundo capítulo habla todo lo concerniente al diseño del circuito integrado de fuente de alimentación. Se explicara el funcionamiento del circuito de control, el circuito de potencia y del circuito comparador.

También en este capítulo se hace pruebas del circuito del regulador de voltaje armado en un proto board, antes de hacerlo en la tarjeta, con la finalidad de hacer pruebas y tener en claro el funcionamiento del circuito o realizar modificaciones necesarias para su correcto funcionamiento.

Se revisó y ajusto el divisor de tensión del circuito comparador para la conmutación de los relés. En el circuito de control se cambió el regulador de voltaje 7818 por el 7812, puesto que el primero es complicado encontrarlo en el medio.

Luego de terminar hacer las pruebas, en el capítulo tres, se mostrará el diseño de las tarjetas. Las tarjetas fueron sujetas a otro periodo de pruebas, estableciendo los potenciómetros de corriente y voltaje, comprobando la existencia de caída de voltaje al conectarse una carga que demande mucha intensidad de corriente y ajustando el límite de corriente.

Por último, en el capítulo cuatro. Se realizó el montaje de la fuente teniendo en cuenta la ubicación de las tarjetas, los indicadores de voltaje y corriente, la conexión del transformador y las conexiones a fin de que no exista algún corto circuito.

OBJETIVOS

- Reestructurar el circuito de la fuente de voltaje regulable del laboratorio de PROTEL, con un diseño de circuito integrado que se adapte con el tipo de estructura de fuente antes hecha.
- Probar y rediseñar, si es necesario, el circuito obtenido mediante una página web, para reemplazar el diseño del circuito discreto.
- Instalar las tarjetas electrónicas en la infraestructura de la fuente de voltaje y realizar las conexiones correspondientes de la fuente.

JUSTIFICACIÓN

Cuando comenzamos a meternos en el mundo de la electrónica, ya sea digital o analógica. Empezamos haciendo pruebas o proyectos que necesitan tener una alimentación de voltaje, y muchas veces voltajes diferentes para cada proyecto, por lo que es importante e indispensable para un laboratorio de electrónica contar con fuentes de alimentación regulables.

El tecnólogo y profesor de PROTEL Eloy Moncayo, me solicito participar en el proyecto de rediseño de una fuente de poder doble, de un laboratorio de protel, basado en el circuito discreto de una fuente kikusui a un diseño de circuito integrado utilizando el integrado LM723 por razón de que el antiguo circuito dejo de funcionar en su totalidad.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de nuestra sociedad está ligada a la de la electrónica. Constantemente la convivimos, muchas veces sin ni si quiera darnos cuenta, con todo tipo de elementos electrónicos. A diario, se utiliza un coche, un teléfono o se ve la televisión sin saber que todo ello funciona gracias a la electrónica. Hay una interminable lista de cosas que hacen la vida mucho más fácil y en las que la electrónica juega un papel crucial.

Pueden ser unos de eso motivos que a las personas se les despierta un gusto por la electrónica, algunos desean saber cómo funcionan y muchos les gustaría aprender a probar o a diseñar circuitos electrónicos.

La mayor parte de circuitos electrónicos funcionan con alimentación continua, por lo que es importante contar con fuentes de voltajes regulables en un laboratorio, o incluso tener uno en casa, para la enseñanza y práctica de la electrónica.

Una fuente de alimentación es esencialmente un convertidor de potencia de corriente alterna (AC) en potencia de corriente directa (DC). Esto significa que recibe en su entrada una corriente o un voltaje de AC y lo transforma en una corriente o un voltaje de DC en su salida. La potencia de AC de entrada proviene generalmente de la red pública de 120V o 220V.

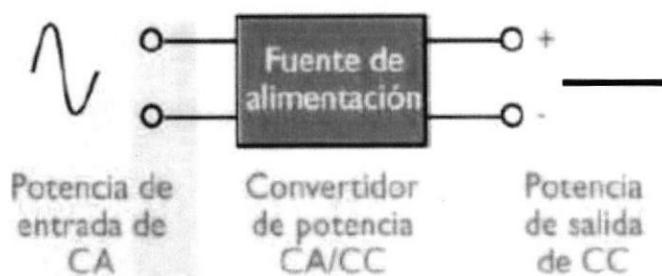


Figura 1.1. Esquema básico de una fuente de alimentación.

1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Básicamente, una fuente de alimentación consta de 4 partes:

1. El transformador
2. Circuito rectificador
3. Circuito de filtro
4. Regulador

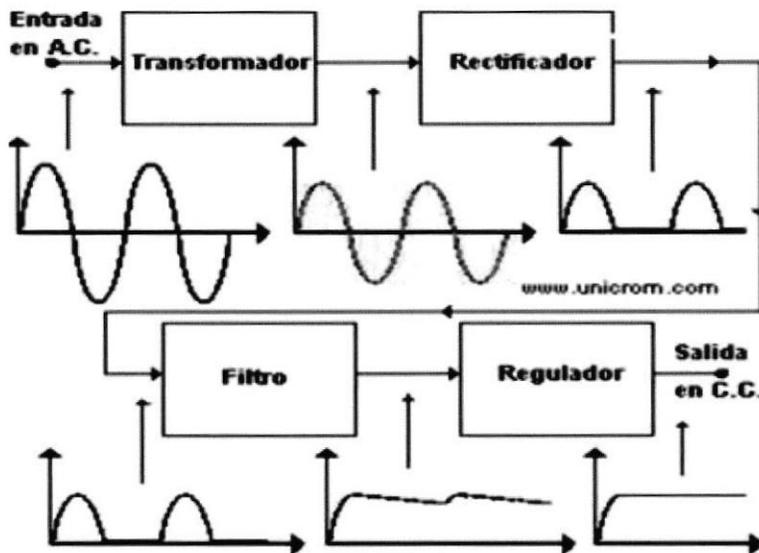


Figura 1.2. Diagramas en bloques de una fuente de alimentación.

1.1.1. ENTRADA DE VOLTAJE AC

Para esto necesitamos una fuente de AC (110Vac – 220Vac), que la podemos tomar tranquilamente de un punto de tomacorriente. Podemos tomar este voltaje AC mediante un cable de poder. Los cables de poder monofásicos más comunes son:

- Cable de dos hilos (de dos patas), sin conductor a tierra.
- Cable de tres hilos (tres patas), con conductor a tierra.

El más recomendable es usar el de tres hilos, por la protección de puesta a tierra.

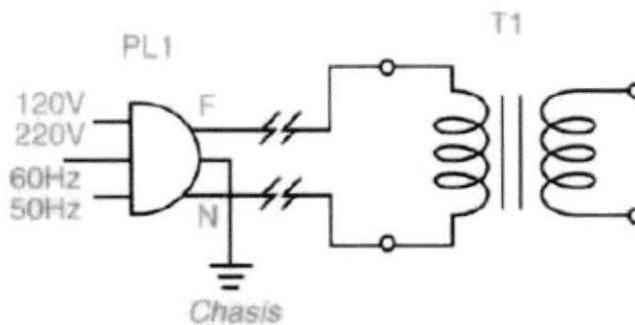


Figura 1.3. Cable de poder conectado al transformador.

Además del cable de poder es conveniente poner un fusible y un interruptor. Con el interruptor para conectar y desconectar voluntariamente la fuente AC, la protege en caso de sobrecarga o un cortocircuito. Estos se especifican de acuerdo al voltaje y la corriente máxima que puedan soportar.

Los fusibles pueden ser de acción rápida y de acción lenta, se recomienda utilizar los fusibles de acción lenta. Los fusibles de acción rápida pueden fundirse fácilmente con tan solo el hecho de usar el interruptor. Se alojan normalmente en portafusibles para mayor facilidad de reemplazarlo en caso de falla.

El interruptor y el fusible se conectan en serie y sobre el lado de conductor de fase de la fuente de voltaje AC



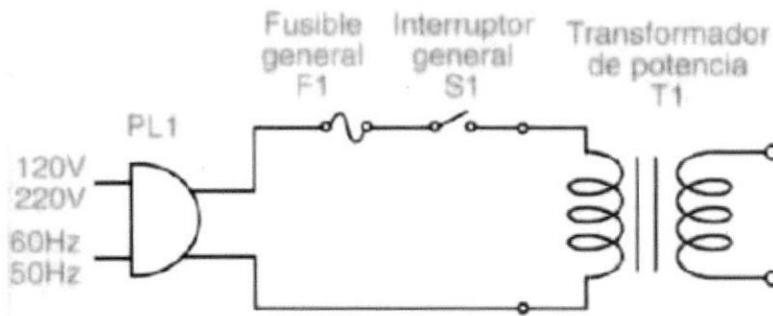


Figura 1.4. Esquema de conexión del fusible y del interruptor en serie.

1.1.2. TRANSFORMADOR

En la mayoría de los casos, la tensión de la red de AC es demasiado alta para los requisitos de operación de los componentes utilizados en los circuitos electrónicos. Por ese motivo, el voltaje de AC suministrado por el circuito de entrada de una fuente de alimentación debe ser reducido a niveles manejables. Esta función de reducción la efectúa un dispositivo llamado transformador, formado por dos bobinas, llamadas primaria y secundaria, enrolladas sobre un mismo núcleo magnético. El primario recibe un alto voltaje (Vac) en la entrada y el secundario entrega el voltaje o voltajes reducidos al circuito de carga.

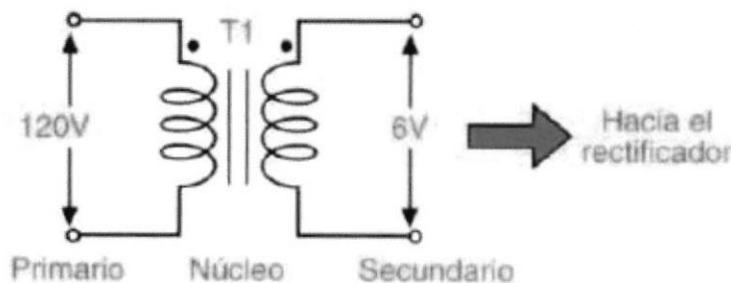


Figura 1.5. Símbolo del transformador con bobinas primaria y secundaria aisladas.

El transformador puede ser reductor o elevador. Eso depende del número de vuelta tanto en el primario como el secundario, si el número de vueltas en el secundario es mayor al del primario, el transformador es elevador, si el número de vueltas en el secundario es menor al del primario, el transformado es reductor.

Los transformadores utilizados en las fuentes de alimentación deben ser preferiblemente aislados, lo que significa que el devanado primario debe estar separado eléctricamente del devanado secundario. Esto se hace por razones de seguridad. Aquí las configuraciones comunes de transformadores monofásicos aislados:

1.- Un solo secundario con derivaciones.

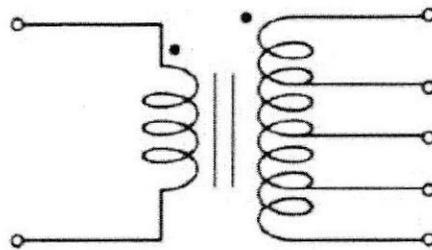


Figura 1.6. Un solo secundario con derivaciones.

2.- Varios secundarios independientes.

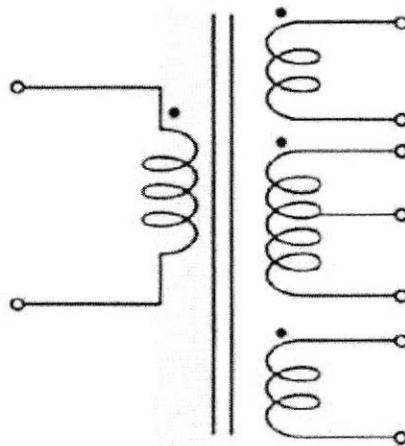
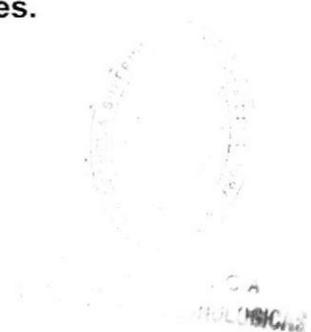


Figura 1.7. Varios secundarios independientes.



3.- Doble primario. Tanto las bobinas primarias como secundarios se pueden conectar en serie o en paralelo para conseguir diversas combinaciones de voltajes y corrientes de salida.

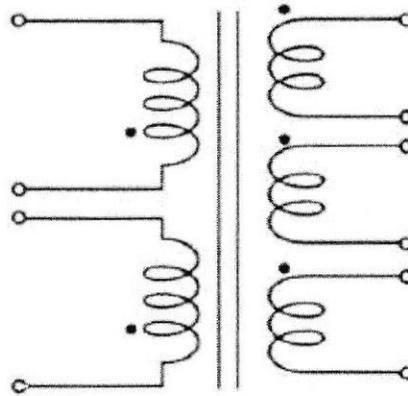


Figura 1.8. Doble primario y varios secundarios.

1.1.3. CIRCUITO RECTIFICADOR

Es el elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua. Convierte el voltaje AC obtenido en la salida del transformador, en un voltaje DC pulsante, el cual tiene una polaridad única. Para este proceso utilizamos los diodos o un componente integrado que tiene sus terminales de entrada para AC y sus terminales de salidas DC.

Un diodo conduce cuando la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo. Es como un interruptor que se abre y se cierra según la tensión de sus terminales.

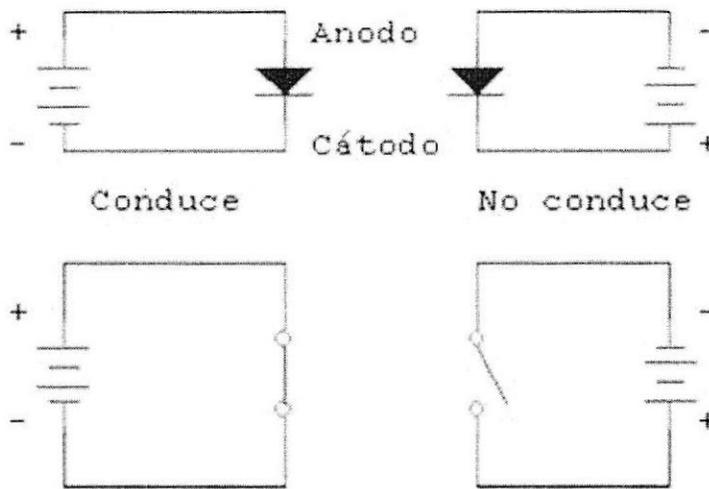


Figura 1.9. Comportamiento del diodo.

Esto permite la circulación de la corriente en un solo sentido y bloquearla en el sentido opuesto.

TIPOS DE RECTIFICADORES

Los rectificadores pueden ser de media onda de onda completa, dependiendo de si utilizan uno o ambos semiciclos de la tensión AC (sicos positivos y negativos) para producir la tensión DC pulsante

1.1.3.1. RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

En este rectificador de media onda se ignora los semiciclos negativos y deja pasar únicamente los semiciclos positivos.

Para comprobar el funcionamiento de este rectificador, lo podemos comprobar con la ayuda del osciloscopio y veremos algo parecido a lo que se observa en esta imagen.

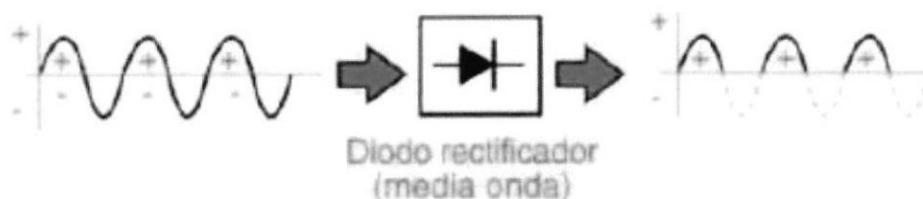


Figura 1.10. Esquema del rectificador de media onda.

1.1.3.2. RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

El rectificador de onda completa comúnmente utilizada es de cuatro diodos, durante el semiciclo positivo dos diodos conducen durante ese semiciclo, y durante el semiciclo negativo los otros dos diodos conducen.

Mostrando gráficamente podemos ver como actúa el puente rectificador de onda completa. En pocas palabras observamos el puente rectificador deja pasar los semiciclos positivos, mientras que el semiciclo negativo invierte la polaridad.

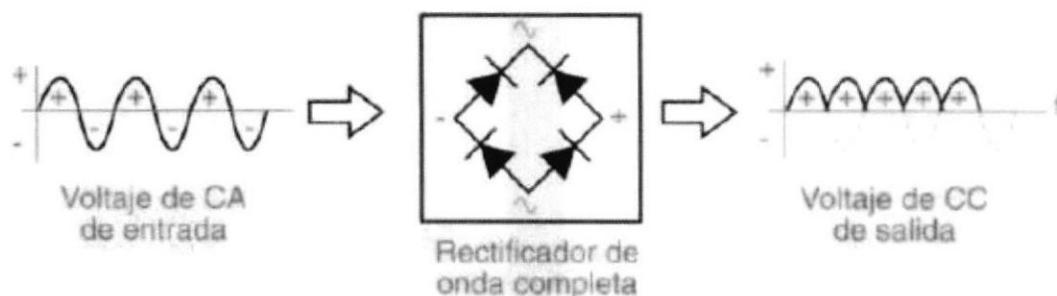


Figura 1.11. Esquema del rectificador de media onda.

Lo que diferencia al rectificador de onda completa con dos diodos es que no hay necesidad de una derivación central del transformador. La ventaja es que la tensión en la carga rectificada es el doble que la que se obtendría con rectificador de onda completa con dos diodos.

1.1.4. CIRCUITO DE FILTRO

El voltaje DC pulsante proporcionado por un rectificador, aunque mantiene su polaridad, no es adecuado para alimentar circuitos electrónicos. Esto se debe a que su valor no se mantiene constante, sino que oscila entre cero y el valor máximo de la onda senoidal de entrada. Para suavizar este voltaje y convertirlo en un voltaje DC uniforme debe utilizarse un filtro, generalmente con condensadores electrolíticos de muy alta capacidad.

Este se conecta en paralelo con la carga. El condensador se carga al máximo en el inicio del primer semiciclo pero al terminar el primer semiciclo, el voltaje de salida del rectificador cae a su mínimo valor pero el voltaje del condensador se descarga de una manera lenta, pero no se descarga completamente, dado que inicia el segundo semiciclo, causando que el condensador vuelva a cargarse y repitiendo este proceso de una manera constante como podemos ver en la gráfica.

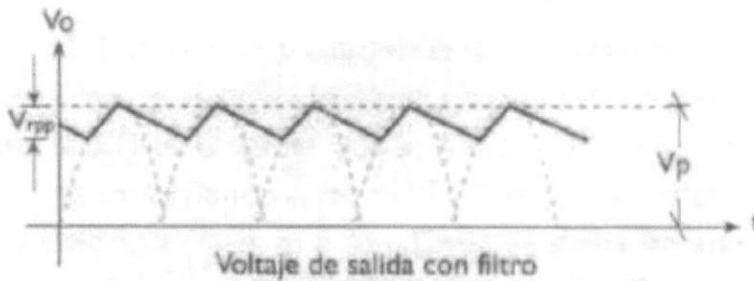


Figura 1.12. Gráfico del voltaje de salida filtrado.

1.1.5. REGULADOR

Un regulador o estabilizador es un circuito que se encarga de reducir el rizado y de proporcionar una tensión de salida de la tensión exacta que queramos. Existen los reguladores fijos y los reguladores variables

1.1.5.1. REGULADORES FIJOS.

Los reguladores fijos son integrados con tres terminales encapsulado en TO-220 y son encontrado como LM78XX, los dos últimos dígitos establecen el voltaje de salida, por ejemplo el 7805 su voltaje de salida es 5V; el 7812 su salida de voltaje es 12V. Estos pueden suministrar una corriente de 1A. La desventaja de estos reguladores que no podemos variar el voltaje de salida.

Estos necesitan condensadores como filtros de desacoples de entrada y de salida. Sus valores están típicamente en el rango de $0,1\mu\text{F}$ a $1\mu\text{F}$. Se utilizan para desacoplar o eliminar señales de ruidos presentes en la entrada o en la salida del regulador. Por esta razón se deben conectarse tan cerca del regulador como sea posible. Para garantizar una óptima regulación, el voltaje de entrada debe ser por lo menos de 2,5V.

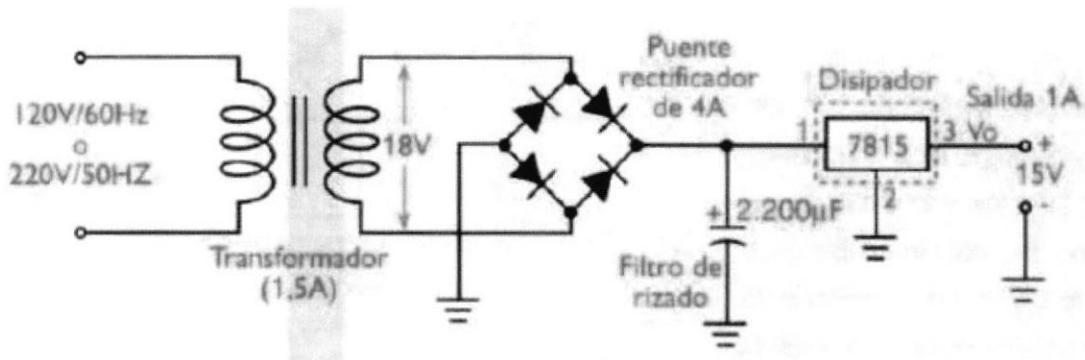


Figura 1.13. Esquema de una fuente de alimentación regulada.

1.1.5.2. REGULADORES VARIABLES

La otra alternativa son los reguladores de voltaje variable, comúnmente también utilizados de tres terminales. La serie de los reguladores ajustables más comunes son LM117 y LM317. Estos pueden suministrar una corriente de 1.5A y el rango de voltaje que pueden manejar, varía desde 1.2V hasta 37V. Además estos, al igual



que los reguladores fijos, deben llevar los condensadores de desacople a la entrada y salida del regulador.

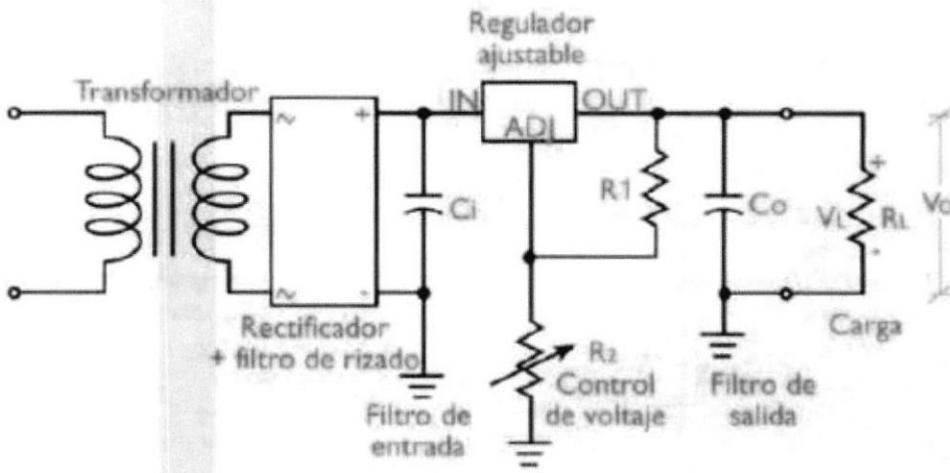


Figura 1.14. Estructura básica de una fuente de alimentación ajustable.

El voltaje de salida depende de los valores de R_1 , que está conectada entre el terminal de salida y el de ajuste, y R_2 que está conectado en el terminal de ajuste. El valor recomendado de R_1 es de 240Ω , el valor de R_2 depende de cuánto es el voltaje máximo de salida que necesitamos, de acuerdo a eso se hace un cálculo para saber el valor de la resistencia, en R_2 conectamos una resistencia variable (potenciómetro) para poder regular el voltaje de salida.

2. DISEÑO DEL CIRCUITO

2.1. DESCRIPCIÓN

El diseño del circuito de la fuente de voltaje, se la obtuvo en una página web. Esta fuente está diseñada para tener un voltaje de salida de 30V, 5A.

Se trata de un tipo lineal con dos transistores 2N3055. Con un transformador con tres salidas de tensión diferentes para la fuente de alimentación principal, que se conecta con relés en función de la tensión de salida requerida. Esto mantiene a la disipación del calor.

Y aquí está el diagrama esquemático resultante. En la izquierda vemos el transformador y arrollamientos separados para los circuitos de potencia y control. En la parte superior es el regulador de serie formado por los dos transistores 2N3055. En la parte inferior tenemos el circuito de control que se puede dividir en dos partes: a la izquierda tenemos un LM723 que proporciona el voltaje y el control de la corriente y a la derecha tenemos un par de amplificadores operacionales que trabajan como términos de comparación que se cambien los dos relés que seleccionan uno de los tres devanados del transformador en función de la tensión necesaria.

En el siguiente recuadro podemos observar los voltajes con respecto a la tierra de potencia y a la tierra de control, este valor lo encontramos en paréntesis en el diseño del circuito.

Tabla 2.1. Voltajes de referencia

	Voltage with respect to	
	Ctrl Gnd	Power Gnd
Control Vcc	18	11
Power Gnd	7	0
Control Gnd	0	-7

2.2. FUNCIÓN DEL LM723

Los dispositivos LM723 son reguladores de voltaje diseñados principalmente para aplicaciones de reguladores en serie. Por sí mismos, suministran corrientes de alimentación de salida de hasta 150 mA, pero se pueden agregar transistores externos para brindar las corrientes de carga deseadas. El circuito tiene un consumo de corriente de espera extremadamente bajo, y se observa un limitador de corriente lineal o foldback.

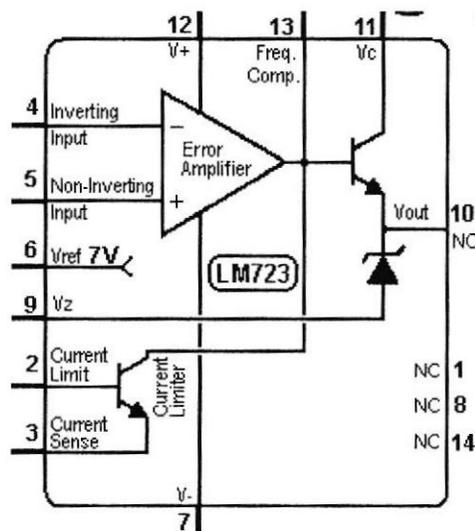


Figura 2.2. Diagrama del LM723

Voltaje de salida ajustable hasta 37V. Se puede utilizar como regulador lineal o de conmutación.

Además, el LM723 es útil en una amplia variedad de aplicaciones, como reguladores de derivación, reguladores de corriente y controladores de temperatura. El LM723C es idéntico al LM723, pero el rendimiento del LM723C está garantizado en un rango de temperatura de entre 0 °C y +70 °C, en lugar de -55 °C a +125 °C.

La polarización del LM723 se deriva de un diodo zener interno que funciona como un regulador dentro del regulado, de ahí se obtiene el voltaje de alimentación para circuito internos del LM723, también del zener se obtiene la fuente interna de referencia $V_{ref} = 7.15V$ (pin 6) .

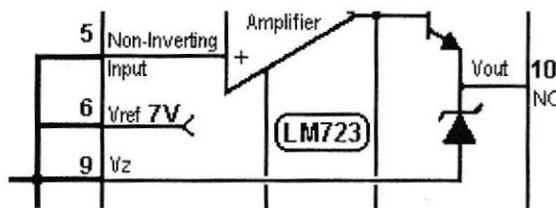


Figura 2.3. Voltaje de referencia LM723 (pin6).

Normalmente el voltaje de referencia o el voltaje derivado de él es aplicado a la entrada no inversora, mientras que la entrada inversora recibe una señal proporcional al voltaje de salida, cerrándose así el lazo de realimentación usando la etapa de salida , esta debe compensarse con un capacitor conectado entre esta terminal y el terminal de compensación de frecuencia.

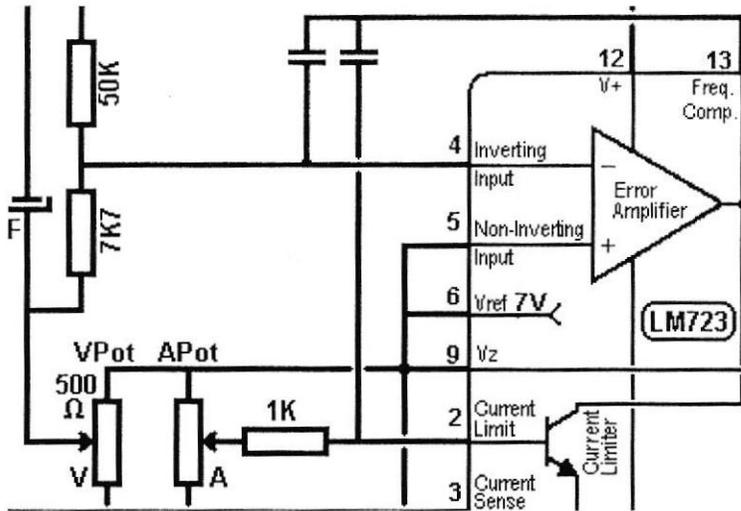


Figura 2.4. Capacitores para la compensación LM723

El Voltaje de entrada mínimo es de 9.5 V, para garantizar el correcto funcionamiento de las referencias y Zener internas. Y un voltaje máximo de 40 V en la entrada.

2.2.1. CIRCUITO DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE.

El transistor de limitación de corriente en el LM723 está conectado el emisor en común con el transistor 2SC9014. Cuando la corriente aumenta, la resistencia de 0.18Ω crea una caída de tensión, el transistor limitador de corriente conduce y le toma la corriente de salida del transistor 2SC9014.

Se comienza con el potenciómetro con su valor máximo y disminuir lentamente hasta que se alcance el límite de corriente máxima deseada.

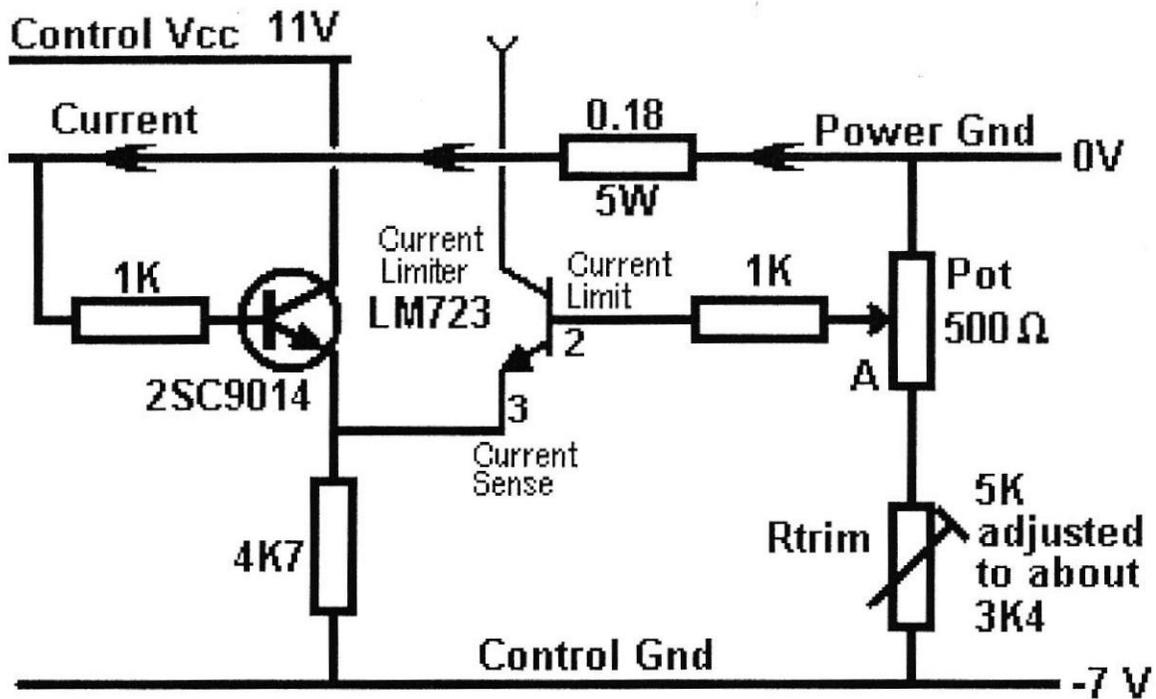


Figura 2.5. Esquema del limitador de corriente LM723

2.2.2. REGULACIÓN DE VOLTAJE

El voltaje del cursor del potenciómetro de voltaje oscila entre 0 V a - 5V y el circuito ajusta el voltaje de salida al voltaje de cursor multiplicado por $-50000 / 7700$ por lo que el rango de voltaje de salida es entre 0 y 32.5V



MADE

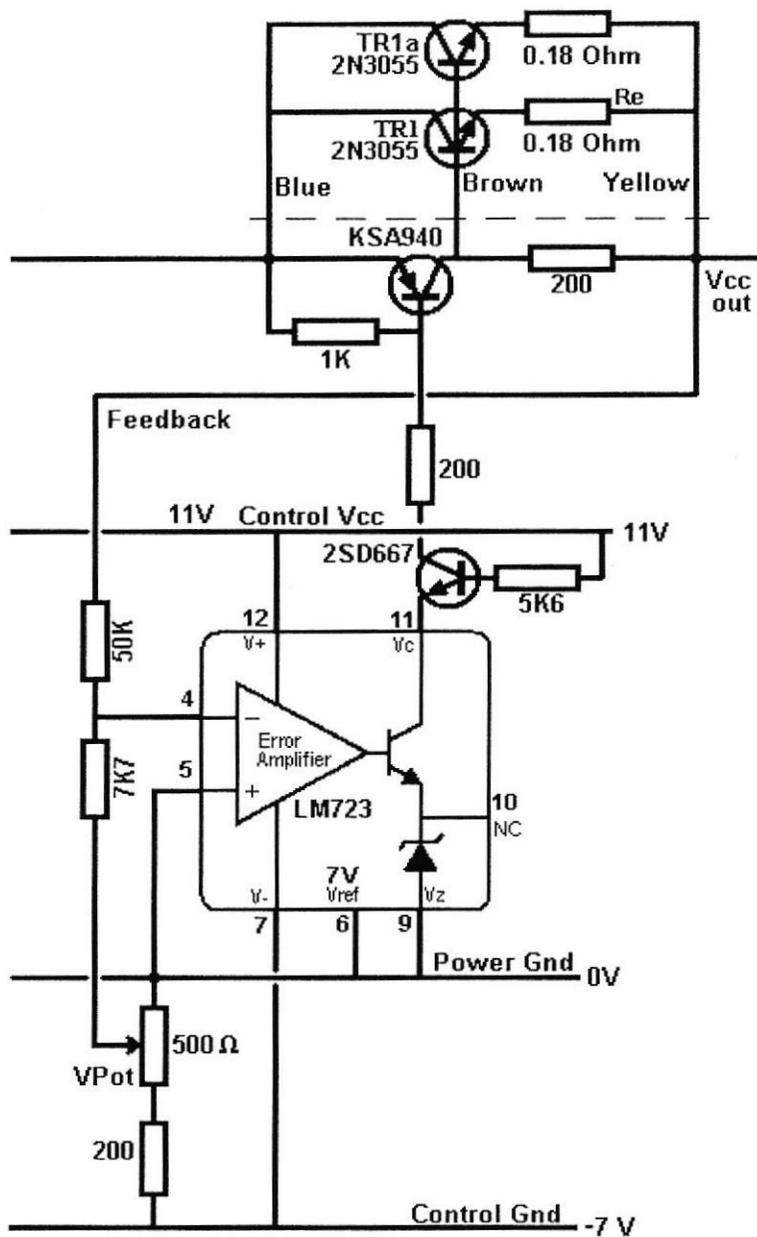


Figura 2.6. Esquema de la regulación de voltaje

2.3. FUNCIÓN DEL LM358

Originalmente en el diseño se utiliza el integrado LM324, que está compuesto por cuatro amplificadores operacionales. Pero se lo remplazo por el integrado LM358, que en cambio está compuesto por dos amplificadores operacionales, que son los que se necesita para el circuito comparador.

2.3.1. DESCRIPCIÓN

Como se menciona antes, consiste en dos circuitos independientes que se encuentran dentro del encapsulado que compensan la frecuencia del amplificador operacional y cada uno opera como suplemento de poder que operan a diferentes rango de voltaje, el drenaje es posible también bajo las operaciones de fuerza independientemente de la magnitud del suministro de voltaje, su diagrama es de fácil implementación.

Los pines de conexión no son tan diferentes a los utilizados con el anterior integrado, específicamente las entradas y salidas de los amplificadores.

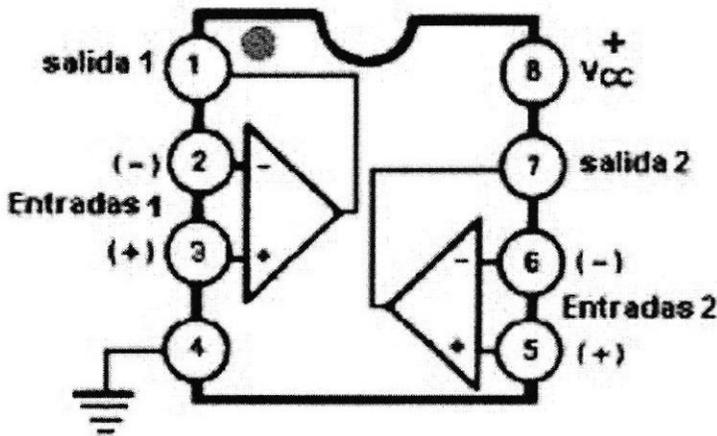


Figura 2.7. Diagrama de conexión del LM358

2.3.2. CONMUTACION DE RELÉS

Podemos observar en este recuadro la conmutación de los relés de acuerdo a los voltajes de salida de la fuente de poder.

Tabla 2.2. Voltajes de conmutación

V _{out}	RL1	RL2
0 - 10	OFF	ON
10 - 20	OFF	OFF
> 20	ON	OFF

El amplificador operacional (OpAmp) configurado para trabajar como comparador. En el OpAmp del relé 1 cuando el voltaje en la entrada no inversora (pin3) sea mayor al voltaje de la entrada inversora (pin2), la salida (pin1) estará activada. Mientras que en el OpAmp del relé 2 funcionara de la misma manera, es decir que cuando el voltaje del entrada inversora (pin6) se menor a la entrada no inversora (pin5), ia salida (pin7) estará activada. Según el arreglo de resistencias el valor establecido en el pin 2 es de 7.3, con respecto a la tierra de control, y 14.3, con respecto a la tierra de potencia. Y en el pin 5 de 2.5V (9.5V).

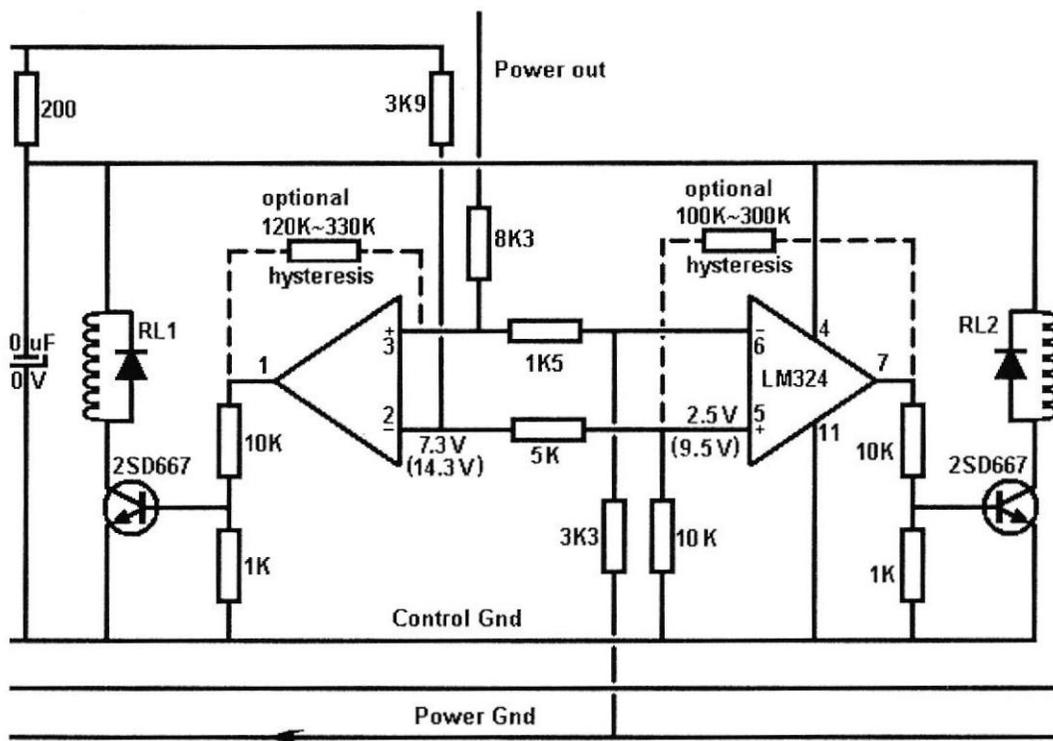


Figura 2.8. Esquema del circuito comparador



A tensiones muy bajas se selecciona la salida de CA más bajo porque RL2 está activo. En aproximadamente 10 V de salida RL2 se apaga y la segunda salida del transformador está conectado. En aproximadamente 20 V RL1 se activa y la salida más alta del transformador está conectada.

2.4. CIRCUITO ARMADO EN PROTO BOARD

El circuito se armó primeramente en proto board, antes de hacerlo directamente en una tarjeta electrónica, para probar el circuito, tener una idea más clara del funcionamiento.

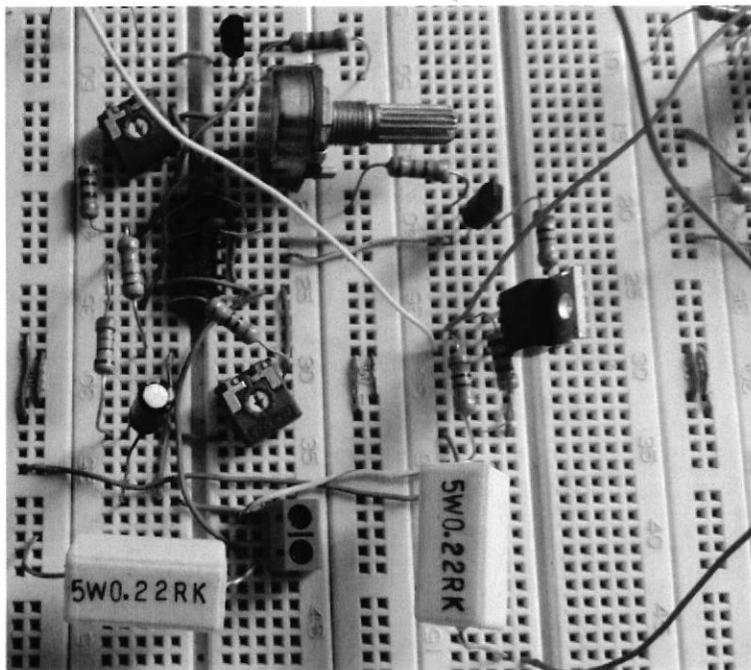


Figura 2.9. Circuito regulador armado en proto board

2.4.1. PRUEBA DE CIRCUITO.

Primero se armó el circuito de control, el regulador con el integrado lm 723, para verificar la regulación de voltaje. Tanto para el circuito de potencia y el circuito de control, se utilizó dos fuentes de alimentación kikusui, para completar el circuito de potencia utilizamos el transistor intermediario KSA940 y un transistor 2N3055.

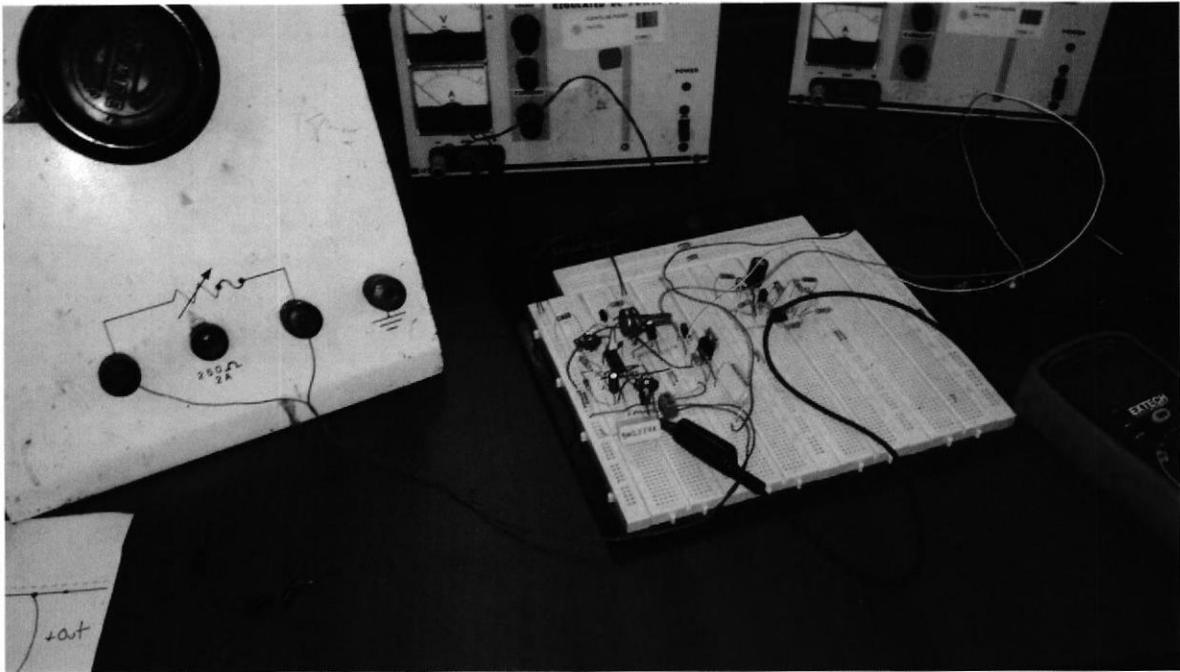


Figura 2.10. Pruebas del circuito

En esta prueba no presento ningún tipo de problema, lo que se añadió aquí fue una carga para estabilizar el control de voltaje.

Un cambio que se realizó con respecto al diseño original fue cambiar el regulador de voltaje fijo 7818 por el 7812, debido a que el 7818 no es muy sencillo de encontrar. Este produjo un funcionamiento erróneo del circuito de control, y esto se dio al voltaje del diodo zener. Para corregir este problema se conectó el voltaje de diodo zener (pin 9) a tierra. Y con eso algunas resistencias fueron cambiadas.

Tabla 2.3. Cambios en los voltajes de referencia.

	Voltage with respect to	
	Ctrl Gnd	Power Gnd
Control Vcc	12	5
Power Gnd	7	0
Control Gnd	0	-7

Otro cambio que se realizo fue en el control de voltaje, de poner en serie con el potenciómetro una resistencia de 470Ω con un trimmer de $2k$, con la finalidad de afinar el máximo de voltaje.

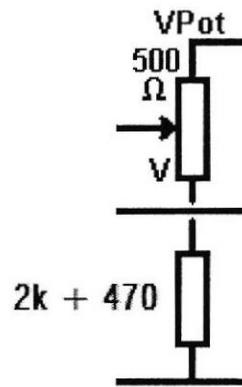


Figura 2.11. Cambios en el control de voltaje

2.4.2. DIVISOR DE TENSIÓN

Después de esto se lo conecto con el circuito comparador para comprobar el divisor de tensión. Para este circuito se utilizaron las mismas resistencias del diseño original, pero como se realizó el cambio de la fuente de alimentación del control, que también es la alimentación del circuito comparador, también se tuvo que modificar el arreglo de resistencias para el circuito de control.

En el arreglo de resistencias tomado del voltaje de salida, conectados al pin 3, entrada no inversora, y el pin 5, entrada inversora. Queda con los siguientes valores observado en la figura.

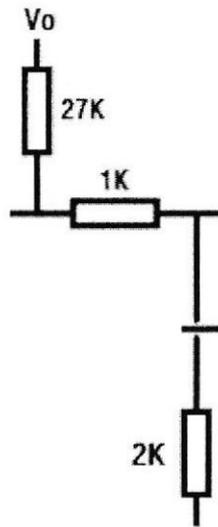


Figura 2.12. Arreglo de resistencia para el circuito comparador tomado del voltaje de salida.

En el recuadro observamos los niveles de voltaje calculados con lo respecto a los valores de voltaje de conmutación.

Tabla 2.4. Voltajes en los pines 3 y 6 del circuito comparador cuando el voltaje de son de conmutación

Vo	30V	20V	10V
PIN 3	3V	2V	1V
PIN 6	2V	1,33V	0,66V

Para calcular los valores de resistencias conectadas a las entradas del pin 2, entrada inversora, y el pin 5, entrada no inversora. Para el pin 2 necesita 2V y para el pin 5 se necesita 0,66V. A estos valores se le suma 7V quedando 9V Y 7,66 respectivamente. Los valores reflejados en el siguiente recuadro.

Tabla 2.5. Voltajes fijos calculados en los pines 2 y 5 del circuito comparador.

	PIN 2	PIN 5
CONTROL GND	2V	0,66V
POWER GND	9V	7,66V

Al final de los cálculos podemos ver en la figura los valores de resistencias.

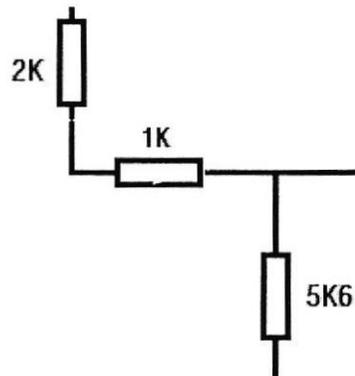


Figura 2.13. Arreglo de resistencia para el circuito comparador tomado del voltaje fijo.

Y en el siguiente cuadro observamos los valores reales.

Tabla 2.6. Voltajes fijos reales en los pines 2 y 5 del circuito comparador.

	PIN 2	PIN 5
CONTROL GND	1,9V	7,67V
POWER GND	9,06V	0,51V

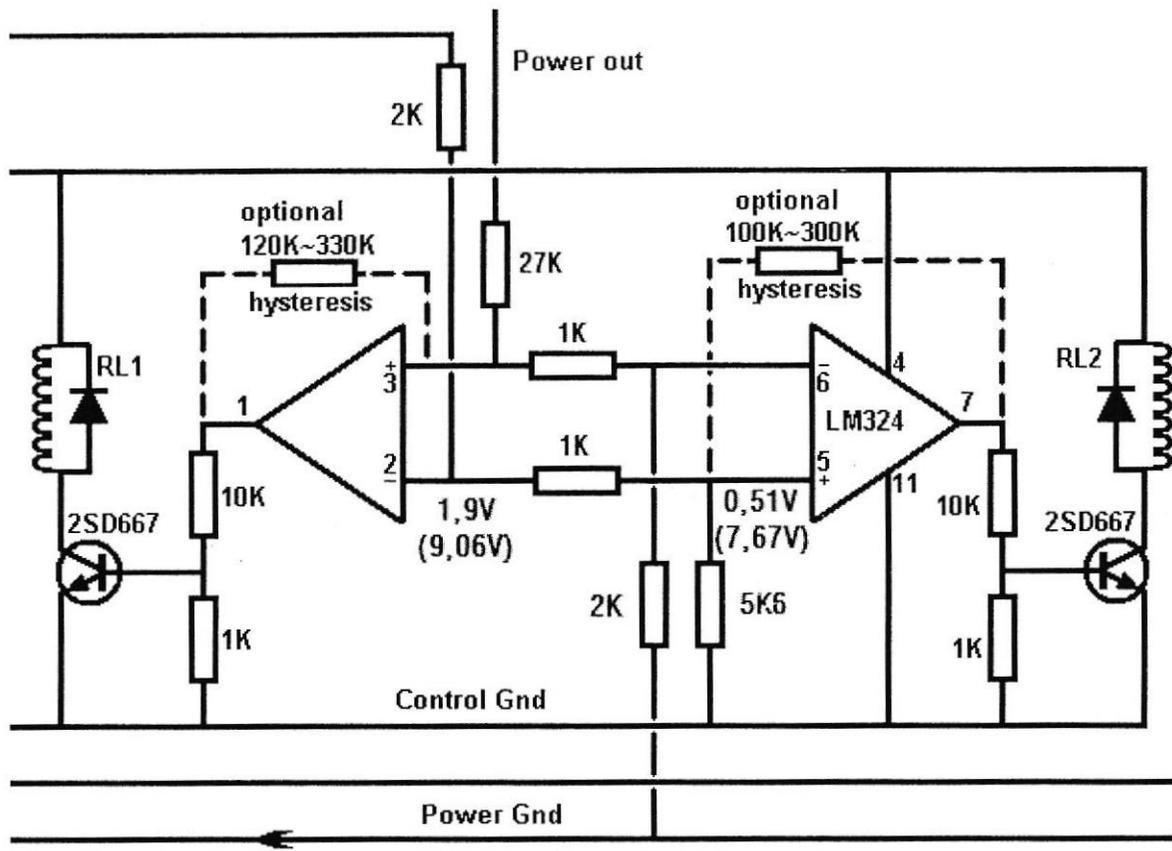


Figura 2.14. Arreglo de resistencia para el circuito comparador.



3. ELABORACIÓN DE LA TARJETA

3.1. DISEÑO DE LAS PISTAS DEL CIRCUITO

Express PCB, es el programa utilizado para el diseño de las tarjetas electrónicas. ¿Por qué utilizar este programa en vez de los convencionales, como PROTEUS el más utilizado? Este es un programa gratuito y muy fácil de utilizar. Permite dibujar esquemas electrónicos disponiendo de una librería completa de componentes siempre actualizadas, y en caso que no exista el esquema de algún componente se puede dibujar o también editar un esquema. Otra ventaja es que permite ubicar los componentes donde el diseñador guste, de igual manera con las pistas.

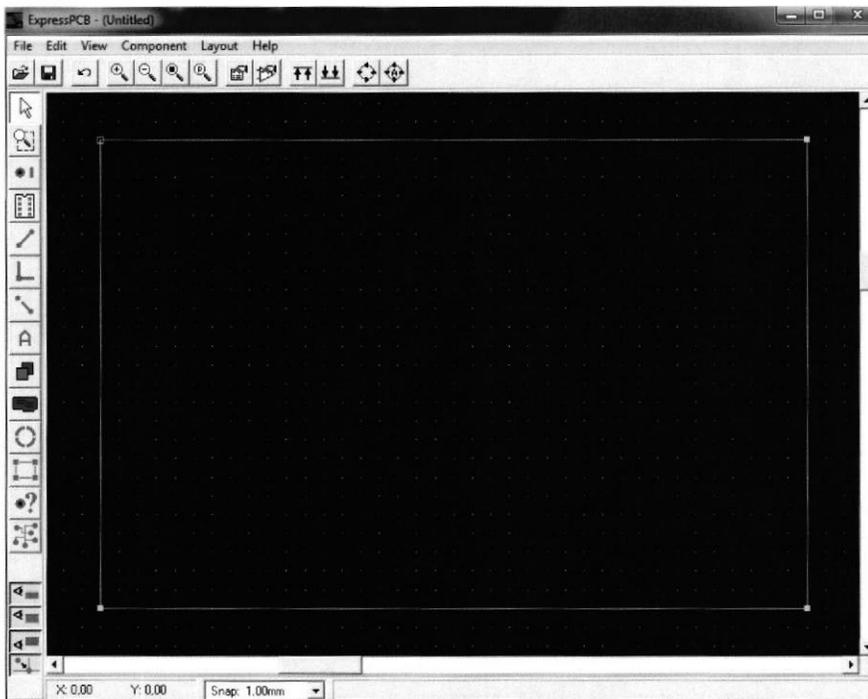


Figura 3.1. Vista del Express PCB.

Express PCB también te permite vincular el esquema dibujado a un archivo PCB para poder crear la placa de circuito impreso mediante un sistema semi-automático.

3.2. DIMENSIONES Y GROSOR DE LAS PISTAS

Para la realización de las tarjetas electrónicas se tenía que cumplir unos lineamientos para el correcto diseño y tomando en cuenta otros factores ajenos al diseño. Entre estos tenemos:

Las dimensiones de la tarjeta son de 10 cm x 10 cm, estas dimensiones se deben para que la tarjeta pueda ser fácilmente en la estructura de la fuente.

La ubicación de las borneras tiene que ser ubicadas de una forma que sea fácil de realizar las conexiones.

El grosor de las pista son de 1,02 mm. Para los componentes que manejan mayor corriente, sean estos los relés y los componentes que tenga que ver con el circuito de potencia, a estas pistas el grosor es de 2,54 mm.

Algo importante que hay que tomar en cuenta, se trata de la realimentación, estas conexiones no se la debe realizar en la tarjeta, sino en las borneras de voltaje de salida.

Así queda el diseño del circuito luego de cumplir todos los lineamientos.



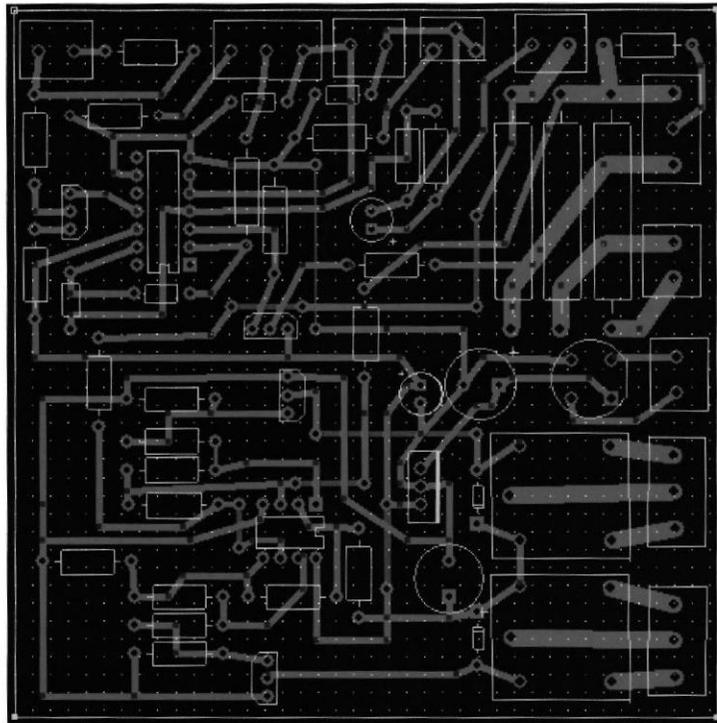


Figura 3.2. Vista del diseño del circuito desde el software.

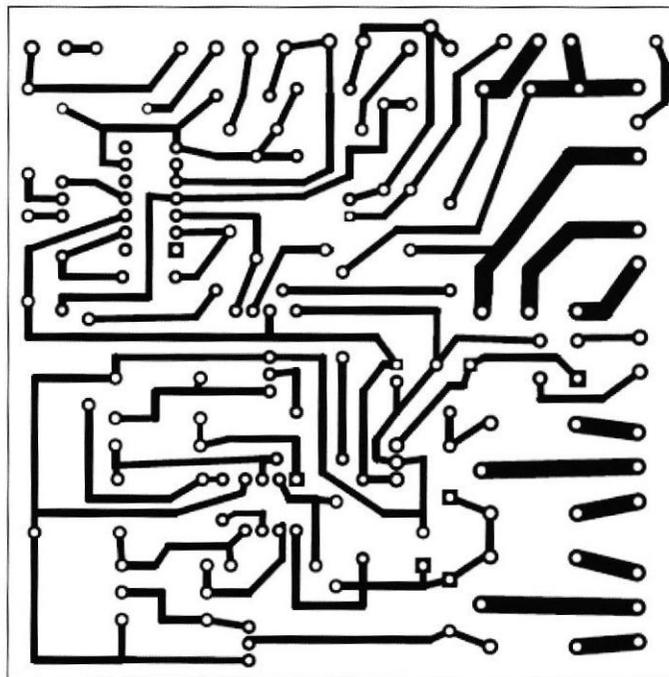


Figura 3.3. Vista del diseño del circuito para imprimir.

3.3. PRUEBA DEL CIRCUITO.

En esta nueva ronda pruebas se realizaron conectadas a una carga y probando la limitación de corriente.

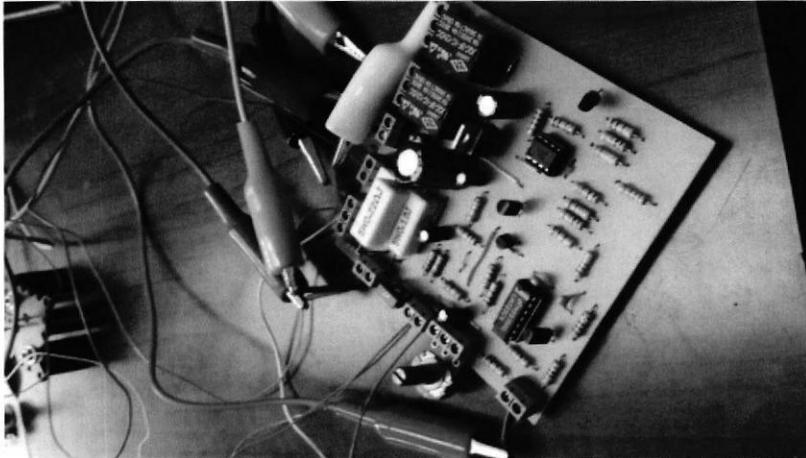


Figura 3.4. Pruebas de la tarjeta electrónica.

Antes de hacer estas dichas pruebas, probamos el funcionamiento del circuito, como son la regulación, el circuito comparador, comprobando que el funcionamiento sea el correcto. Luego de esto lo probamos, ya no con dos fuentes de alimentación, sino que ya lo conectamos con las salidas del transformador, con el puente rectificador y el circuito de filtro. Funcionando de manera correcta.

3.3.1. PRUEBA DE LA FUENTE CON CARGA

Se realizaron las conexiones de la tarjeta electrónica, se le conecto una carga variable de 250Ω en las borneras del voltaje de salida.

Con la carga al máximo (250Ω), a circuito cerrado el voltaje de salida se mantenía, disminuyendo la carga, el voltaje se demora estabilizarse. Otro problema que surgió fue el voltaje estando cerca de los valores de conmutación ($10V - 20V$). Los relés, con el voltaje de salida cerca de a estos voltaje de conmutación, los relés conmutaba en todo momento, a no ser que el voltaje de salida se aleje de estos

voltajes. Conectando la salida de voltaje con el osciloscopio nos mostraba esta gráfica.

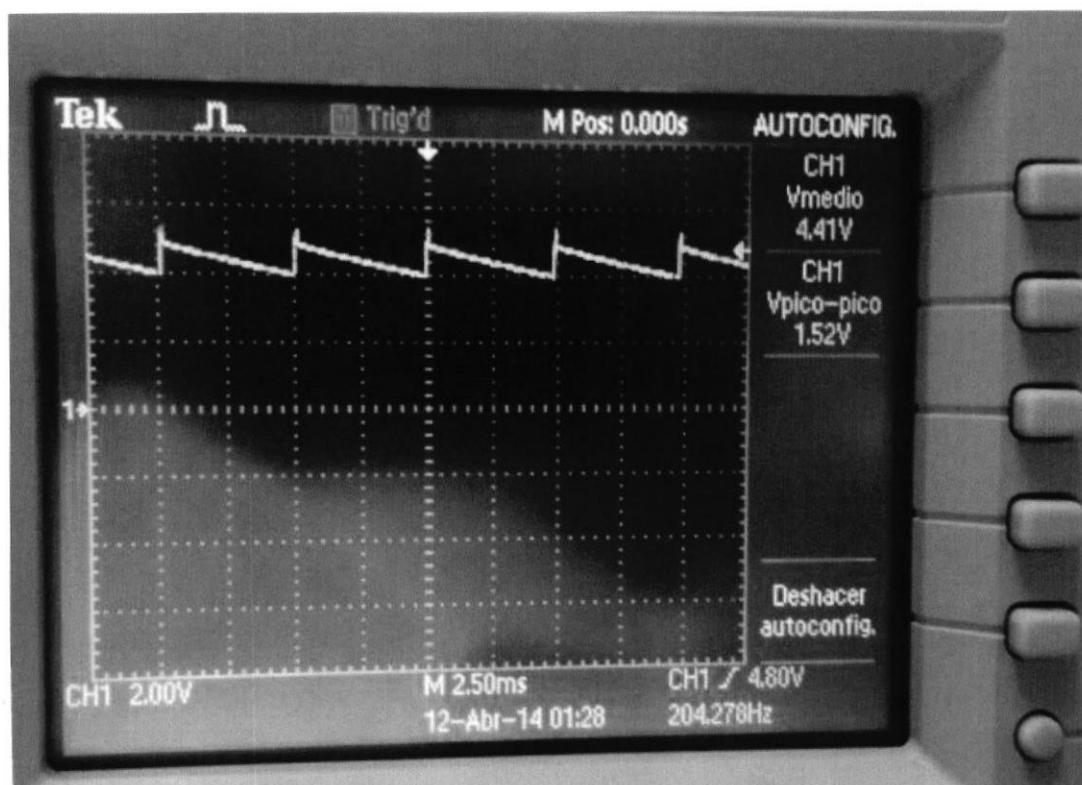


Figura 3.5. Onda del voltaje de salida inestable.

Estos problemas se solucionaron colocando un condensador a la salida del circuito de potencia, la capacidad del condensador esta entre 470μ y 1000μ , con cualquiera de estos el problema se soluciona.

Pero todavía persistía un problema en el voltaje de salida cuando la carga disminuía y el voltaje de salida tenía una caída aproximadamente $0,7V$. Este problema era causado por los cables con lagartos, que conectaban desde la tarjeta hasta las borneras del voltaje de salida, incluidas los voltajes de realimentación. Estos producían una pequeña caída de voltaje con lo que alteraba el funcionamiento de la fuente, por esa razón reemplazamos estos cables. El voltaje de salida ahora tenía una caída aproximadamente hasta $0,3V$

3.4. LIMITADOR DE CORRIENTE

Era el turno de probar la limitación de corriente, para esto continuamos con la carga variable conectada y disminuíamos la carga para comprobar cuál era el límite de corriente. El límite de corriente de esta fuente era más de 5A, no probamos cuanto era el máximo que podría llegar por lo que el límite de corriente que se necesita es de 3A a 4A.

En el ajuste del limitador de corriente, ajustamos el valor de la carga, de tal manera que la limitación de corriente este entre 3A Y 4A, medimos el voltaje en el cursor del potenciómetro de corriente que medía 0,58V. Entonces se hizo el cálculo para que cuando el potenciómetro este al máximo tenga un voltaje de 0,58V. Con todos los cálculos realizados el arreglo de resistencias queda de la siguiente manera.

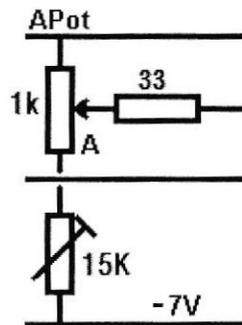


Figura 3.6. Arreglo de resistencia para el limitador de corriente.

Como era de esperarse el límite de corriente real no iba ser el límite de corriente calculado. Para las dos tarjetas electrónicas tenemos límites de corriente diferente. Para la tarjeta electrónica con borneras verdes, el límite de corriente es de 4.5 A. y para la tarjeta electrónica con borneras de color azul, el límite de corriente es de 4 A.

3.5. DISEÑO FINAL DEL CIRCUITO

Luego de realizar pruebas al diseño original del circuito de fuente de alimentación, se realizaron muchos cambios, quedando de esta forma el diseño del circuito modificado.

4. MONTAJE DE LA FUENTE

Como esta era un trabajo de rediseñar las tarjetas de los circuitos de la fuente, ya teníamos una estructura de la fuente de poder.

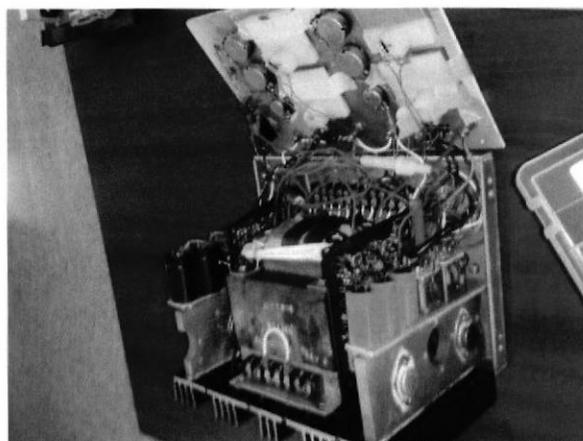


Figura 4.1. Estructura de la fuente de poder.

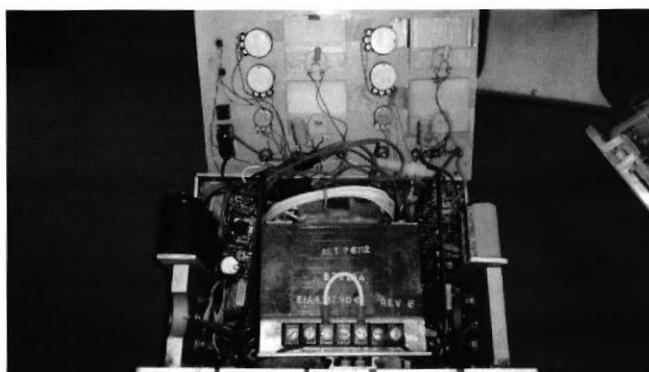


Figura 4.2. Vista de la fuente de poder antes del proyecto.

Por lo que se tenía que reemplazar algunos componentes. Comenzamos con los transistores que están de intermediario entre el circuito de potencia y el circuito de control.

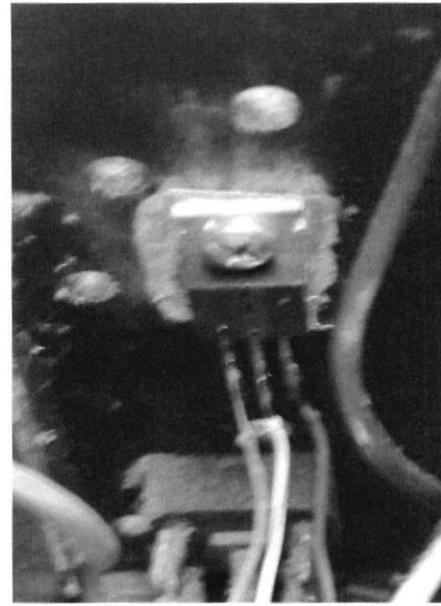
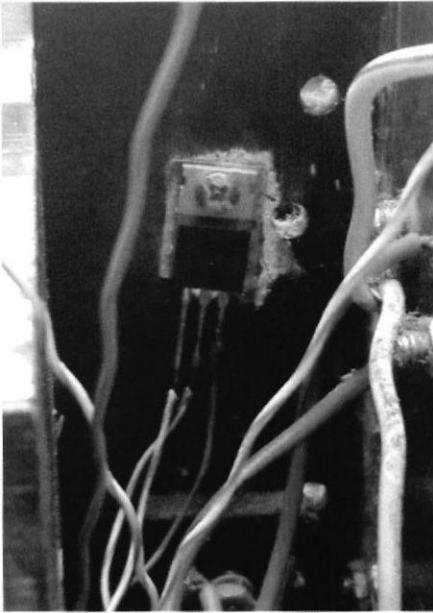


Figura 4.3. Instalación de los transistores KSA940.

Para la colocación de estos transistores teníamos que tener cuidado que no haga contacto con el chasis, es por este motivo que entre el encapsulado y el chasis hay un plástico aislante, de la misma manera el tornillo es rodeado del mismo plástico aislante. Y para asegurarnos se midió continuidad.

Se montó el circuito de filtro que son dos capacitores de 3300μ y una resistencia de $2K\Omega$ a $5W$, todo conectado en paralelo. Ya soldado se los montó en una base, se los pegó con silicona.



Figura 4.4. Montaje del filtro.

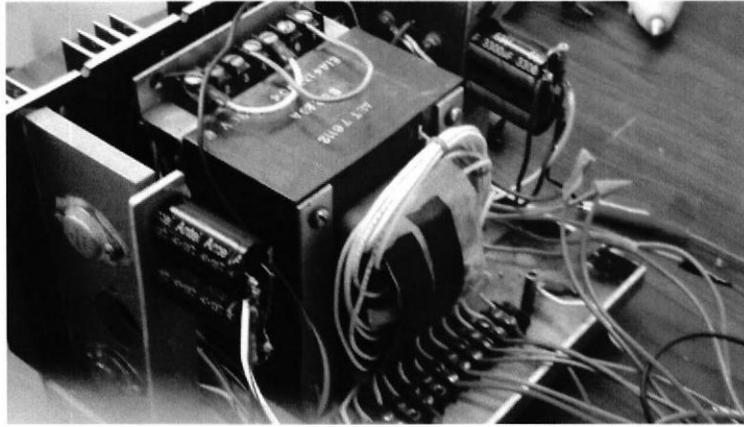


Figura 4.5. Los filtros ubicados en sus bases.

Cabe señalar que se siguió utilizando los puentes rectificadores y transistores de potencia (2N3055).

En los puentes rectificadores los cables naranja son la entrada AC y los cables azules son la salida DC.

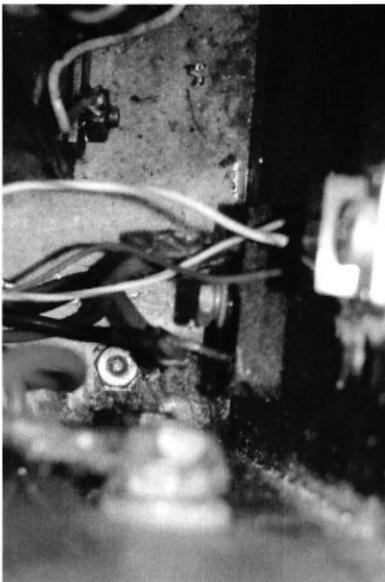


Figura 4.6. Los puentes rectificadores.





Figura 4.7. Transistores 2N3055.

4.1. EL TRANSFORMADOR



Figura 4.8. Transformador de la fuente.

El transformador es muy sustancial. Tanto las bobinas primarias como secundarios se pueden conectar en serie o en paralelo para conseguir diversas combinaciones de voltajes y corrientes de salida.

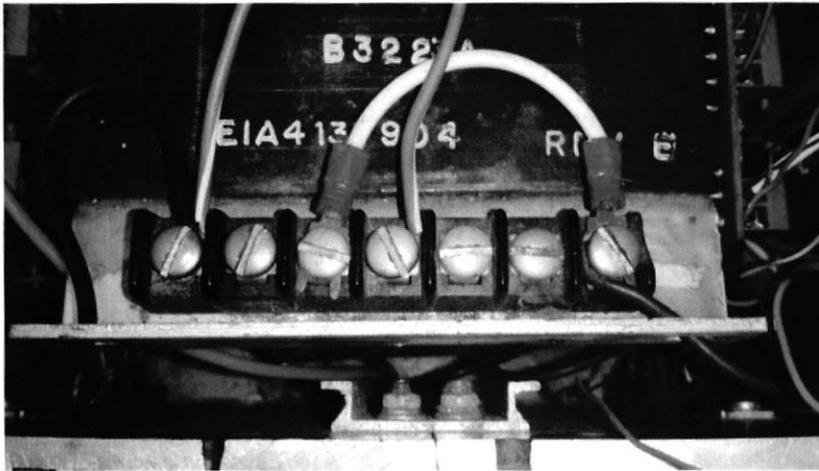


Figura 4.9. Configuración del primario del transformador.

En la figura 4.9 podemos observar la configuración para el primario, dando estos voltajes de salida.

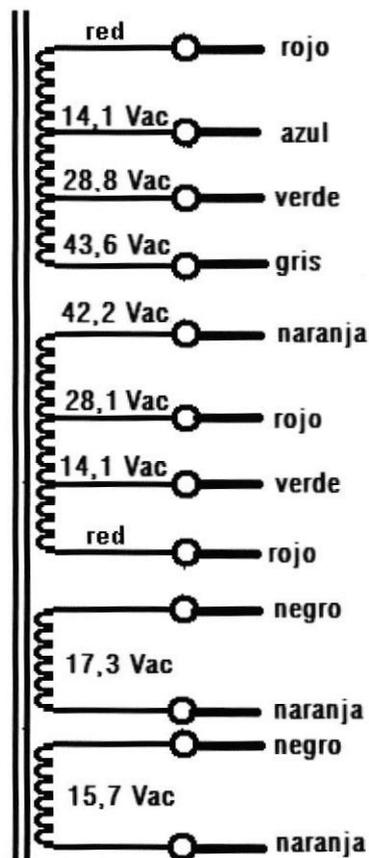


Figura 4.10. Voltajes de salidas del transformador.

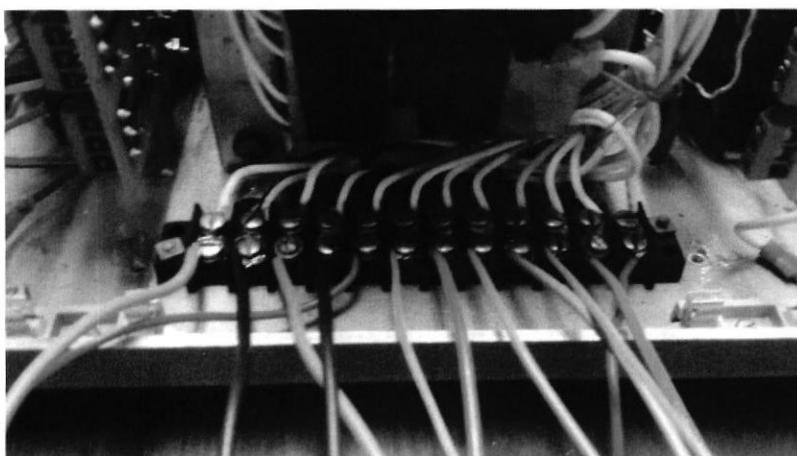


Figura 4.11. Conexiones de las salidas del transformador.

4.2. INSTALACION DE POTENCIOMETROS E INTERRUPTOR

En la parte delantera, ya ubicados los indicadores de voltaje, indicadores de corriente, borneras, interruptor. Faltaba ubicar los potenciómetros que van conectada a la tarjeta electrónica.



Figura 4.12. Ubicación de los potenciómetros.

Los potenciómetros irían ubicados, de arriba para abajo, el potenciómetro de ajuste grueso de $10k\Omega$, el potenciómetro de ajuste fino de $1k\Omega$ y por último el potenciómetro para la limitación de corriente de $1k\Omega$

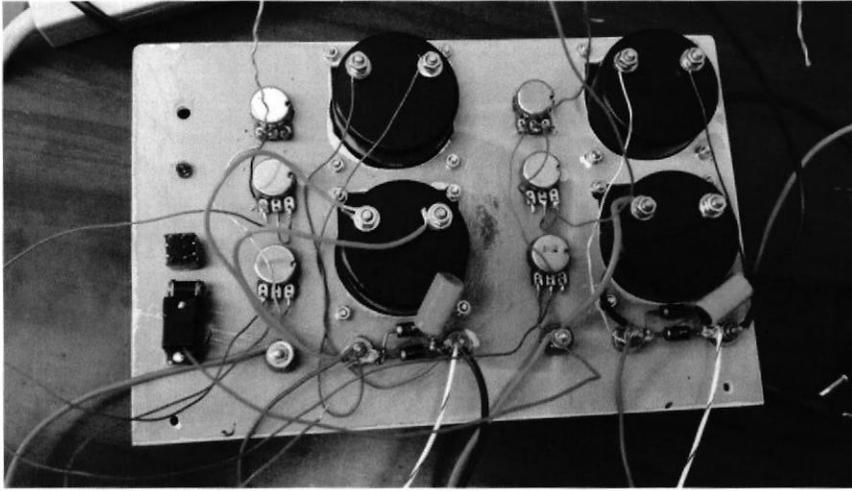


Figura 4.13. Conexiones de cables en las borneras y potenciómetros.

De la misma manera se realizaron las conexiones de los cables que van a las tarjetas electrónicas, desde las borneras de salida, conjuntamente con el filtro.

Por último se conectó el interruptor, ubicado entre el voltaje de línea y la entrada del transformador.

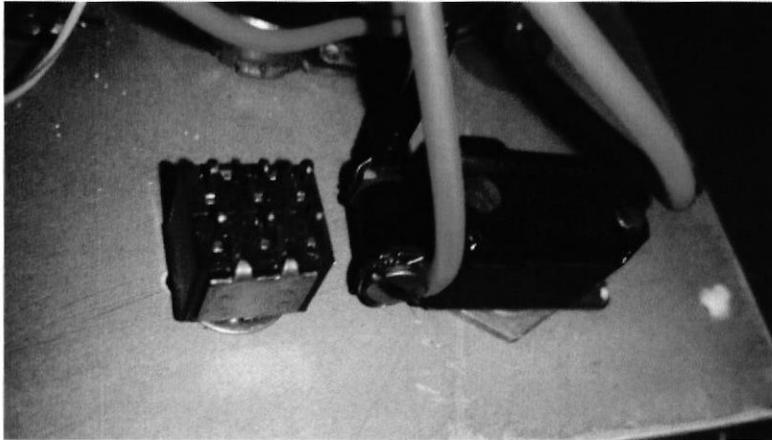


Figura 4.14. Conexión del interruptor.



Quedando lista la parte delantera para conectarla con la parte posterior de la fuente.

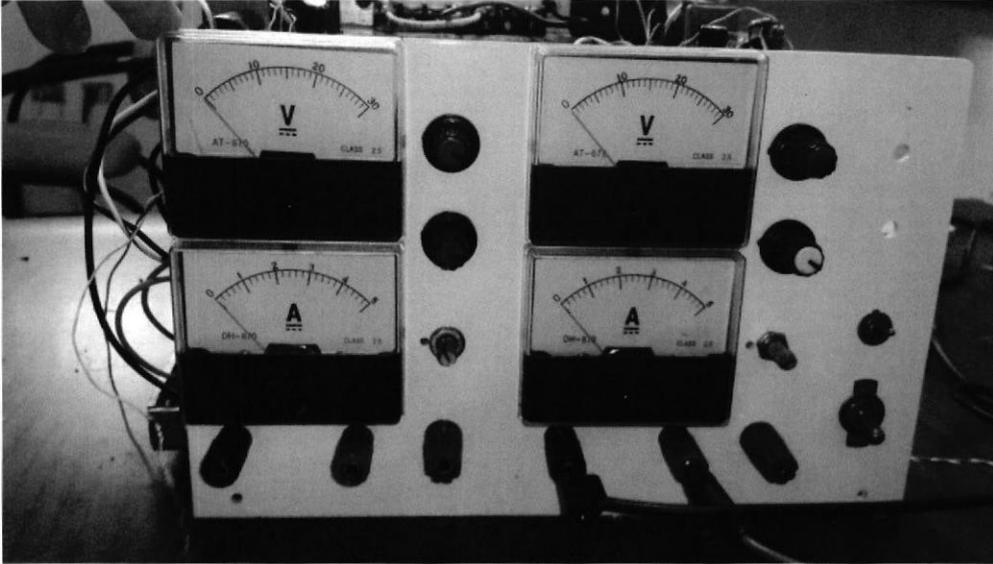


Figura 4.15. Vista delantera de la fuente de alimentación.

4.3. INSTALACIÓN DEL PORTA FUSIBLE

El fusible iba conectado en la entrada del puente rectificador del circuito potencia. El fusible utilizado es de 10 A.

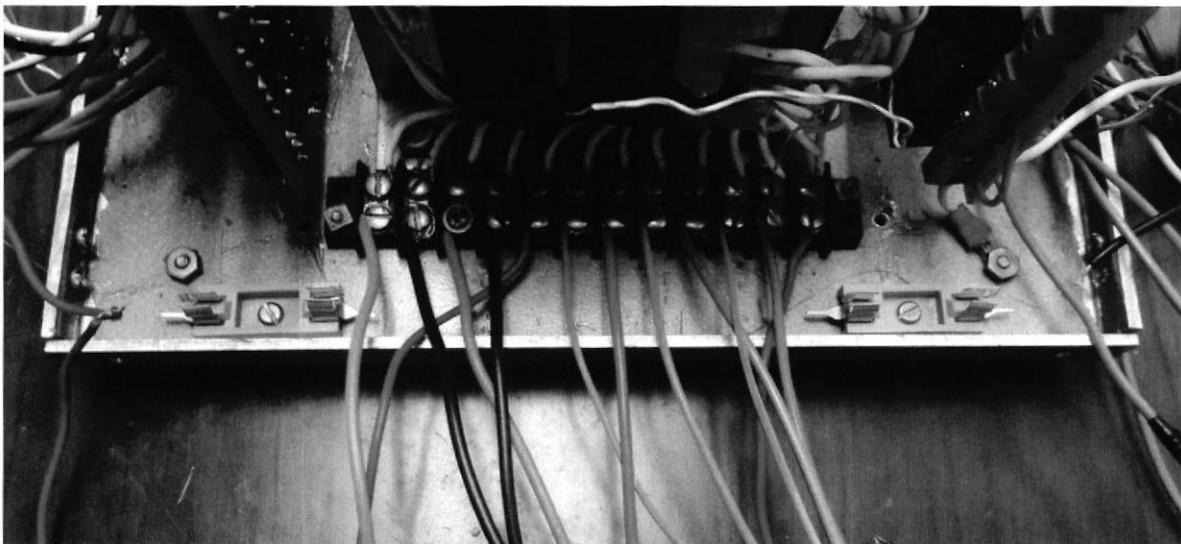


Figura 4.16. Instalación de los portafusibles.



Se realizó la conexión del cable de tierra al chasis, es muy importante esta conexión a tierra para cualquier falla eléctrica.



Figura 4.17. Cable de tierra conectado al chasis.

4.4. UBICACIÓN DE LAS TARJETAS

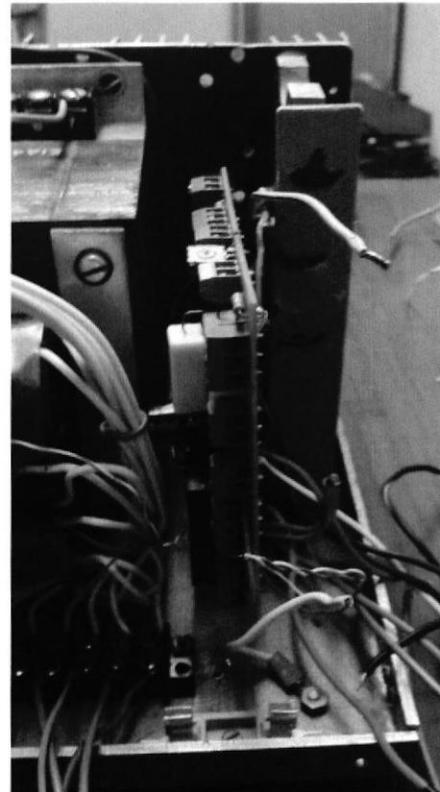
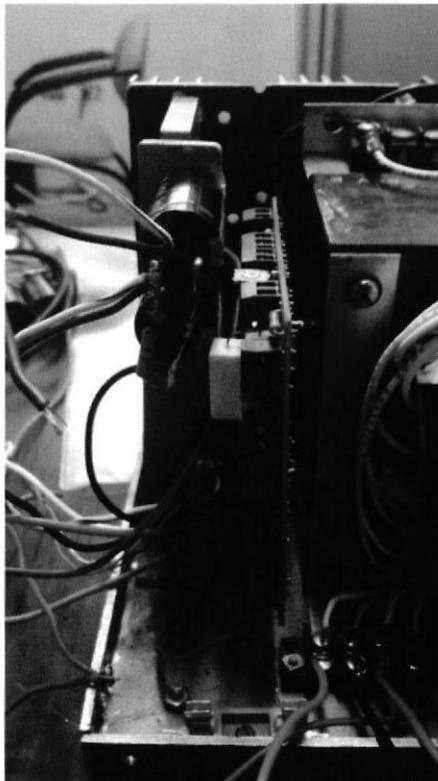


Figura 4.18. Ubicación de las tarjetas electrónicas.



Para las tarjetas electrónicas anteriores tenían unas bases que no son las indicadas para las tarjetas electrónicas actuales, ya que no se encontraba la forma de perforar la tarjeta electrónica, sin dañar alguna pista, para seguir utilizando las mismas bases.

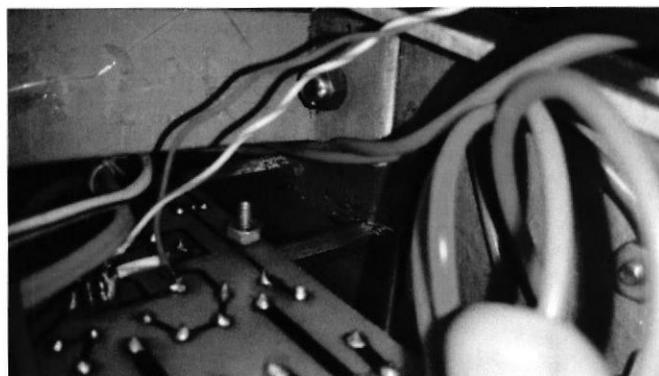


Figura 4.19. Bases de las tarjetas electrónicas.

4.5. PRUEBA FINAL

En estas pruebas son muy importantes para comprobar el rendimiento de la fuente de poder.

4.5.1. REGULACIÓN DE CARGA

Esta prueba ya hecha anteriormente, fue de mucha utilidad pero no tan fiable por los problemas presentados por unos cables. En esta prueba es definitiva, ya que estaba todo cableado correctamente y era en la manera que iría a funcionar

Se realizó una tabla de valores tomando en cuenta si existe alguna variación del voltaje de salida al aumentar la corriente. El voltaje de salida se lo ajusto a 30V a circuito abierto, es decir sin la carga conectada, luego se conectó la carga y el voltaje de salida seguía siendo 30V.

En esta tabla se refleja los valores de la tarjeta electrónica de borneras verde.

Tabla 3.1. Resultados de las pruebas de regulación de carga 1.

V_o	I_o
30 V	0 A
30 V	1 A
30 V	2 A
30 V	3 A
29,9 V	4 A

En esta tabla se refleja los valores de la tarjeta electrónica de borneras azules.

Tabla 3.2. Resultados de las Prueba de regulación de carga 2.

V_o	I_o
30 V	0 A
30 V	1 A
30 V	2 A
30 V	3 A
29,78 V	4 A

4.5.2. REGULACIÓN DE LÍNEA

Para esta prueba se conectó una fuente de alimentación en la la entrada del circuito del filtro, y desconectando el puente rectificador mediante el fusible. Este sería nuestro voltaje no regulado (V_{nr}).

Probamos con 15 V en la salida de voltaje regulado a 1 A, y el voltaje no regulado a 25V. A este voltaje no regulado se lo modifíco con ± 5 V, para observar que sucedía con el voltaje de salida regulado. En esta tabla está el resultado de nuestra prueba.

Tabla 3.3. Prueba de regulación de línea.

V_o	V_{nr}
15 V	15 V
15 V	25 V
15 V	30 V



CONCLUSIÓN

- En este proyecto se adquirieron y se consolidaron los conocimientos en cuanto a las fuentes de alimentación lineal y todo lo esto conlleva. Cumpliendo con los objetivos trazados al inicio de este proyecto.
- Se estudió y analizo el circuito de la fuente de alimentación obtenido mediante la página web de kakopa.com. El diseño se adaptó a la estructura de la fuente por sus similitudes, por ejemplo los transistores de potencia, el transformador con sus diferentes salidas de voltajes. No se presentaron muchos problemas para el funcionamiento. La modificación del voltaje para el circuito de control y del comparador no afectó mucho en el diseño, solo se conectó la salida del diodo zener del integrado a tierra y se modificó el divisor de tensión.
- En lo personal puedo acotar sobre la importancia de analizar el funcionamiento de cualquier circuito nos ayuda a desarrollar y ampliar nuestros conocimientos. De la misma manera analizar y escoger la alternativa más eficiente cuando nos encontramos con algún problema, o no contamos con algún componente o herramienta que se utilice en cualquier proyecto.
- En la estructura de la fuente de alimentación, quedaron ubicadas las tarjetas electrónicas y hechas las conexiones de los cables respectivamente. Cabe indicar que se cambiaron algunos cables (cable No.16), específicamente para las salidas del transformador, manteniendo los cables del puente rectificador, transistores 2N3055 Y del circuito de filtro, sin presentar problemas los cables sobrepuestos.
- En este proyecto se presentaron problemas en el voltaje de salida regulable. Y siendo la retroalimentación de mayor incidencia. En este caso la retroalimentación no se debía unir en la tarjeta electrónica, sino que era en las borneras de la salida del voltaje regulado donde se unían.
- La fuente quedo completamente operativo, quedo demostrado realizando las pruebas de regulación de carga y las pruebas de regulación de línea. Saber que sucede con la salida de voltaje regulado cuando está sometido a

una carga que demanda mucha corriente. O saber su reacción cuando se altera el voltaje que alimenta el circuito regulador. Los resultados de estas pruebas fueron reflejadas en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3. Donde podemos acotar que en la regulación de carga, a partir que de la corriente demandada sea la máxima, es decir de 4 A, tiene una caída de voltaje aproximadamente de 0.16V, promediando los resultados de las pruebas de las 2 tarjetas. Para la prueba de la regulación de línea, donde se varió el voltaje no regulado, dando como resultado que el voltaje regulado no se viera afectado por dicha variación en la entrada. Con estas pruebas se pudo comprobar la fiabilidad del funcionamiento de la fuente de alimentación.

- Con todas las modificaciones realizadas en el diseño original, las especificaciones principales de las fuentes son:

Regulación de voltaje: 0 - 30V.

Corriente máxima: 4A.



BIBLIOGRAFÍA

1. Curso Fácil de electrónica básica., CEKIT .S.A., Tomo 1: Teoría.
2. Introducción
<http://html.rincondelvago.com/fuente-de-tension-regulada.html>
<http://www.monografias.com/trabajos71/fuente-regulable-voltaje/fuente-regulable-voltaje.shtml>
3. Diseño de circuito de fuente de poder regulable
<http://kakopa.com/APR3005/index.html>
4. Función del LM723
<http://trabajosssh.galeon.com/indexreg.htm>
<http://www.digikey.com.mx/product-highlights/mx/es/texas-instruments-lm723-regulators/1633>
5. Función del LM358
http://www.ecured.cu/index.php/Circuito_integrado_LM358
6. DISEÑO DE LAS PISTAS DEL CIRCUITO
<http://electronica.webcindario.com/programs/expresspcb.htm>

