

## INTRODUCCIÓN.

Existen muchas aplicaciones en electrónica donde está disponible una fuente de alimentación primaria de DC fija para el manejo de una carga. Cuando esta tiene que ser manejada, se requieren de tensión y corrientes variables, entonces surge la necesidad de los convertidores DC/DC denominados troceadores o chopper. Estos convertidores se caracterizan por realizar un proceso, mediante el cual se transforma energía de un nivel de tensión continua fija, en tensión continua variable.

La evolución de los interruptores de estado sólido para el manejo de cargas de mediana y alta potencia, permiten obtener características como: rapidez, bajo consumo de energía, confiabilidad, frecuencia de operación elevada y bajas pérdidas de conmutación.

El drive troceador DC/DC es el tema de estudio del presente proyecto, el cual involucra diferentes etapas de funcionamiento que serán tratados en tres capítulos.

En el capítulo I, se describe generalidades de los principales semiconductores de potencia, se realiza un breve análisis de los tipos de convertidores DC/DC así como sus modos de control, se presenta un resumen de un motor DC y finalmente se realiza una descripción de las etapas de una adquisición de datos.

En el capítulo II se incluye una descripción minuciosa de las especificaciones del módulo didáctico, análisis, diseño de hardware y software, así como las características de funcionamiento del proyecto implementado.

Finalmente en el capítulo III se discuten la descripción física del sistema, resultados experimentales, incluyendo un análisis técnico-económico del

proyecto, conclusiones, recomendaciones, datasheet de los elementos empleados para el drive y guías de prácticas para laboratorio.

# **CAPÍTULO I.**

## **FUNDAMENTOS.**

### **1. Descripción del problema.**

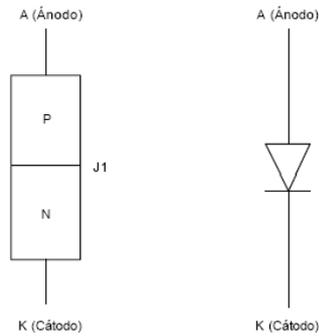
En el laboratorio de Control Eléctrico y PLC's se realizó un análisis de reconocimiento de los módulos didácticos, observando que no dispone de un módulo troceador DC/DC para el control de un motor DC en 4 cuadrantes. La inexistencia de este módulo didáctico no permite conocer en forma práctica el funcionamiento de un troceador de 4 cuadrantes, apreciar el comportamiento de las señales de voltaje y corriente de armadura por la no existencia de una tarjeta de adquisición de datos, controlar la velocidad de giro de un motor DC, realizar un frenado regenerativo controlado en cada sentido de giro de un motor DC, determinar las ventajas al utilizar los IGBT como elemento de conmutación, finalmente no ayuda a ratificar la teoría de un troceador DC/DC con la práctica.

### **1. 2. Elementos semiconductores de potencia.**

#### **1.2.1. Dispositivos no controlables.**

##### **1.2.1.1. Diodos de potencia.**

Un diodo de potencia conduce cuando el voltaje de su ánodo es más alto que el de su cátodo (polarización directa), siendo la caída de voltaje directa de un diodo ( $V_{fM}$ ) de potencia muy baja, típicamente entre 0.5 y 1.2 V. Si el voltaje de cátodo es más alto que el voltaje de ánodo (polarización inversa), se dice que el diodo está en modo de bloqueo.



**Fig. 1.1.** Diagrama de estructura y símbolo de un diodo.

Los diodos de potencia que pueden encontrarse en el mercado son principalmente de tres tipos: de uso general, de alta velocidad, los Schottky.

Los diodos de uso general están disponibles para bloquear tensiones de hasta 3000 V y permitir la circulación de corrientes de hasta 3500 A con tiempos de recuperación inversa superiores a los 20  $\mu$ s.

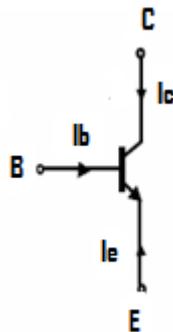
Los diodos de recuperación rápida cuentan con unos niveles de tensión y corriente algo inferiores con tiempos de recuperación inversa que varía entre 100 y 5000 ns.

Los diodos Schottky están constituidos por una unión metal-semiconductor en lugar de la unión convencional semiconductor-semiconductor y cuentan con tensiones umbrales mucho menores que los diodos de uso general y los de recuperación rápida. Su velocidad de conmutación es equiparable a la de los diodos de recuperación rápida. Tanto los diodos de recuperación rápida como los diodos Schottky son esenciales para la interrupción de los convertidores de potencia a altas frecuencias<sup>1</sup>.

### 1.2.2 Dispositivos controlables.

Se denominan dispositivos controlables o de conmutación propia aquéllos que permiten su activación y desactivación a través de su entrada de control. Dentro de esta categoría se agrupan:

#### 1.2.2.1 Transistor bipolar de potencia o BJT.

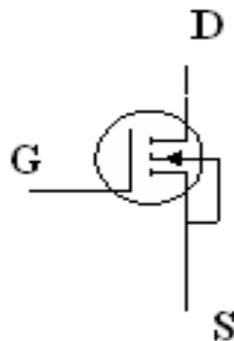


**Fig. 1.2.** Símbolo del BJT

Es un dispositivo de tres terminales, se controla mediante la introducción de forma permanente de una cierta corriente a través de su base. Esta corriente resulta ser proporcional a la corriente que circula por el colector y a la ganancia del transistor que no suele ser demasiado elevada. Esto obliga a que las potencias de los circuitos de control de la base tengan que ser relativamente elevadas para garantizar los disparos.

Los transistores bipolares de potencia admiten frecuencias de conmutación superiores a las del tiristor, pudiendo llegar a conmutar sin ningún problema incluso con frecuencias de 10 ó 20 kHz.

### 1.2.2.2 Transistor MOSFET.

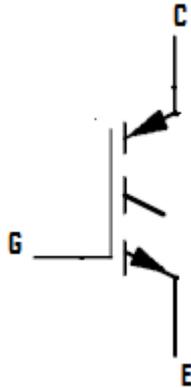


**Fig. 1.3** Símbolo del Mosfet.

Un MOSFET de potencia es un dispositivo controlado por tensión, que requiere una pequeña corriente de entrada para activarse. La velocidad de conmutación es muy elevada, reduciéndose los tiempos de conmutación al orden de los nanosegundos.

Posee ventajas como: Alta impedancia de entrada que permite el control con poca potencia, gran velocidad de conmutación, buena estabilidad térmica <sup>2</sup>

### 1.2.2.3 Transistores Bipolares de Compuerta Aislada IGBT



**Fig. 1.4.** Símbolo del IGBT.

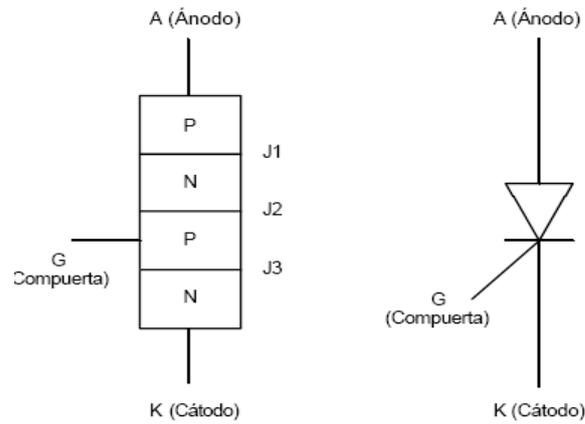
El IGBT es un dispositivo de potencia que puede ser modelado por dos componentes discretos fundamentales: un MOSFET de canal N en la entrada y un transistor PNP en la salida.

Tiene menores pérdidas de conmutación y de conducción, puede manejar corrientes hasta 400 A, 1200 V y una frecuencia de conmutación hasta 20 KHz, tiempos de conmutación alrededor de  $1\mu s$  <sup>3</sup>.

### 1.2.3 Dispositivos semicontrolables.

Se denominan dispositivos semicontrolables aquéllos que aceptan señales de control para pasar del estado de bloqueo al estado de conducción, pero en los que el paso inverso está determinado bien por la red de alimentación, o bien por la carga. Dentro de esta categoría se agrupan:

#### 1.2.3.1 Tiristor SCR.



**Fig. 1.5.** Diagrama de estructura básica y símbolo de un SCR.

---



---



---



---



---



---



---

<sup>2</sup> CHILET SEGUI SALVADOR, SALES FRANCISCO, DIAZ CARLOS “Electrónica de Potencia Fundamentos Básicos” , 1ra Edición, 2004 , Pág. 146 ,Pag150.

<sup>3</sup> MOHAN / UNDELAND / ROBBINS “Power electronics ” , 2 da Edition, 1995, pag 27

Tiene tres terminales un ánodo un cátodo y una compuerta .Ver Fig. 1.5. Cuando una pequeña corriente pasa a través de la terminal de la corriente a través del cátodo, el tiristor conduce, siempre y cuando el terminal del ánodo este a un potencial mas alto que el cátodo. Una vez que el tiristor este en modo de conducción, el circuito de la compuerta no tiene ningún control y el tiristor continua conduciendo, la caída de potencial en conducción directa es

pequeña de 0,5 a 2V, manejan voltajes hasta 6000v, y corrientes de 3500 amperios, el tiempo de conmutación es de 10 a 20 us.

### **1.3. Troceadores DC/DC.**

El circuito troceador convierte una tensión continua fija en un voltaje que se puede variar desde 0 hasta el valor de voltaje de la fuente, se emplea cuando el suministro es una batería, un conversor AC/DC no controlado, un rectificador conectado a un voltaje alterno y cuya salida debe ser una tensión continua. Los Troceadores se los conoce también con el nombre de Chopper, conversor DC/DC, o regulador de conmutación.

El circuito troceador implica que la tensión continua será conectada y desconectada por un interruptor de estado sólido, de tal forma que dicha tensión pase hacia la carga intermitentemente a una determinada frecuencia.

Su campo de aplicación esta en cargadores de baterías, control de motores de tracción de automóviles eléctricos, tranvías eléctricos, montacargas, elevadores, control de motores de DC.<sup>4</sup>

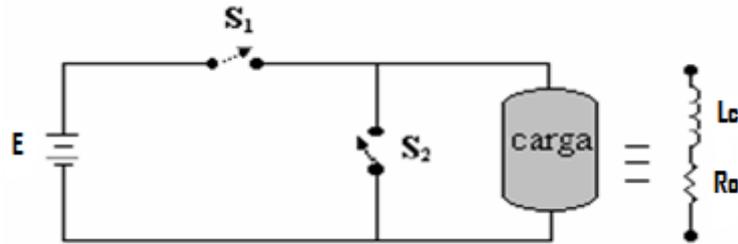
---

<sup>4</sup> **MUHAMMAD. H. RASHI** "Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones "2da Edición 1995. Pág. 303.

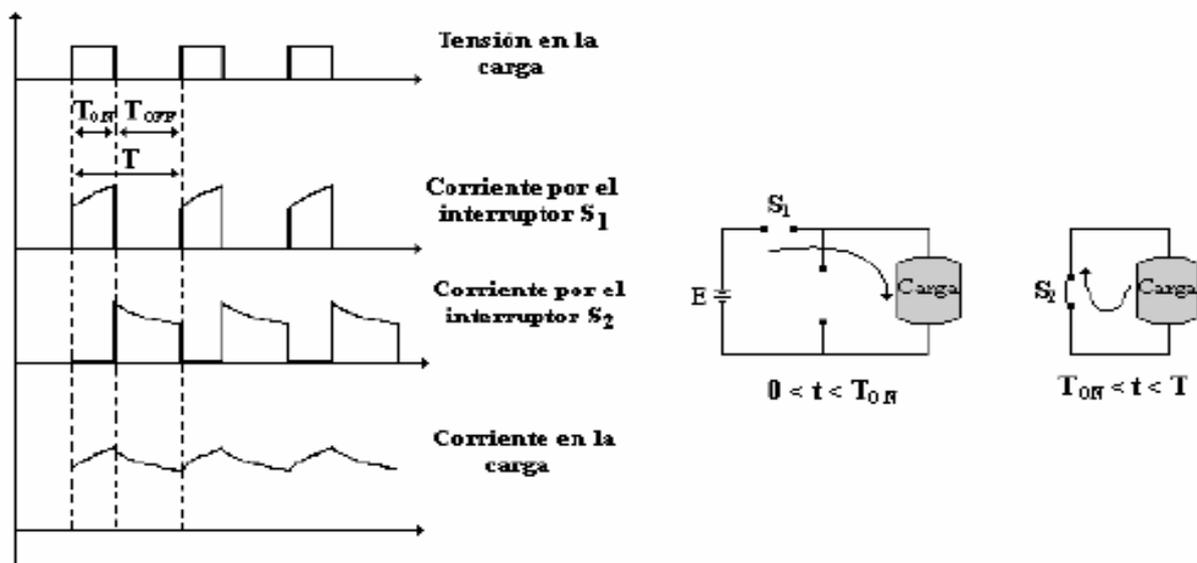
#### **1.3.1. Topología general de un conversor DC/DC (carga inductiva).**

Para variar el valor medio de la tensión en una carga que presente cierto carácter inductivo. El funcionamiento de ambos interruptores ha de ser complementario, cuando uno se encuentre cerrado el otro permanecerá

abierto, y viceversa. De esta forma se le encontrará un camino alternativo a la energía almacenada en la inductancia asociada a la carga ( $L_C$ ), durante el intervalo de conducción del interruptor. Ver Fig. 1.6 y Fig. 1.7.



**Fig. 1.6** Convertidor DC/DC con carga inductiva.



**Fig. 1.7** Formas de onda para un convertidor con carga inductiva.

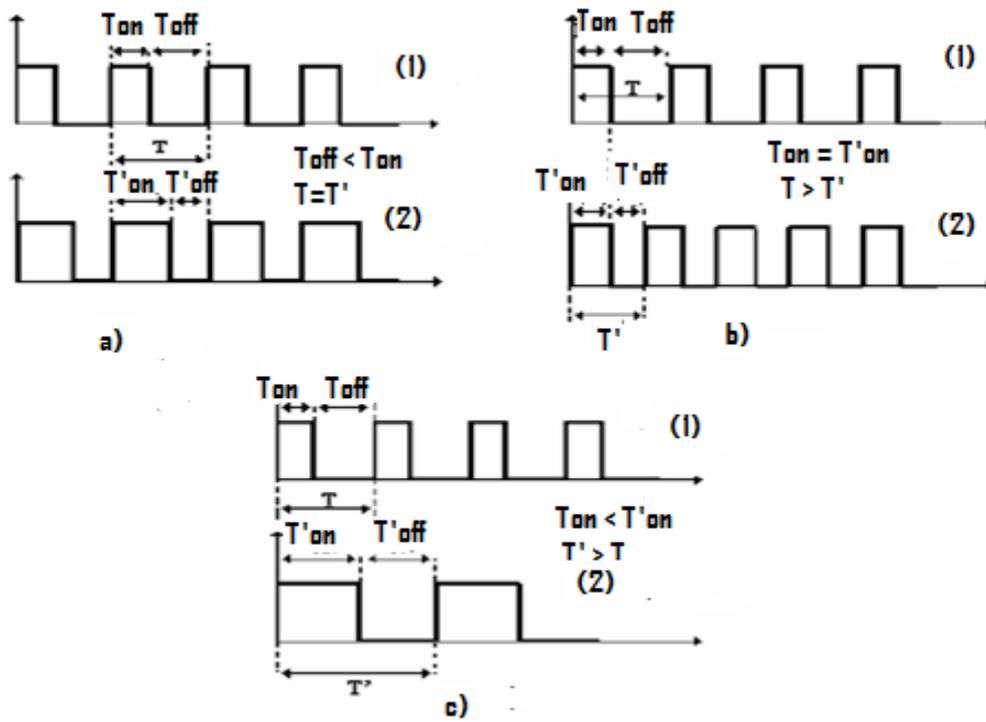
### 1.3.2. Ciclo de trabajo.

La potencia entregada a la carga esta en función de  $\delta$ , cociente entre  $T_{ON}$  y  $T$ , a dicho cociente se le denomina “ciclo de trabajo”. Y se define como la fracción del periodo del convertidor en el cual el interruptor se halla cerrado.

$$\delta = \frac{T_{ON}}{T} \quad [E 1.1]$$

Se deduce de la ecuación la señal que aparece a la salida del convertidor depende únicamente del ciclo de trabajo y del valor de la fuente de alimentación, esta última generalmente se mantendrá constante, disponemos de la variación del ciclo de trabajo como único medio posible de modificar la señal de salida. Se presentan tres formas diferentes de modificar el ciclo de trabajo, y por tanto la tensión de salida. Ver Fig. 1.8(a)

- Variando el tiempo de conducción  $T_{ON}$ , al mismo tiempo que se mantiene  $T$  fijo. Llamado también (PWM) ya que la frecuencia de la señal del convertidor se mantiene constante mientras que no ocurre así con la anchura del pulso que define el tiempo de conducción del convertidor. Ver Fig. 1.8(b)
- Variando  $T$  y conservando  $T_{ON}$  constante, denominado modulación de frecuencia ya que es la frecuencia del convertidor la que varía. El inconveniente más destacado de este método de control se encuentra en la generación indeseada de armónicos a frecuencias impredecibles, por lo que el diseño del consiguiente filtro se revestirá de una complejidad en algunos casos excesiva<sup>5</sup>. Ver Fig.1.8(c)

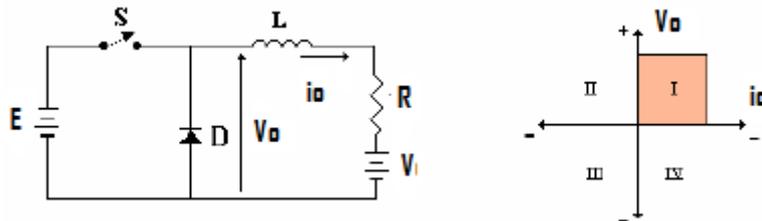


**Fig. 1.8.** Formas de onda a) Modulación de ancho de pulso b) Modulación por frecuencia c) Modulación por ancho de pulso y frecuencia.

### 1.3.3. Tipos de convertidores DC/DC.

#### 1.3.3.1. Convertidor tipo A (I cuadrante ) reductor.

Trabaja como convertidor reductor, presentando una tensión media de salida inferior a la tensión aplicada a la entrada. Su funcionamiento se prescribe al primer cuadrante de los ejes formados por  $V$  e  $I$ , de tal forma que la tensión y la intensidad en la carga siempre adoptarán valores positivos. Ver Fig. 1.9, y presenta los siguientes regímenes.



**Fig. 1.9.** Esquema de un convertidor DC/DC reductor en el I cuadrante.

- **Régimen de corriente continuada (C.C.)**

La intensidad que fluye por la carga fluctúa entre unos valores máximo y mínimo, pero nunca llega a anularse. Se debe a la relación entre el tiempo en el que el interruptor se encuentra cerrado, y el tiempo necesario para que la bobina descargue totalmente la energía almacenada previamente. Ver Fig. 1.10

Para asegurar un régimen continuado, el interruptor  $S$  deberá estar bloqueado un intervalo de tiempo que permita a la intensidad en la carga no hacerse cero. De este modo, al comenzar el siguiente período la intensidad en la carga, que es la misma que circula por la bobina, podrá partir de un valor inicial,  $I_L$  (MIN).

- **Régimen de corriente discontinuada (C.D.).**

La intensidad en la carga se hace nula en un momento determinado a lo largo del  $T_{OFF}$  del convertidor ( $T_{OFF}$  es el período de tiempo en el que el interruptor

está abierto). El tiempo que permanece abierto el interruptor es mayor que el tiempo que puede estar la bobina cediendo energía, con lo que al iniciarse el siguiente período la intensidad en la carga partirá de cero.<sup>6</sup> Ver Fig. 1.10.

<sup>6</sup> MOHAN/UNDERLAND/ROBBINS "Power Electronics Converter, Application, and Design "2da Edition 1995 . Pág. 165, 166, 167,168.

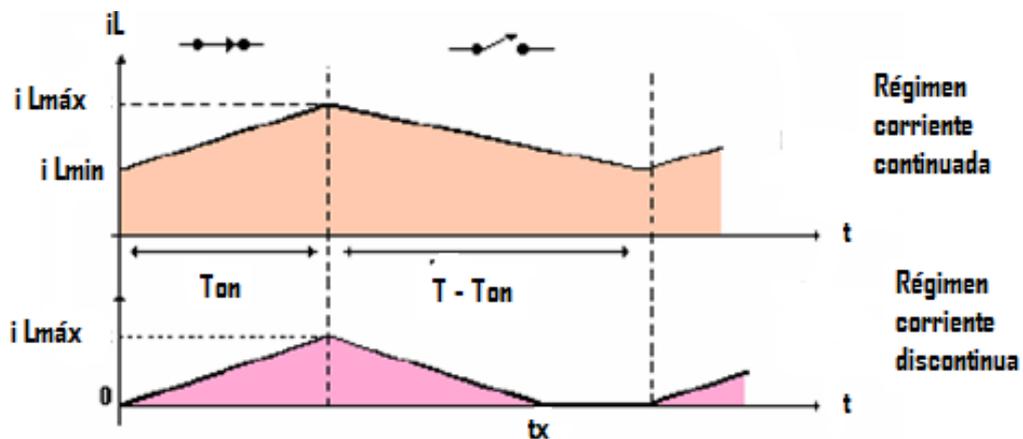


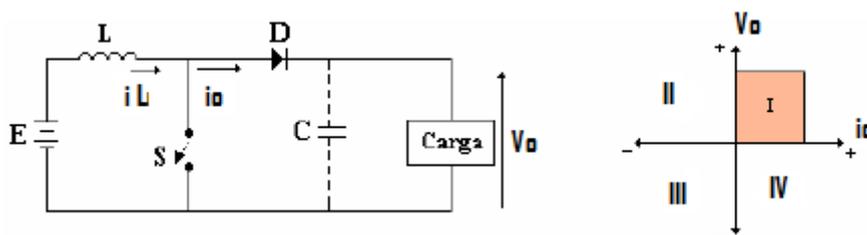
Fig. 1.10. Intensidad para regímenes de corrientes continua y discontinua.

### 1.3.3.2. Convertidor (I cuadrante) elevador.

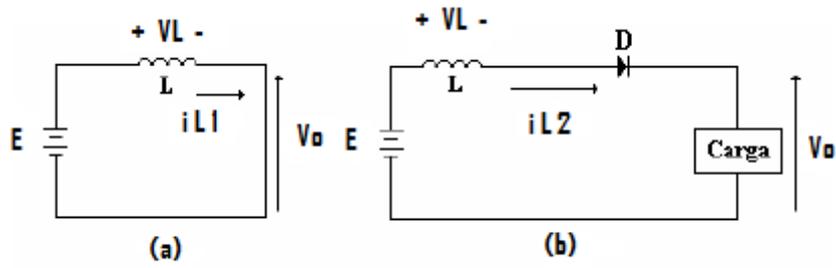
Se utiliza para incrementar una tensión continua de salida ver Fig.1.11. Cuando el interruptor S esté cerrado ( $0 < t < T_{ON}$ ), toda la tensión de la fuente primaria E se aplica sobre la bobina (Fig.1.12.a), lo que provoca que la corriente circulante por la misma aumente, almacenando la inductancia energía durante este intervalo. Si ahora el interruptor se abre ( $T_{ON} < t < T$ ), la tensión que existe en la bobina se suma a la tensión de fuente, obteniéndose una tensión de salida  $V_O$ , siempre superior a esta última y de idéntica polaridad (Fig.1.12.b). Al mismo tiempo, la energía almacenada previamente por la bobina se transfiere a la carga a través del diodo D, obligando a la corriente a disminuir. En la Fig.1.13 se muestran las formas de onda correspondientes a un período del convertidor.<sup>7</sup>

---

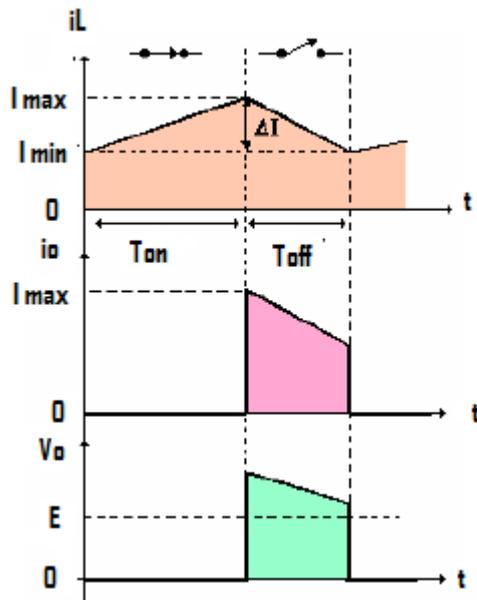
<sup>7</sup> MUHAMMAD. H. RASHI "Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones" 2da Edición 1995. Pág. 312



**Fig. 1.11.** Esquema de un convertidor elevador en el I cuadrante



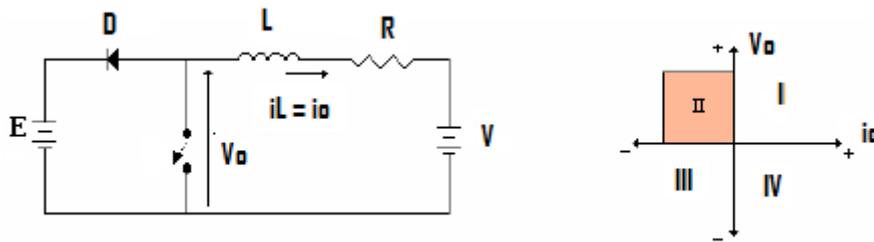
**Fig. 1.12.** Chopper elevador a) Circuito equivalente para  $T_{ON}$  b) Circuito equivalente para  $T_{Off}$ .



**Fig. 1.13.** Formas de onda del chopper elevador.

### 1.3.3.3. Convertidores tipo B. (II cuadrante).

Operan en un único cuadrante. La tensión en la carga sigue siendo positiva, pero la corriente es negativa. Ver Fig. 1.14.



**Fig. 1.14.** Convertidor DC/DC en el II cuadrante.

Cuando el interruptor esté cerrado (figura 1.15.a) la tensión en la carga se hace nula, y el diodo  $D$  queda polarizado en inverso. Por otro lado,  $V$  genera una corriente a través de  $R$  y de la bobina  $L$ , almacenándose energía en la misma durante el intervalo de conducción del interruptor,  $0 < t < T_{ON}$ . Cuando el interruptor se abre (Fig.1.15.b), la intensidad en la bobina  $i_L$ , tiende a disminuir, provocando la aparición de una fuerza electromotriz. Esta f.e.m. inducida en la bobina se suma a  $V$  con lo que el diodo  $D$  queda polarizado en directo, permitiendo el paso de corriente en sentido inverso hacia la fuente  $E$ . En la Fig.1.16. Se observa las formas de onda.<sup>8</sup>

8 MUHAMMAD .H. RASHI "Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones "2da Edición 1995 . Pág. 313.

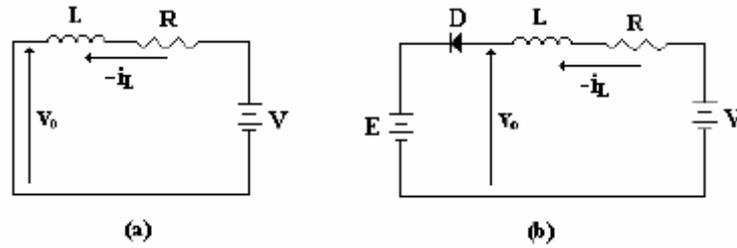


Fig. 1.15. Chopper tipo B a) Circuito equivalente para  $T_{On}$  b) Circuito equivalente para  $T_{Off}$ .

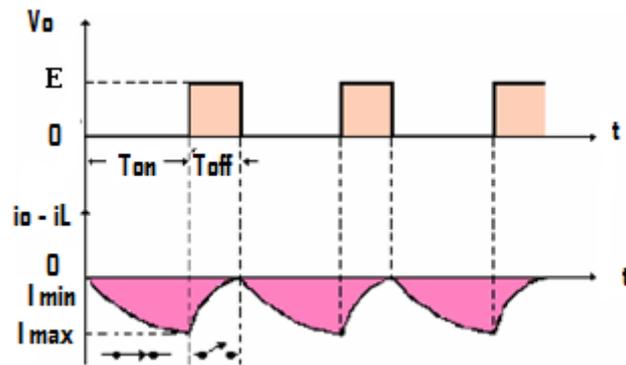


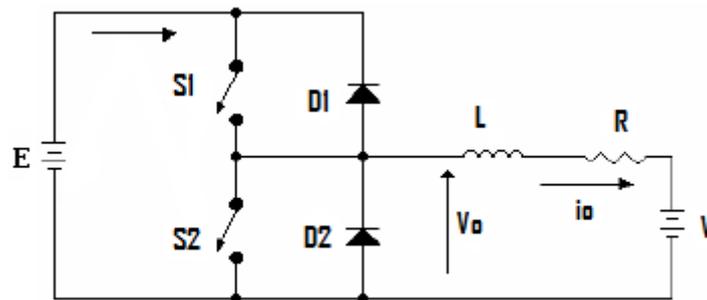
Fig. 1.16. Formas de onda del chopper tipo B.

#### 1.3.3.4. Convertidores tipo C. (I Y II cuadrante).

Cuando el chopper funciona en el primer cuadrante la tensión en la carga y la corriente son ambas positivas, funcionando el motor en tracción. Cuando lo hace en el segundo cuadrante la tensión de carga es positiva y la corriente negativa, produciéndose el frenado regenerativo del motor.<sup>9</sup> Ver Fig. 1.18

---

<sup>9</sup> **MUHAMMAD. H. RASHI** "Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones " 2da Edición 1995 . Pág. 314.



**Fig. 1.17.** Chopper tipo C

El circuito no es más que una combinación de un convertidor reductor (tipo A), y un regenerativo (tipo B). El interruptor  $S1$  y el diodo  $D1$  operan como convertidor reductor, mientras que  $S2$  y  $D2$  lo hacen como regenerativo. Ver Fig.1.17

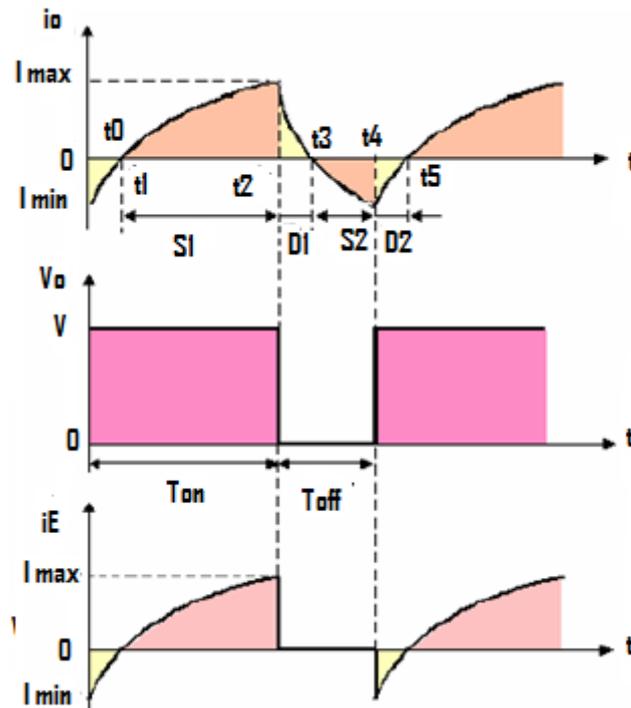
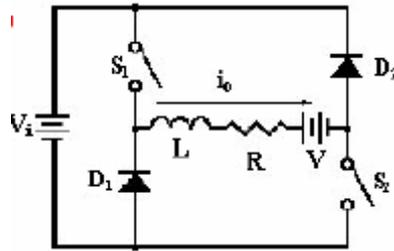


Fig. 1.18. Formas de ondas del chopper tipo C.

### 1.3.3.5. Convertidor tipo D (III – IV cuadrante).

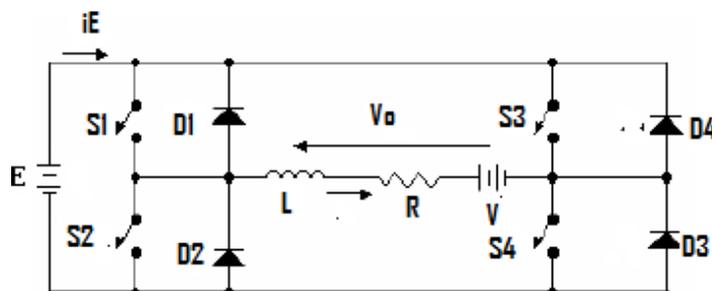
Quando el chopper funciona en el tercer cuadrante la tensión en la carga y la corriente son ambas positivas, funcionando el motor en tracción. Cuando lo hace en el cuarto cuadrante la tensión de carga es positiva y la corriente negativa, produciéndose el frenado regenerativo del motor. En la Fig.1.19 se ilustra el funcionamiento



**Fig. 1.19.** Chopper tipo D

### 1.3.3.6. Convertidores tipo E (IV cuadrante).

Para aplicaciones en que se precise el control de un motor y su frenado regenerativo en los dos sentidos de giro es necesario el empleo de un convertidor de cuatro cuadrantes. La corriente y el voltaje de carga puede ser positivo o negativo .<sup>10</sup> Ver Fig.1.20



**Fig. 1.20.** Chopper tipo E.

---

<sup>10</sup> MUHAMMAD. H. RASHI "Electrónica de Potencia Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones " 2da Edición 1995 . Pág. 315.

Como motor en el primer cuadrante (giro derecha), tanto la tensión de alimentación del motor, como la corriente de armadura y la fuerza contraelectromotriz son todos positivos.

Como motor en el tercer cuadrante (giro izquierda). Tanto la tensión de alimentación del motor, como la corriente de armadura y la fuerza contraelectromotriz son todos negativos. Cabe indicar que en estos dos cuadrantes la carga recibe energía.

Como generador en el segundo y cuarto cuadrante, tiene lugar cuando el motor actúa desarrolla una f.e.m inducida mayor que el voltaje de alimentación VDC. En este modo de funcionamiento, la corriente de armadura es negativa (es decir, saliente) y la energía cinética del motor es devuelta a la alimentación.

La acción del frenado tiene lugar cuando se invierte la polaridad de la tensión de alimentación de la armadura. En este instante, el voltaje de alimentación y la fuerza contraelectromotriz del motor tienen el mismo signo y por tanto, la corriente de armadura se invierte y genera un frenado.

#### **1.4. Circuitos de control para troceadores DC/DC.**

Existen básicamente dos estrategias de control de los interruptores que conducen a dos formas de onda de salida distintas: control bipolar y control unipolar.

##### **1.4.1. Control bipolar.**

Durante el período del convertidor se cierran alternativamente las dos diagonales del puente H, de esta manera, un ciclo de trabajo del 50 % significaría que el motor está parado; ciclos por encima de 0.5 determinan un sentido de giro, mientras que por debajo corresponden al sentido de giro opuesto.

### **1.4.2. Control unipolar.**

Manteniendo una diagonal en el puente H, permanentemente abierta y proporcionando un ciclo de trabajo a los otros dos interruptores (abriéndolos y cerrándolos a la vez).<sup>11</sup>

## **1.5 Estudio de filtros.**

Según su respuesta en frecuencia, los filtros se pueden clasificar básicamente en tres categorías.

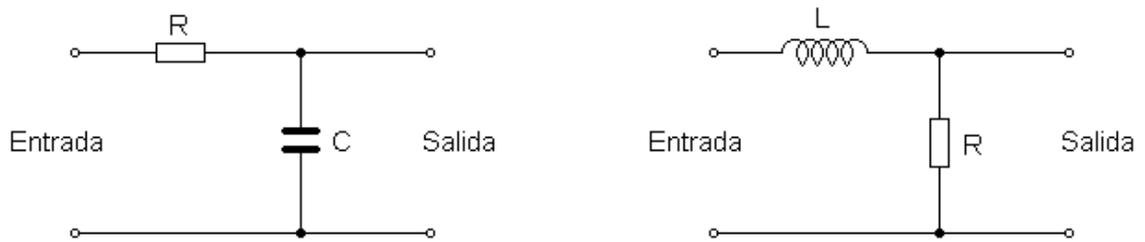
### **1.5.1. Filtro pasa bajo.**

Se presenta dos tipos de configuraciones, en el caso del primero, el condensador presentará una gran oposición al paso de corrientes debidas a frecuencias bajas y como forma un divisor de tensión con la resistencia, aparecerá sobre él casi toda la tensión de entrada. Para frecuencias altas el condensador presentará poca oposición al paso de la corriente en la resistencia quedará aproximadamente la tensión de entrada, apareciendo muy poca tensión en extremos del condensador.

El segundo circuito funcionará de forma muy parecida al primero. Aquí también tenemos un divisor de tensión formado por la bobina y la resistencia. Si la frecuencia de la tensión de entrada es baja la bobina ofrecerá poca oposición y la tensión caerá casi toda ella en la resistencia (o sea, aparecerá en la salida). Si la frecuencia de la señal de entrada es alta la bobina se quedará en sus extremos con casi toda la tensión y no aparecerá casi ninguna en la salida. Ver Fig. 1.21

---

<sup>11</sup> <http://blog.artegijon.com/toni/files/2007/11/tema-9.pdf>



**Fig. 1.21.** Filtro pasabajo.

### 1.5.2. Filtro pasa alto.

Este tipo de filtro atenúa levemente las frecuencias que son mayores que la frecuencia de corte e introducen mucha atenuación a las que son menores que dicha frecuencia. Ver Fig. 1.22

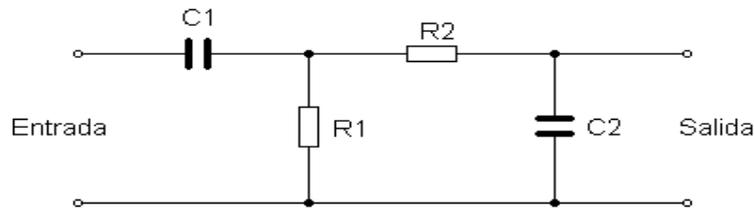


**Fig. 1.22.** Filtro pasa alto.

### 1.5.3. Filtro pasa banda.

En este filtro existen dos frecuencias de corte, una inferior y otra superior. Este filtro sólo atenúa las señales cuya frecuencia sea menor que la frecuencia de corte inferior o aquellas de frecuencia superior a la frecuencia de corte

superior. Por tanto, sólo permiten el paso de un rango o banda de frecuencias sin atenuar<sup>12</sup>. Ver Fig. 1.23



**Fig. 1.23.** Filtro pasa banda.

## 1.6 Motores DC.

Las máquinas de corriente continua transforman la energía mecánica en energía eléctrica (de corriente continua), o viceversa, se las llama generadores o motores respectivamente.

Están formados generalmente por las siguientes partes:

### 1.6.1. Partes de un Motor DC.

#### 1.6.1.1 Inductor o estator (Arrollamiento de excitación).

Es un electroimán formado por un número par de polos. Las bobinas que los arrollan son las encargadas de producir el campo inductor al circular por ellas la corriente de excitación.

#### 1.6.1.2. Inducido o rotor (Arrollamiento de inducido).

Es una pieza giratoria formada por un núcleo magnético alrededor del cual va el devanado de inducido, sobre el que actúa el campo magnético.

#### 1.6.1.3. Escobillas.

Son unas piezas de grafito que se colocan sobre el colector de delgas, permitiendo la unión eléctrica de las delgas con los bornes de conexión del inducido.

Al girar el rotor, las escobillas van rozando con las delgas, conectando la bobina de inducido correspondiente a cada par de delgas con el circuito exterior.

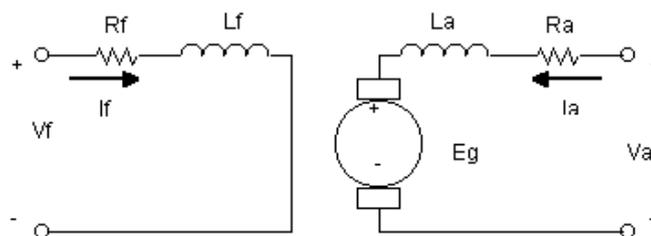
---

<sup>12</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_electr%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_electr%C3%B3nico)

## 1.6.2. Clasificación de los motores DC.

### 1.6.2.1. Motores DC de excitación independiente.

Son aquellos que obtienen la alimentación del rotor y del estator de dos fuentes de tensión independientes. Con ello, el campo del estator es constante al no depender de la carga del motor, y el par de fuerza es entonces prácticamente constante.



**Fig. 1.24.** Diagrama de un motor de excitación.

### Características

- Par de arranque muy elevado.
- Fácil control de velocidad en forma automática.

- Requiere reóstato de arranque.
- Se utiliza en motores pequeños.

#### **1.6.2.2. Motores DC de excitación en derivación.**

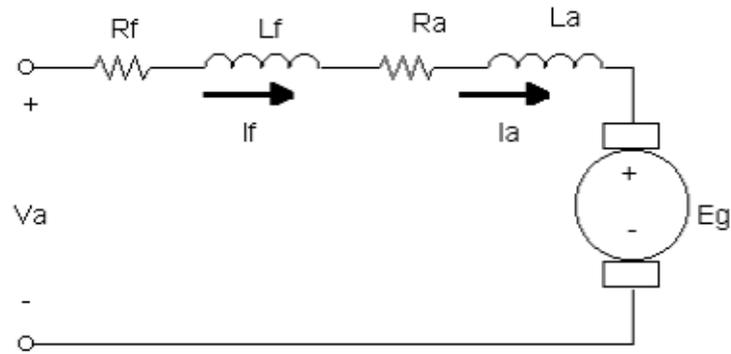
Los devanados inducidos e inductor están conectados en paralelo y alimentados por una fuente común. También se denominan máquinas shunt, y en ellas un aumento de la tensión en el inducido hace aumentar la velocidad de la máquina.

#### **Características.**

- Par de arranque menor que en el motor serie.
- Muy estable.
- Requiere reóstato de arranque en el inducido.
- Utilizado en máquinas herramientas.

#### **1.6.2.3. Motores DC de excitación en serie.**

Los devanados de inducido y el inductor están colocados en serie y alimentados por una misma fuente de tensión. En este tipo de motores existe dependencia entre el par y la velocidad; son motores en los que, al aumentar la corriente de excitación, se hace disminuir la velocidad, con un aumento del par<sup>13</sup>. Ver Fig. 1.25



**Fig. 1.25.** Diagrama de un motor serie.

### **Características.**

- Par de arranque muy elevado.
- Difícil control de velocidad.
- Requiere reóstato de arranque.
- Se utiliza para tracción eléctrica.

### **1.7 Adquisición de datos.**

La Adquisición de Datos, consiste en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en señales eléctricas, de tal manera que se puedan utilizar en una computadora.

Es necesario que la señal física pase por una serie de etapas que le permitan a la computadora ser capaz de interpretar la señal enviada. Una vez que las señales eléctricas se transforman en digitales dentro de una memoria de la computadora, se las puede procesar con un programa de aplicación adecuado al uso que el usuario desea.

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital dentro del ordenador, se puede tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica, de esta manera la PC puede enviar señales hacia dispositivos actuadores.<sup>14</sup>

### **1.7.1. Etapas para la adquisición de datos.** Ver Fig. 1.26

#### **1.7.1.1. Etapa de transductores.**

Para cada etapa del proceso a medir, debe existir un transductor apropiado. Estos dispositivos podemos dividirlos en analógicos o tipo on-off.

- **Transductores analógicos.**

Miden variables de recorrido continuo: temperatura, presión, nivel, posición. Poseen un transductor que convierte el valor de la variable en una señal eléctrica: voltaje o corriente.

---

<sup>13</sup> **BHAG S. GURU, HUSEVIN R. HIZIROGLU** "Máquinas Eléctricas y Transformadores" 2da Edición 1995. Pág. 362, 356,368.

- **Transductores on-off.**

El sensor mide dos estados: abierto-cerrado. Produciendo una señal binaria (dos niveles). En esta categoría están los microswitches, relés, interruptores, detectores.etc.

#### **1.7.1.2. Etapa de transmisión.**

Permite enviar las señales de salida de una etapa hacia otra situada en una localización remota. Para distancias no excesivas es común emplear un bucle de corriente 4-20mA para la transmisión de señales.

### **1.7.1.3. Etapa de acondicionamiento.**

Por lo general las señales eléctricas de campo vienen contaminadas de ruido, armónicos, caída de voltaje o corriente y otros fenómenos que distorsionan la señal. Además la mayoría de las tarjetas de adquisición de datos están diseñadas para recibir señales de corriente en un rango de 4 a 20 mA o señales de voltaje en un rango de -5 a 5 Vcd, por lo tanto es necesario que las señales eléctricas sean limpiadas y llevadas dentro de este rango. Esta etapa implica circuitos electrónicos encargados de:

#### **a. Amplificación.**

- Para mejorar la precisión y reducir el ruido.
- Se debe amplificar la señal de tal manera que se iguale al rango del ADC (convertor digital análogo )
- Para distancias largas, la amplificación cercana al transductor.

#### **b. Linealización.**

Para obtener una relación lineal entre la variable a medir y la señal de medición.

#### **c. Excitación del transductor.**

Para dar alimentación eléctrica para que se obtenga a la salida del transductor una señal de voltaje o corriente.

#### **d. Filtrado.**

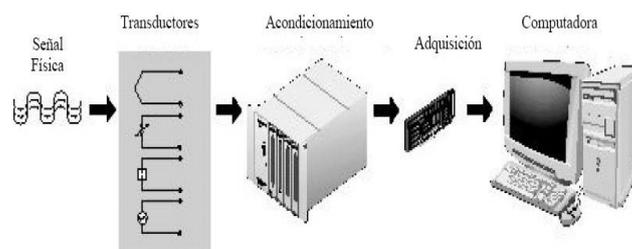
Se utiliza para eliminar los componentes de frecuencia no deseados.

### **1.7.1.4 Etapa de adquisición.**

Efectúa la transformación de la información analógica a un formato digital lo que hace posible su posterior procesamiento y almacenamiento mediante el uso de una computadora. En esta etapa es importante considerar el manejo de las señales analógicas que se adquieren.

#### 1.7.1.5 Etapa de procesamiento.

Tiene lugar dentro de la computadora, consiste en la realización de operaciones sobre la información digital obtenida: decisiones para el control de un sistema, detección de situaciones de alarma, corrección de medidas, almacenamiento y reportes de información, etc.<sup>14</sup>



**Fig. 1.26.** Adquisición de datos.

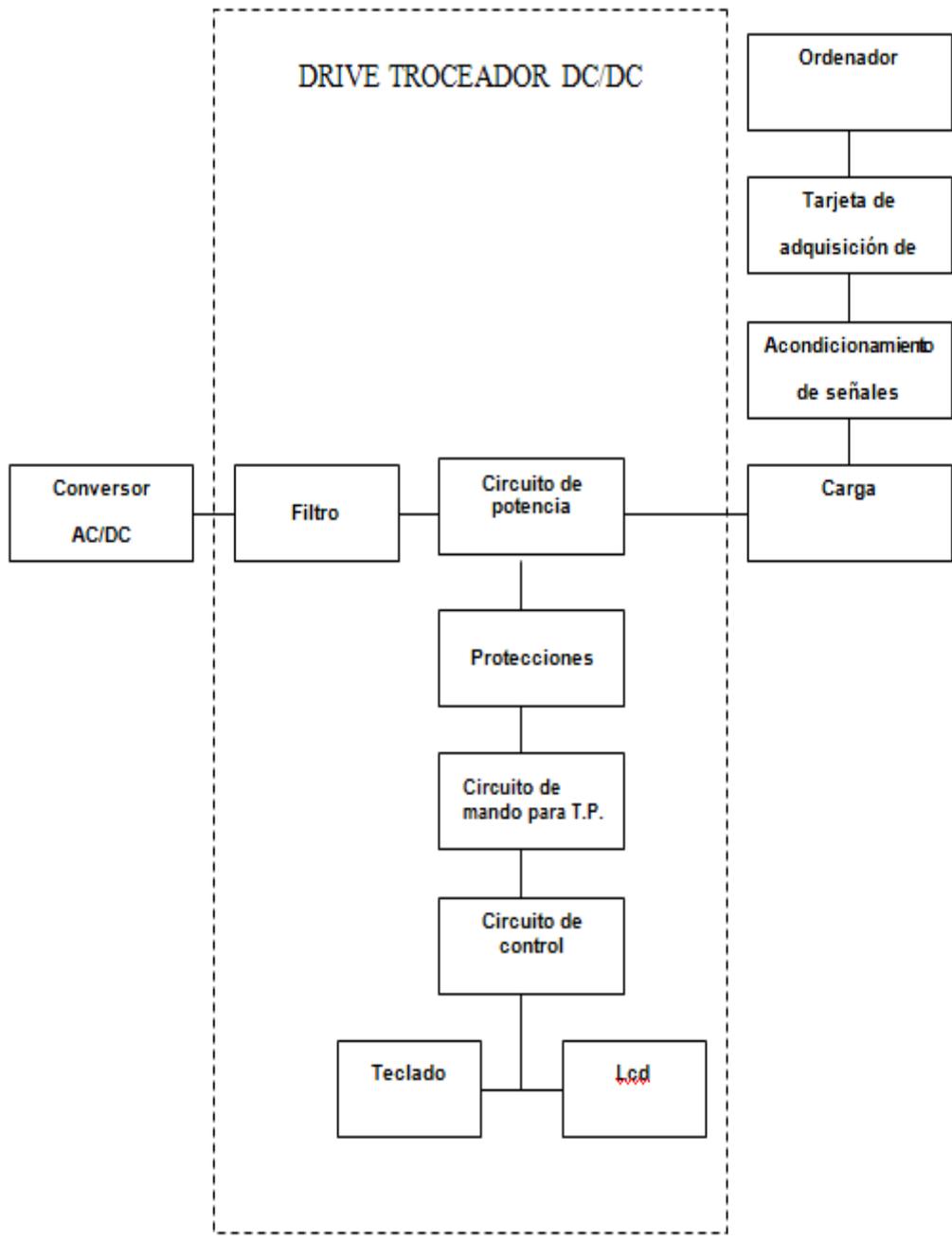
## **CAPÍTULO II.**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.**

#### **2.1. Especificaciones del Módulo didáctico.**

La necesidad del laboratorio de Control Eléctrico y PLC's en contar con un drive troceador DC/DC, para el control de un motor DC en cuatro cuadrantes con excitación independiente de 175 wattios - 1800rpm - 120Vdc - 2.8Amp, posee como estructura, una gaveta de hierro que presenta medidas estándares, que es compatible con los módulos ya existentes en el laboratorio, en la parte delantera, se encuentra una placa de acrílico, donde se encuentran identificados los elementos electrónicos y mecánicos, contiene lámparas de señalización que indican las diferentes opciones de funcionamiento del drive. En la parte interior de la gaveta de hierro se encuentra una placa de baquelita con elementos electrónicos que realizan las funciones del drive como, también posee una fuente de alimentación de 110 Vca, la cual brinda la alimentación necesaria para la etapa de control. Finalmente se dispone de una tarjeta de adquisición de datos en la parte externa a este módulo para el monitoreo de señales eléctricas y el análisis de armónicos.

#### **2.2. Descripción en diagramas de bloque del funcionamiento del módulo.**



**Fig. 2.1.** Diagrama de bloques del drive troceador DC/DC.

El módulo a implementar consta de las siguientes etapas claramente definidas.

#### **2.2.1 Conversor AC/DC.**

Presenta un conversor AC/DC no controlado, que se utiliza para la alimentación en la etapa de potencia del drive troceador.

#### **2.2.2 Filtro.**

Determinado por un capacitor que permite eliminar el rizado, convirtiéndole en una señal puramente continua.

#### **2.2.3 Circuito de potencia.**

Está compuesto de cuatro IGBT's conectados como un puente H, estos IGBT's se utilizan para conmutar los estados on – off y determinar el funcionamiento en cada cuadrante del drive.

#### **2.2.4 Protecciones.**

Son esquemas de protección para elementos electrónicos que se utiliza para prevenir condiciones de fallas, que se crean por la presencia de anomalías externas en del drive troceador DC/DC

#### **2.2.5 Circuito de mando de los transistores de potencia.**

Es un drive que se utiliza para el disparo de los transistores de potencia que generan señales de excitación para que se produzca la conmutación de los estados del elemento de potencia.

### **2.2.6 Circuito de control.**

Es el cerebro del drive troceador implementado con un microcontrolador, se utiliza para el control del funcionamiento del drive en cada cuadrante, también para generar señales y crear pantallas de visualización.

### **2.2.7 Teclado.**

Se utiliza para digitar las opciones que requiera el drive troceador DC/DC. Y también como modo de acceso al software del sistema.

### **2.2.8 LCD.**

Se utiliza para la presentación animada de las opciones y menús controladas por el microprocesador.

### **2.2.9 Carga.**

Es un motor de DC que se utiliza para visualizar y confirmar los efectos que producen los modos de operación del drive troceador.

### **2.2.10 Acondicionamiento de señales.**

Se utiliza para tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y convertirlas en otros niveles eléctricos, de tal manera que se puedan utilizar por una tarjeta DAQ.

### **2.2.11 Tarjeta de adquisición de datos.**

Permite el ingreso de las señales eléctricas acondicionadas y las transforma en una señal digital para su posterior análisis en una computadora.

#### **2.2.12 Ordenador.**

Permite realizar todos los análisis que requiere una señal, para luego su posterior diagnóstico.

### **2.3. Selección de componentes.**

#### **2.3.1 Conversor AC/DC.**

Para la alimentación del circuito de potencia de este proyecto se requiere de un voltaje fijo de 120 Vdc, el cuál se ha obtenido de un conversor de seis pulsos no controlado.

#### **2.3.2 El microcontrolador.**

El diseño del Drive Troceador DC/DC requiere de una etapa de control, que permita el disparo de los transistores de potencia, a través de dos generadores de PWM que trabajen en el mismo tiempo en forma rápida y eficiente, además que posea medios de almacenamiento como memorias, registros y puertos de direccionamiento que se emplearán para el correcto funcionamiento del sistema.

Por tales requerimientos se ha seleccionado al microcontrolador AVR ATMEL32<sup>15</sup> por presentar las siguientes características:

- **Arquitectura RISC.**

- 131 instrucciones.
- 32 x 8 registros de propósito general .
- 16 MHz.

- **Memoria de datos y programas no volátil.**

- 32K Bytes
- 1024 Bytes EEPROM
- 2K Byte SRAM

- **Periféricos.**

- Dos de 8-bit Timer/Contadores
- Uno de 16-bit Timer/Contador
- Tiempo real en contador con oscilador separado
- Cuatro canales PWM.

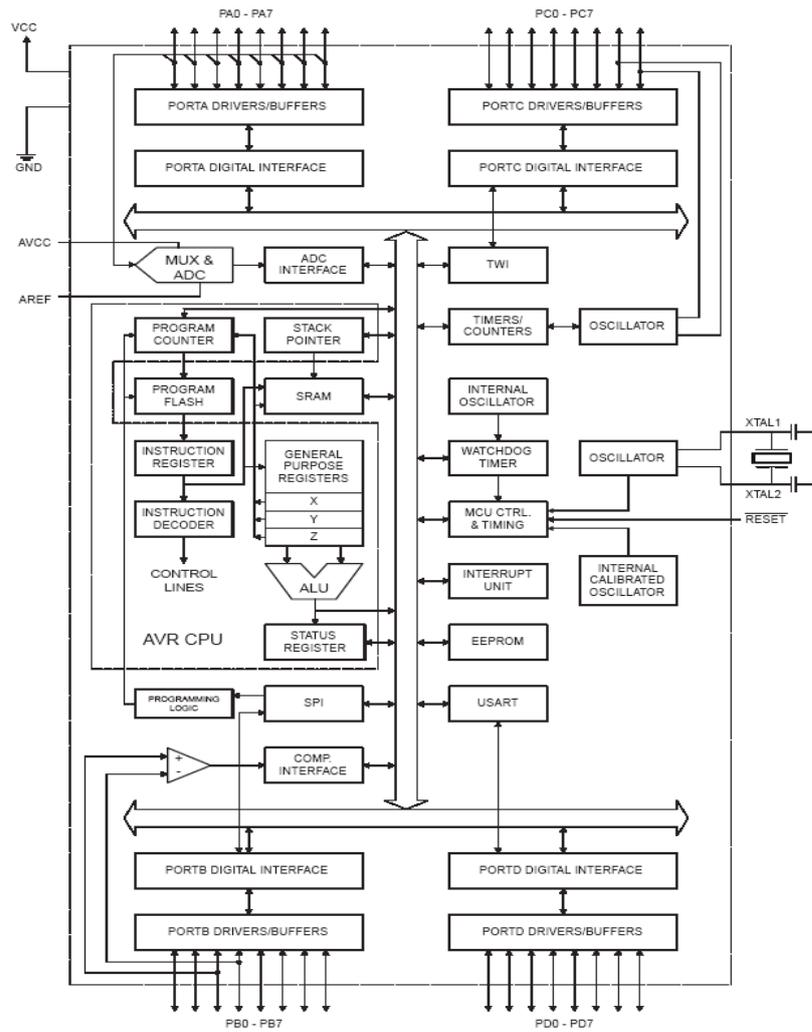
El ATME32 es un microcontrolador de 8 bits basado en arquitectura RISC y tecnología HARWARD.

La Fig. 2.2. Muestra la estructura interna del microprocesador ATME32 donde se visualiza su diagrama de bloques.

Las características mencionadas del microprocesador ATME32 son las apropiadas para la utilización en el drive troceador para un motor 120 Vdc, el control de los interruptores de potencia se realiza con señales PWM generadas desde el microprocesador.

---

<sup>15</sup> Ver hojas de especificaciones Anexos D.



**Fig. 2.2.** Diagrama de bloques del microprocesador ATMEGA32.

### 2.3.3 Circuito de mando de los transistores de potencia.

En base al diseño del circuito de potencia que se ha implementado, se requiere, un puente H con cuatro IGBT's, es necesario el empleo de un circuito integrado que facilite aislar la tierra flotante que existe en el emisor del IGBT del lado alto y el colector del IGBT del lado bajo, para que puedan ser disparados con una referencia de tierra propia, el circuito que nos permite cumplir con estos requisitos es el IR2130<sup>16</sup>.

Cómo se puede observar en la Fig. 2.3, el IR2130<sup>16</sup> es un manejador de lado alto y de lado bajo, su circuito consta de seis manejadores de salida los cuáles reciben sus entradas de los tres generadores de señales de entrada, cada generador provee dos salidas, los dos manejadores bajos de salida están manejados directamente por el generador de señales L1, L2 y L3. Pero las señales que manejan el lado alto H1, H2 y H3 necesitan ser cambiadas de nivel antes de ser aplicada a los manejadores del lado alto.

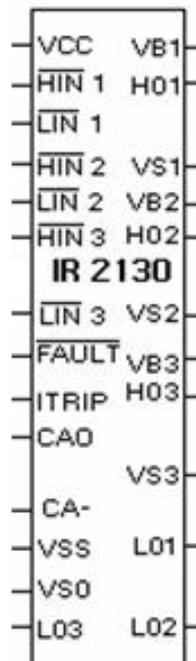
Las principales características que tiene este C.I IR2130 son:

- Posee un alto voltaje de operación 600V.
- Salidas diseñadas para controlar compuertas tipo MOS de elementos de potencia.
- Corriente de salida típica de 250mA/500mA.
- Tiempo de conmutación típico de 75nSeg/35nSeg.
- Control Independiente para cada mitad del puente trifásico.
- Puente flotante diseñada para operación transitoria
  - Rango de offset de -5 a +600V.
  - Rango de inmunidad a  $dv/dt$  a +/- 50V/nSeg.
  - Disipación de potencia de 30mW a 15V.
- Las seis salidas se desactivan por una sobre corriente.
- Un amplificador de corriente provee un voltaje lineal proporcional a la corriente del puente.
- La entrada lógica provee un tiempo muerto de 2uSeg entre la parte superior y la parte inferior del puente.
- Existencia de un pin que indica bajo voltaje y sobre corriente

- Rango de voltaje de control de compuerta de 10 a 20 V.

---

<sup>16</sup> Ver hojas de especificaciones Anexos D.



**Fig 2.3.** C.I IR2130.

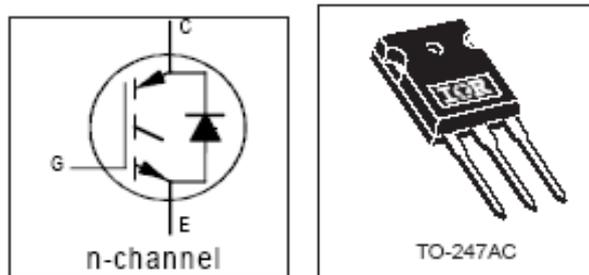
Por las características mencionadas anteriormente, el IR2130 se ha seleccionado para implementar en el circuito de control del troceador DC/DC, considerando además que los elementos de conmutación trabajan a una alta

frecuencia, potencia elevada y tiempos de conmutación rápidos, necesarios para el funcionamiento del drive.

#### 2.3.4 Circuito de Potencia.

Para la implementación del Drive Troceador se requiere de un interruptor de potencia que conmute a una frecuencia de 1Khz, que soporte una potencia máxima de 240 wattios, corriente entre colector y emisor de 2 Amp con máxima carga, voltaje de operación de 120Vdc, además que posea un diodo interno de recuperación rápida, por lo tanto dentro de los transistores de potencia se ha seleccionado un IGBT. De los diferentes modelos existentes el IGBT IRG4PC40UD<sup>17</sup> cumple con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del módulo. Presentando las siguientes características: Ver Fig. 2.4.

- Es ultrarrápido optimizado para operaciones a alta frecuencia de 0.5 a 40Khz y para conmutaciones bruscas mayores a 200Khz en modo resonante.
- Dispone de un diodo en anti paralelo usados en configuración puente
- Requiere de red snubber para su protección.
- Voltaje de operación 600V.
- Corriente Ic 20 A.
- **Exceso del rango de voltaje.-** Un IGBT puede soportar un largo tiempo de cortocircuito pero falla cuando se lo apaga. El rango de caída de corriente induce un voltaje en las inductancias parásitas del circuito.
- **Falla por conmutación brusca.-** En este modo el IGBT esta apagado y el voltaje del sistema es soportado por el elemento.



**Fig.2.4.** IGBT IRG4PC40UD

## 5 Adquisición de datos.

Los requerimientos para la adquisición de datos de este proyecto son:

- Cuatro entradas analógicas diferenciales.
- Rango de entrada +- 10V.
- Conversor análogo digital de 14 bits.
- Tiempo de muestreo de 48 Ks/s.
- Conexión plug and play usb.
- Compatibilidad con un software.

---

<sup>17</sup> Ver hojas de especificaciones Anexos D

Por lo tanto se ha seleccionado la tarjeta DAQ NI USB 6009<sup>18</sup> de Nacional Instruments, la tarjeta USB 6009<sup>18</sup> de Nacional Instruments DAQ es un módulo que se ha fabricado para una sólida adquisición de datos a un bajo precio. Posee una conectividad Plug and Play USB, este módulo se emplea para medidas versátiles y rápidas de procesos simples y complejos. Ver Fig. 2.5

Para realizar la compatibilidad de la tarjeta con el software Labview se empleo el software NI-DAQmx BASE para Windows 2000/xp que incluye en la compra de la tarjeta DAQ, para realizar la adquisición de datos se requiriere realizar

pruebas de funcionamiento de la tarjeta de entradas y salidas con el software Meassuse Automation.



**Fig.2.5.** Tarjeta NI USB 6009.

### 2.3.6 LCD.

Para una mejor presentación de los menús que posee el drive troceador se ha seleccionado el LCD graficable, en este se puede programar gráficos y simular el sentido de movimiento del motor, por tanto el LCD graficable hitachi 128 \*64 pixels<sup>19</sup>, cumple con los requerimientos de visualización.

---

<sup>18,19</sup> Ver hojas de especificaciones Anexo D.

## 2.4. Diseño de Hardware.

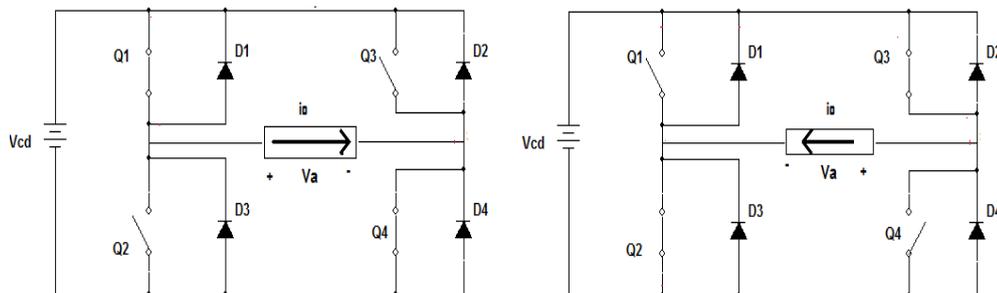
### 2.4.1 Diseño de los cuadrantes del drive troceador DC/DC.

A una máquina de DC se puede hacer trabajar como motor o como generador dependiendo de los cuadrantes de operación de la máquina.

Para el diseño del drive troceador DC/DC se ha determinado que los IGBT's de cada rama son conmutados de forma que nunca estén ambos en off, para que la corriente de salida circule de forma continua, es decir que nunca habrá instantes de tiempo en los que la corriente por el motor sea nula. Teniendo esto en cuenta, la tensión de salida del puente es determinada únicamente por el estado de los IGBT's de forma que ésta puede regularse mediante el control del ciclo de trabajo.

### 2.4.2 Diseño de modos de conmutación.

Para el funcionamiento como motor en un sentido de giro se conmutan los pares de IGBT's (Q1, Q4), mientras que los pares IGBT's (Q2, Q3) permanecen abiertos, para realizar la inversión de giro se conmutan los pares de IGBT's(Q2, Q3), mientras que los pares de IGBT's (Q1, Q4), permanecerán abiertos, como lo indica la Fig. 2.6 (a) y (b).



**Fig. 2.6** (a) Circulación de corriente por Q1 y Q4 (b) Circulación de corriente por Q2 y Q3.

#### 2.4.2.1 Diseño del control de frenado.

Para el control del frenado se tiene en consideración que pares de IGBT's se encuentran en estado de conmutación, cuando Q1 y Q4 están conmutando la corriente y voltaje de armadura del motor DC son positivos, para frenar se tiene que hacer conmutar al IGBT Q2 y desconectar los IGBT's Q1 y Q4, en ese instante cambia de sentido la corriente y regresa a la fuente a través de los diodos D4 y D1. Ver Fig. 2.7(a).

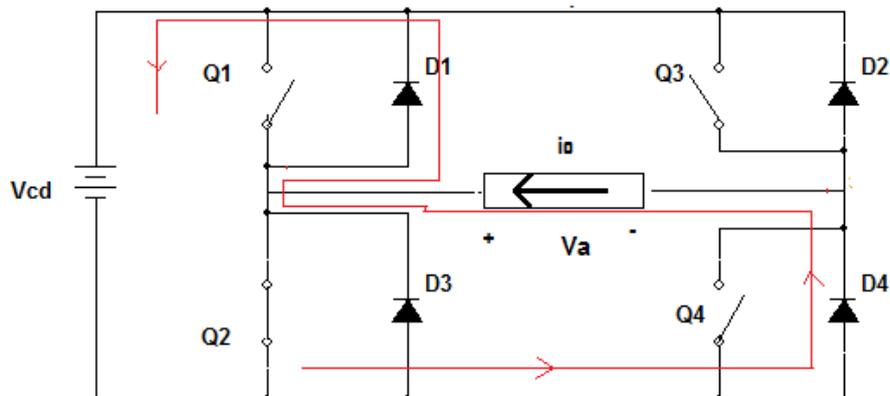


Fig. 2.7. (a) Circulación de la corriente en el frenado.

Cuando Q2 y Q3 están conmutando la corriente y voltaje de armadura del motor DC son negativos, para frenar se tiene que hacer conmutar al IGBT Q4 y desconectar los IGBT's Q2 y Q3, en ese instante cambia de sentido la corriente y regresa a la fuente a través de los diodos D3 y D2, en este instante el motor se comporta como generador. Ver Fig. 2.7 (b).

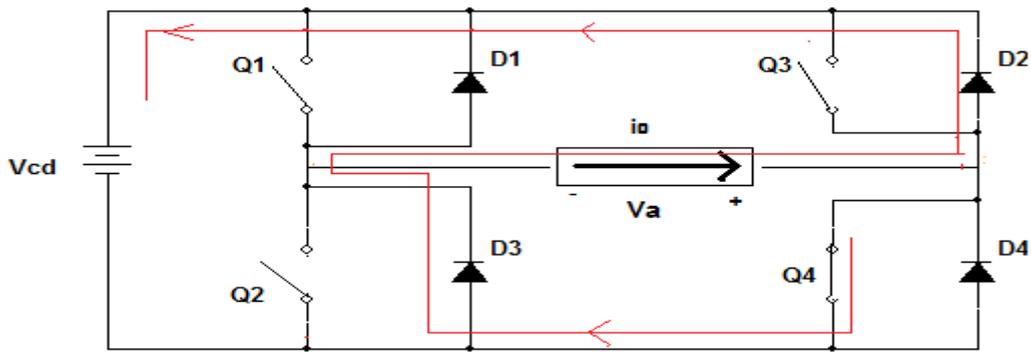


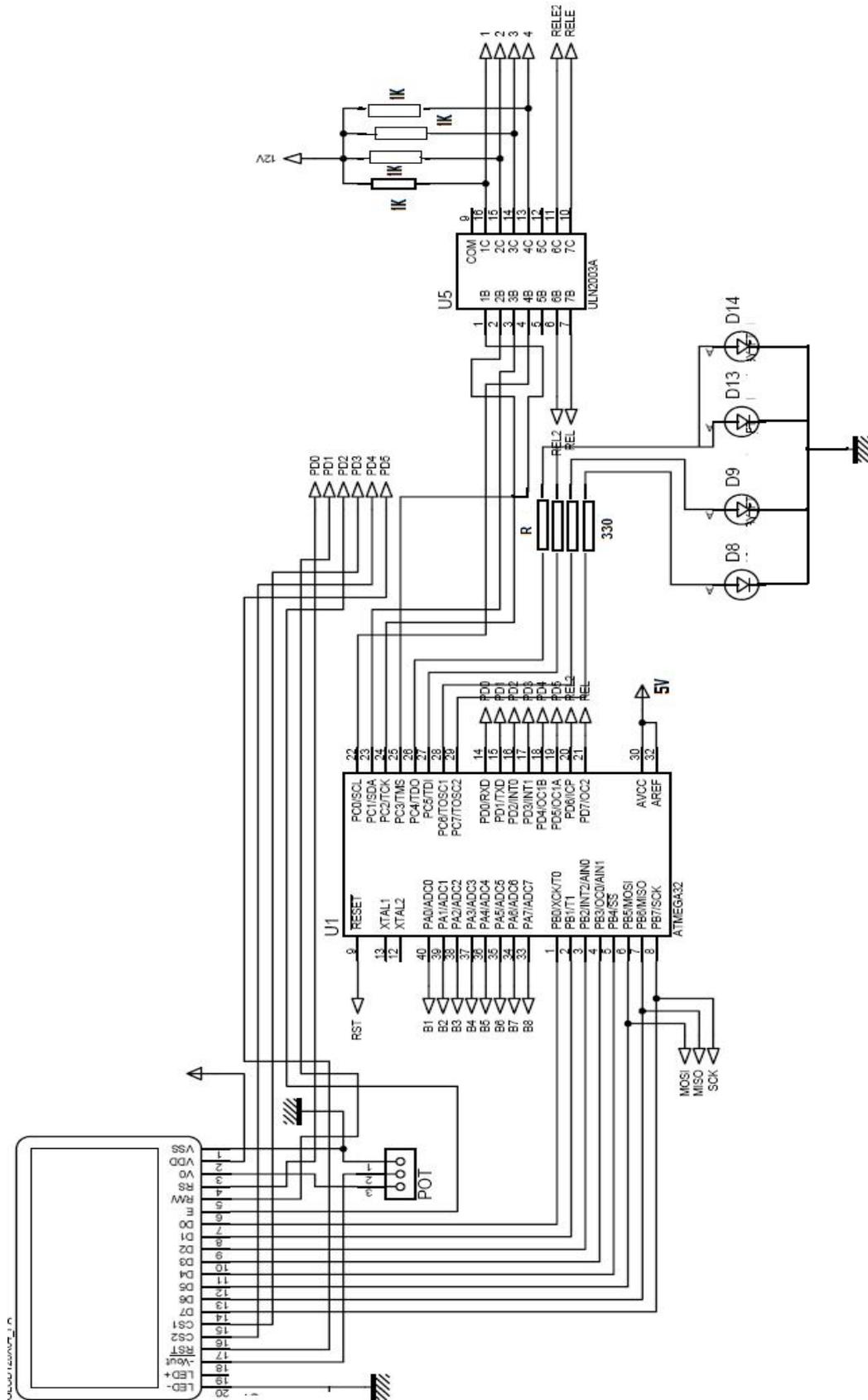
Fig. 2.7. (b) Circulación de la corriente en el frenado.

### 2.4.3 Diseño de la etapa de control.

La etapa de control requiere de un Microprocesador ATME32 que genera las señales PWM a una frecuencia de 1Khz dicha señal es de control PWM unipolar que se aplica a un modo de corriente continuo. Estas señales permiten determinar el tiempo  $T_{ON}$  ( tiempo de conducción ) y el  $T_{Off}$  ( tiempo de apagado ), para las secuencia de conmutación de los elementos de potencia ( IGBT's), en cada uno de los cuadrantes del drive troceador DC/DC, resaltando que para el manejo de estas señales en la etapa de potencia, no se requiere programar tiempos muertos, por el empleo del C.I IR2130 que integra estos, se empleo un tiempo de 2 uSeg que se especifica en las hoja de datos del IR2130.

El empleo de 3 puertos bidireccionales del ATME32<sup>19</sup> Portb, Portc, Portd de 8 bits cada uno (Pb7..Pb0), permite el manejo de un LCD graficable de 128 x 64 pixels, que facilitará un control visual por pantallas de presentación animadas del modo de manipulación y operación del drive troceador DC/DC en cada uno de sus cuadrantes. Además el control de la señalización del funcionamiento del drive, condiciones de conmutación de los IGBT's.

Para aislar el circuito de potencia con el de control se ha utilizado el C.I ULN2003A. Ver Fig. 2.8

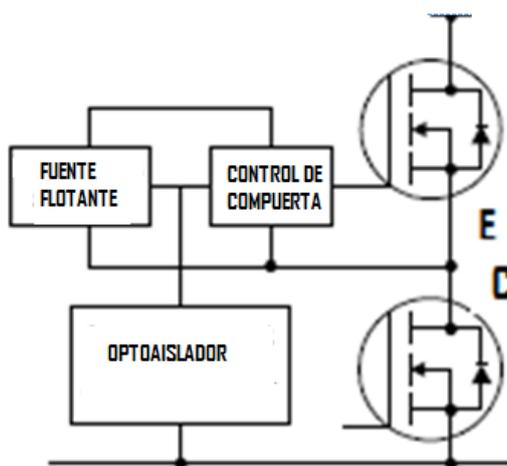


**Fig. 2.8** Diagrama de la etapa de control.

#### 2.4.4. Diseño del circuito de control del puente H de IGBTs utilizando el Circuito Integrado IR2130.

Para nuestro proyecto vamos a utilizar 4 manejadores de salida; dos de lado alto ( $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ) y dos de lado bajo ( $L_{01}$ ,  $L_{02}$ ), los dos manejadores de lado bajo son controlados directamente por las entradas ( $L_{in1}$  y  $L_{in2}$ ), pero para los manejadores del lado alto las entradas ( $H_{in1}$ ,  $H_{in2}$ ) necesitan ser cambiadas de nivel antes de ser aplicadas ya que poseen una lógica inversa.

Este circuito integrado tiene la capacidad de proveer la tierra flotante que se genera entre el emisor del IGBT de lado alto y el colector del IGBT del lado bajo Ver Fig. 2.9



**Fig. 2.9** Circuito de control de una rama de IGBTs.

El IR2130 tiene un circuito de control interno que controlan a los manejadores de salida, por lo tanto cada manejador necesita una alimentación, para

generar esta se ha utilizado un diodo y un capacitor bootstrap<sup>20</sup> formando así una fuente bootstrap<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Ver glosario de términos anexo A.

Para la presente aplicación estos elementos son los diodos D1, D2, D7 y los capacitores C1, C2, C4.

Cuando Vs (1, 2, 3), son colocados a tierra, los capacitores (C1, C2, C4), se cargan a través de los diodos bootstrap (D1, D2, D7) desde la fuente de alimentación de 12Vdc, obteniendo así la fuente de alimentación requerida.

El valor mínimo para el capacitor bootstrap se elige de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C \geq \frac{2 \left[ 2Q_g + \frac{I_{qbs(max)}}{F} + Q_{ls} + \frac{I_{cbs(leak)}}{F} \right]}{V_{cc} - V_f - V_{Ls} - V_{min}}$$

(Ec. 2.1)

Donde:

Qg = Carga de la compuerta del elemento de conmutación.

F = frecuencia de operación.

Icbs(leak) = corriente de fuga del capacitor Bootstrap.

Iqbs(max) = Máxima corriente del lado de alta.

Vcc = fuente de voltaje.

Vf = voltaje directo través del diodo bootstrap.

VLs = voltaje a través del elemento de conmutación.

Vmin = Voltaje mínimo entre los pins Vb y Vs.

$Q_{ls}$  = nivel de carga requerido por ciclo = 5nC (500V/600V IC) o 20nC (1200V IC)

Los diodos Bootstrap son dispositivos capaces de bloquear toda la potencia, cuando los IGBT's se encuentren en estado de conmutación, este debe ser un dispositivo de rápida recuperación reversa para minimizar los cambios por carga del capacitor y produzca realimentación hacia la fuente Vcc de 12v. La corriente del diodo es producto de la carga del capacitor  $Q_{bs}$  y la frecuencia de switcheo.

$$Q_{bs} = 2Q_g + \frac{I_{qbs(max)}}{F} + Q_{ls} + \frac{I_{cbs(leak)}}{F} \quad (\text{Ec. 2.2}).$$

Donde:

$Q_g$  = carga de Gate de la parte alta.

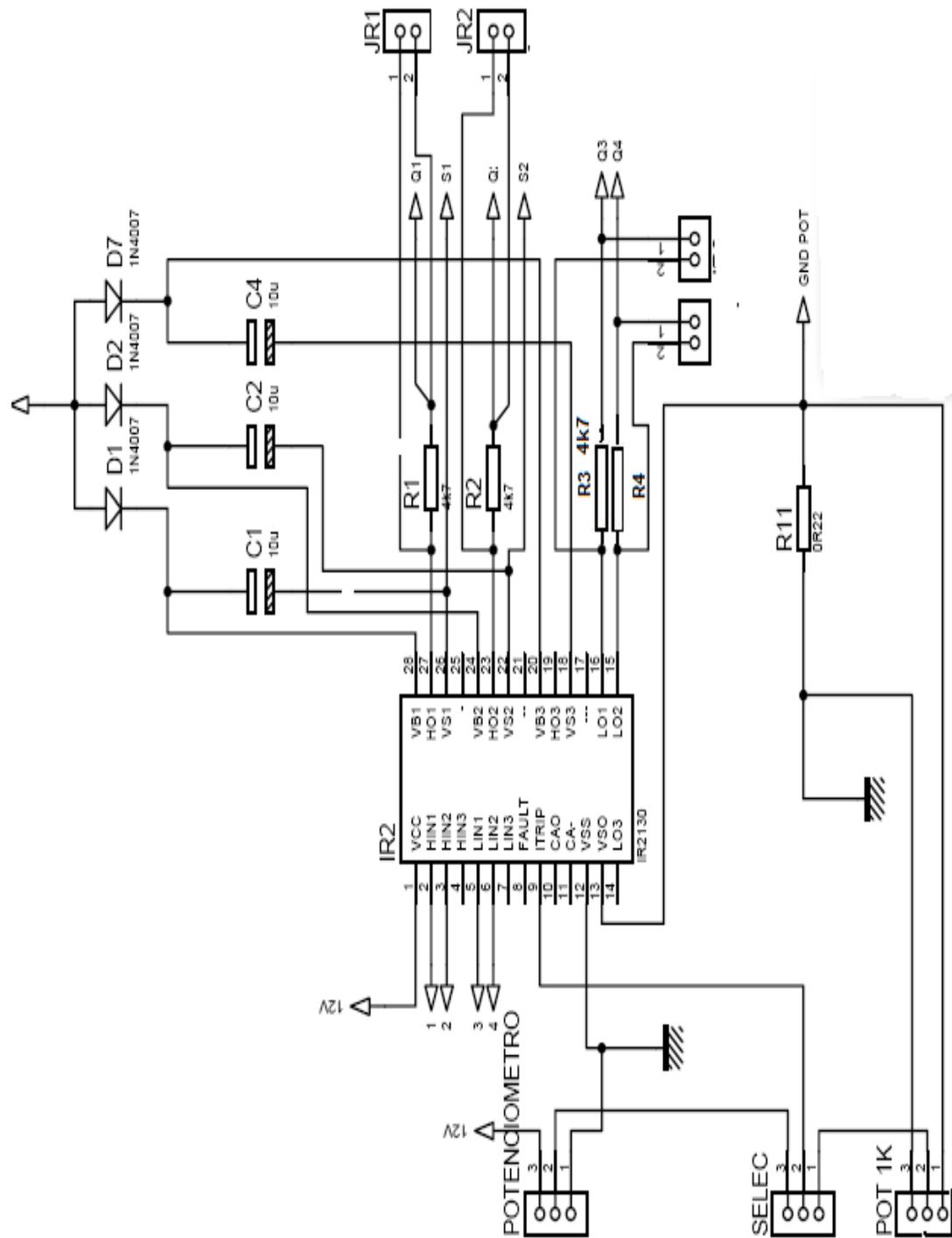
$F$  = frecuencia de operación.

$I_{qbs(max)}$  = corriente máxima en el lado de alta.

$I_{cbs(leak)}$  = Bootstrap condensador corrientes de fuga.

$Q_{ls}$  = cambio carga nivel requerido por ciclo = 5nC (500V/600V IC) o 20nC (1200V IC).

Estas consideraciones son requeridas para el diseño de los dispositivos del IR2130.



**Fig. 2.10.** Esquema del circuito implementado.

## **2.4.5 Protección del C.I IR2130.**

### **2.4.5.1 Protección de bajo voltaje (UV).**

Una condición de bajo nivel de  $V_{CC}$ , que se define como menos de 8.9V y 9.3V nominal, como aumento en  $V_{CC}$ , causa el cierre en todas sus salidas. Con VCC alrededor de 9 voltios proporciona a los driver conducir voltajes adecuados para garantizar el pleno aumento de la potencia.

### **2.4.5.2 Protección de sobre corriente.**

En caso de un corto circuito o una sobrecarga es deseable apagar todas las salidas. Esto se logra a través de un comparador de corriente que monitorea la caída de voltaje en una resistencia de monitoreo, instalada en el lado bajo y que es comparada con una referencia de 0.5 volts, la salida del comparador de corriente y la del circuito de protección de bajo voltaje van a comparar a una compuerta OR, de esta forma cualquiera de las dos hace actuar el circuito de falla.

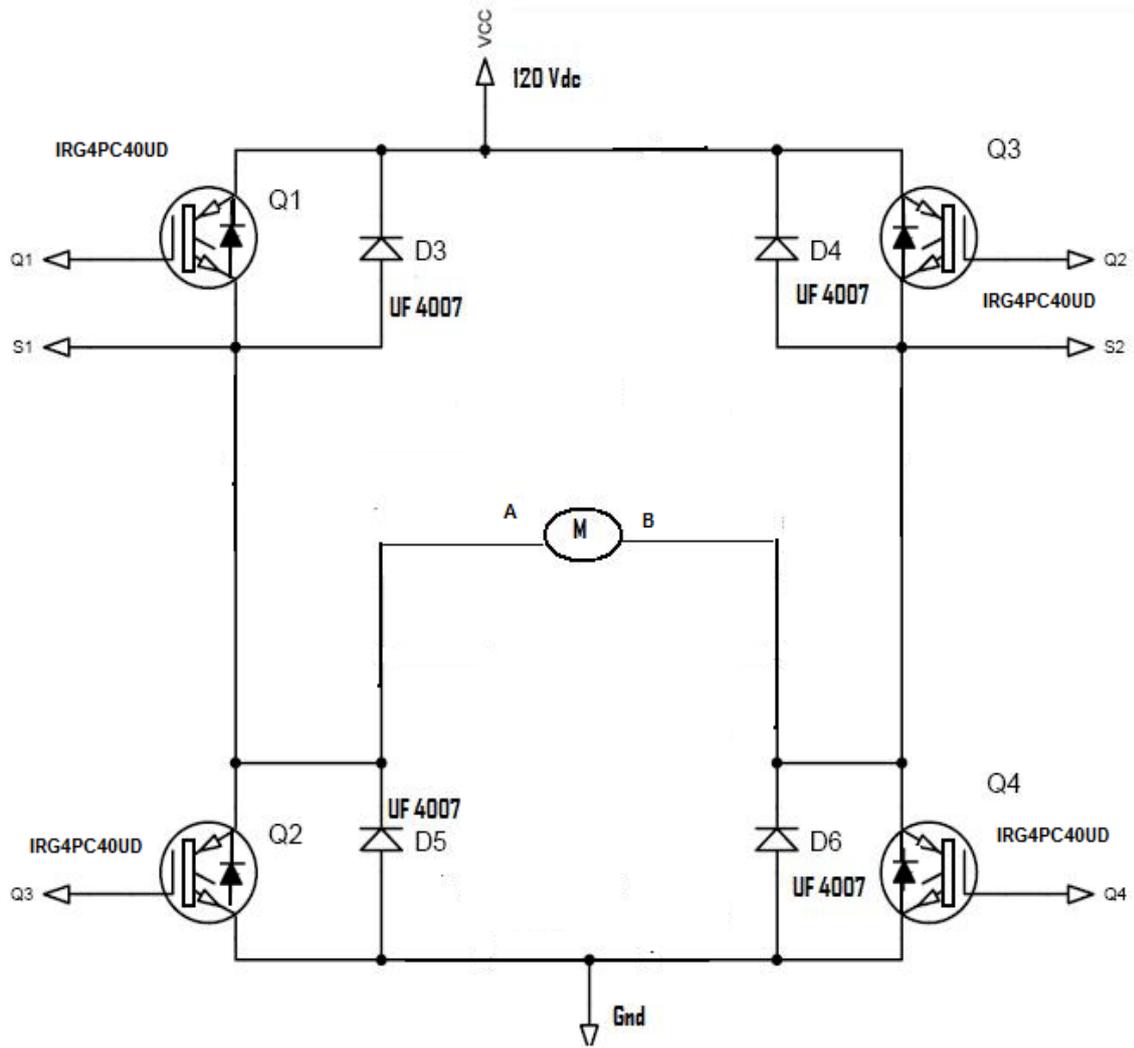
### **2.4.5.3 Circuito de falla.**

Este circuito consiste en un registro, el cual es puesto a 1 por cualquiera de las dos combinaciones mencionadas anteriormente, esta condición de 1 produce dos señales de salida una de estas es usada para inhibir las seis salidas de control y la otra salida aparece como un indicador falla, esta condición se expresa como un nivel bajo. Esta condición mantendrá las salidas

bloqueadas hasta que el usuario mantenga las entradas del lado bajo en un nivel lógico de 0 por mas de 10 microsegundos o forzando VCC esto quiere decir eliminando la alimentación del circuito.

#### **2.4.6 Diseño de la etapa de potencia.**

Para la etapa de potencia se ha diseñado cuatro IGBT's IRG4PC40UD cada uno con diodos en anti paralelo de respuesta rápida denominados diodos de libre circulación, en configuración puente H, la función de los diodos es la de habilitar un camino a la corriente del motor en los momentos en que los IGBTs entran en estado de corte, para evitar las sobre tensiones transitorias que se produce en esos instantes. Ver Fig. 2.11



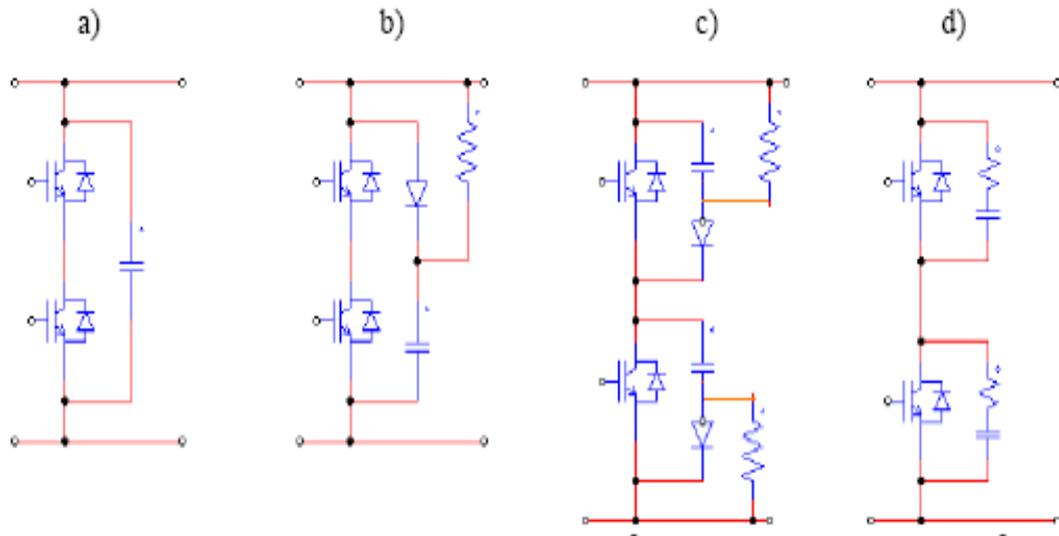
**Fig.2.11.** Puente H de IGBT's

El drive troceador DC/DC en configuración puente H presenta una alimentación fija de 120 Vcd, la tensión de salida del troceador es una tensión cuyo valor medio es controlado en magnitud y sentido de corriente de salida, lo que permite el control del sentido de giro y de la velocidad del motor así como su frenado, permitiendo el funcionamiento en cuatro cuadrantes.

#### **2.4.7 Configuración de las mallas de protección del IGBT.**

Para eliminar inductancias parásitas se requieren de elementos externos llamados mallas Snubber.

En la Fig. 2.12 se presentan cuatro tipos de mallas Snubber, que son elementos que se instalan directamente sobre los semiconductores. Por lo general las mallas Snubber están compuestas por una combinación de condensadores, diodos y resistencias, cuya configuración depende del tipo de aplicación y niveles de potencia que se manejen.



**Fig. 2.12.** Tipos de Redes Snubbers.

El tipo de malla a) indicado en la Fig. 2.12 puede ser efectivo en aplicaciones de baja potencia y es muy conveniente por su bajo costo, ya que solo consiste en un condensador de baja inductancia. Sin embargo, a medida que la potencia del circuito aumenta, es posible que este condensador oscile con la inductancia parásita. Por esto el Snubber tipo b) incorpora un diodo de recuperación rápida para bloquear las oscilaciones y una resistencia para amortiguarlas. En este caso la constante de tiempo debe ser aproximadamente un tercio del período de conmutación del semiconductor. En aplicaciones con IGBT's grandes, operando a altas potencias, la inductancia parásita del Snubber tipo b) puede ser demasiado grande para controlar efectivamente los transitorios de tensión. Para estas aplicaciones de grandes corrientes se puede utilizar el Snubber tipo c). Esta configuración es prácticamente igual al tipo b), pero su ventaja es que al estar conectado directamente al emisor y colector de

cada IGBT su inductancia parásita es menor. El Snubber tipo d) se utiliza para controlar transientes de tensión, oscilaciones parásitas y ruido causado por el valor de  $dv/dt$ . Para este proyecto se ha seleccionado la red snubber tipo d por la tensión admitida por el semiconductor es de 120 V, además se tomó como prioridad minimizar oscilaciones parásitas y ruido causado por  $dv/dt$  Obteniendo los siguientes valores  $C= 100nF$  y  $R=100 K$ , valores que se indican en la Fig. 2.13.

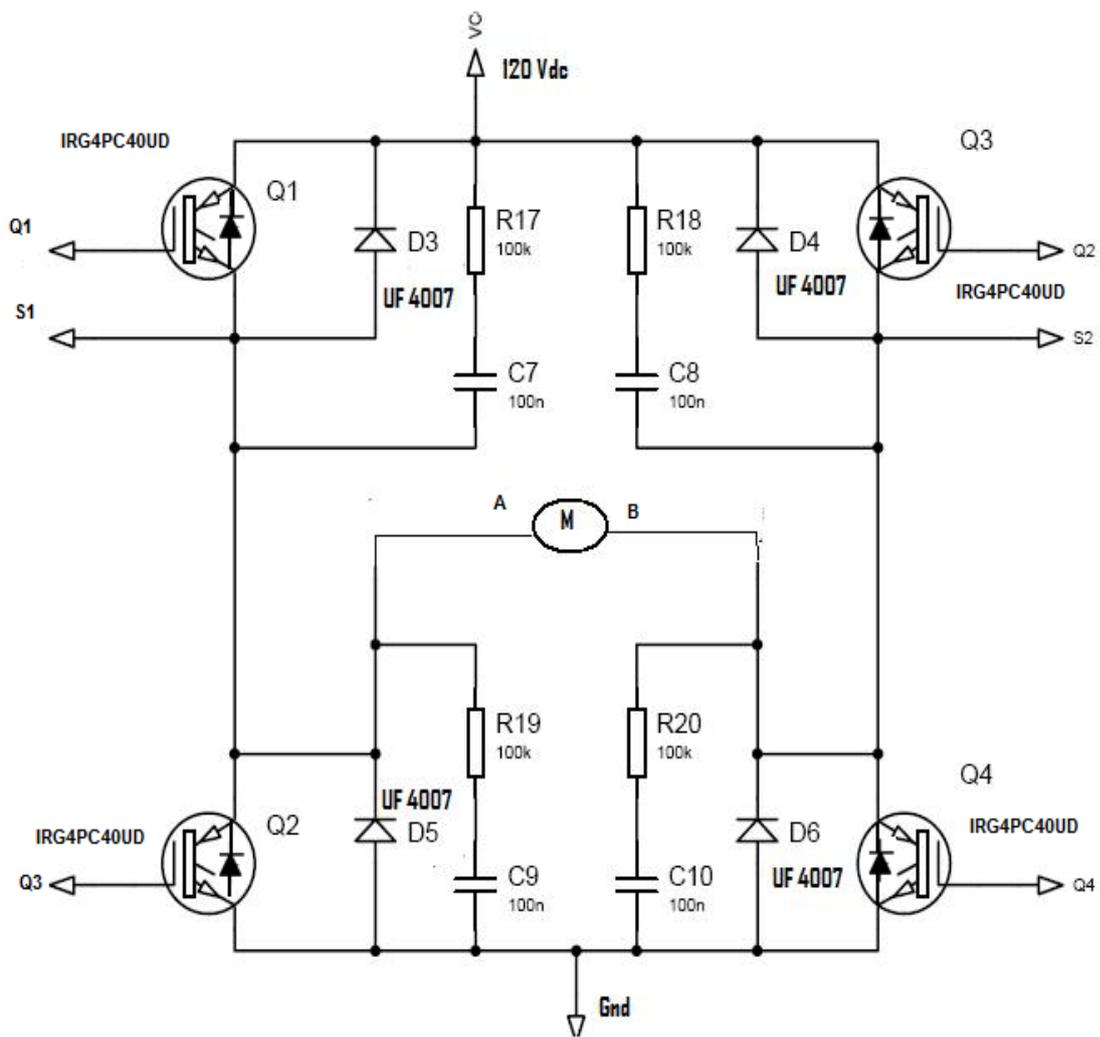


Fig. 2.13. Diseño de Redes Snubbers.

#### **2.4.8 Circuito del drive troceador DC/DC.**

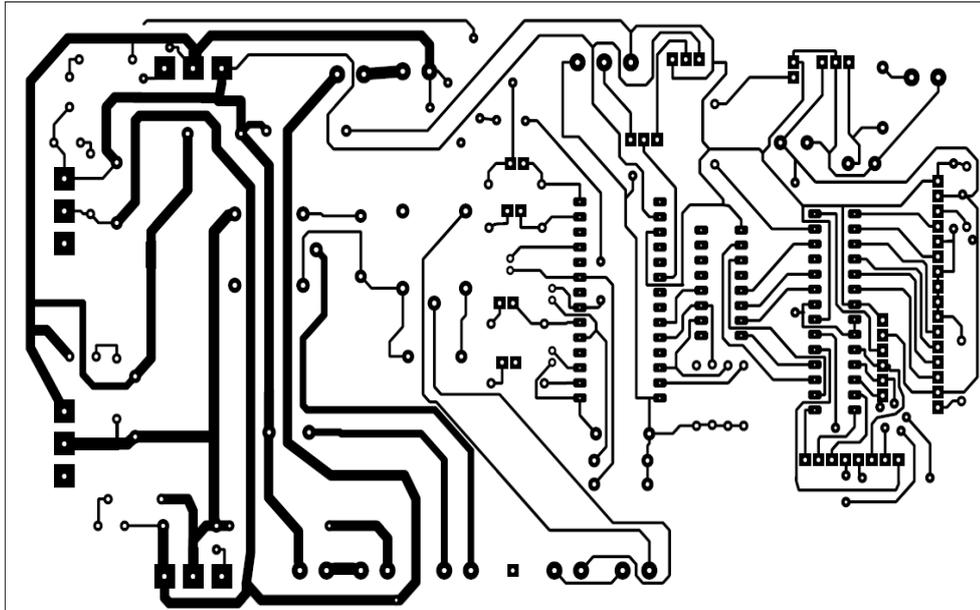
En la Fig.2.14 se presenta el circuito del drive troceador DC/DC.

## **2.5 Implementación del Hardware.**

El drive troceador DC/DC requiere medidas de acuerdo a módulos existentes en el laboratorio. La distribución de los componentes se realizó pensando en un uso óptimo del espacio, resguardando las distancias necesarias para los componentes de potencia, organizado en forma didáctica, manipulable para la realización de prácticas de laboratorio.

### **2.5.1 Construcción del módulo del drive troceador.**

- Para la construcción del módulo del drive troceador primero se toma en cuenta los elementos que van a formar parte de la placa, para luego hacer un diseño de las pistas que van a ir en la parte conductora de la placa, estas pistas se realizó en el programa ARES 7 Profesional de Proteus. Ver Fig. 2.15.



**Fig. 2.15.** Circuito impreso

- Luego de la construcción de las pistas en la placa se procede al montaje de los elementos. Ver Fig. 2.16



**Fig. 2.16.** Tarjeta electrónica

- En la Fig. 2.17 se muestra la implementación de los elementos que se emplean como interfaz entre la tarjeta electrónica y el panel de control.



**Fig. 2.17.** Panel de control del Drive.

- En la Fig. 2.18 y Fig. 2.19 se visualiza la instalación de todos los elementos utilizados en el drive troceador DC/DC.



**Fig. 2.18.** Drive troceador DC/DC vista superior.

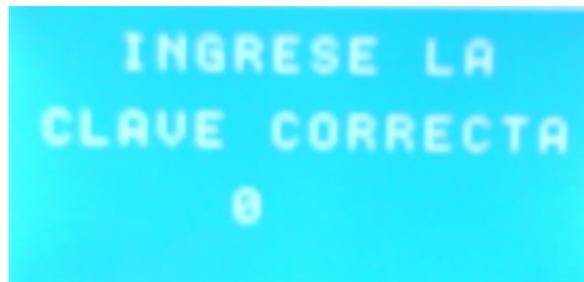


**Fig. 2.19.** Drive troceador DC/DC vista frontal.

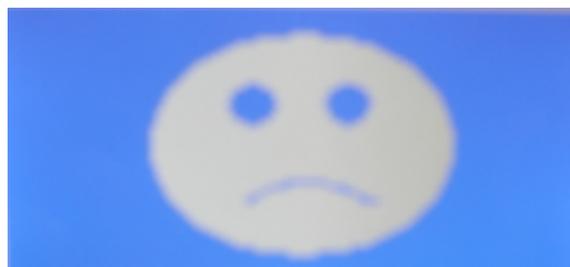
## **2.6. Diseño de las presentaciones del LCD.**

Para el Diseño de las pantallas de visualización del Drive Troceador DC/DC para un motor de 120 Vdc y 2.8 Amp, existentes en el Laboratorio de Control Eléctrico y PLC`s se requiere de un LCD de 128 x 68 Pixel graficable, que permite un control didáctico y visual, de los sentidos de giro, velocidad, rampa de aceleración, frenado de un motor, así como pantallas que determinan en forma de grafico las acciones que se encuentran ejecutando durante el transcurso del control del motor.

Las pantallas iniciales presentan datos informativos de los integrantes del proyecto. Ver Fig. 2.20, siguiendo la secuencia se visualiza una pantalla para ingresar la clave de anexo 1980. Ver Fig. 2.21, si la contraseña es incorrecta se presenta un grafico que indica que fallo en su intento. Ver Fig. 2.22, si la clave es correcta se presenta un grafico que permite el ingreso al control del sistema. Ver Fig. 2.23



**Fig. 2.20.** Presentación para ingreso clave.



**Fig. 2.21.** Presentación ingreso clave incorrecta.



**Fig. 2.22.** Presentación para clave correcta.

Luego que se ingresa al control del sistema, se describe las acciones que realiza las opciones de las pantallas presionando las teclas correspondientes presentes en el módulo.

**1: GIRO DERECHA<sup>21</sup>.**- Permite el ingreso a las características de funcionamiento del motor en sentido horario, presentando opciones como incremento y decremento de velocidad, control de frenado, selección de velocidad (rampa de aceleración), salir del menú. Ver Fig. 2.22.

**2: GIRO IZQUIERDA<sup>21</sup>.**- Permite el ingreso a las características de funcionamiento del motor en sentido anti horario, presentando opciones como incremento y decremento de velocidad, control de frenado, selección de velocidad (rampa de aceleración), salir del menú. Ver Fig. 2.22

**3: SALIR MENU<sup>21</sup>.**- Permite regresar a una pantalla de presentación anterior. Ver Fig. 2.22



**Fig. 2.23.** Pantalla del menú.

Después de haber seleccionado algún sentido de giro existe otro menú como el que se detalla. Ver Fig. 2.24



**Fig. 2.24.** Pantalla del submenú.

**A: INC VELOCIDAD<sup>21</sup>.**- Incrementa la velocidad del motor desde el 0% hasta el 100% de su valor nominal en pasos de 0.7. Ver Fig. 2.24.

**B: DEC VELOCIDAD<sup>21</sup>.**- Decrementa la velocidad del motor desde el 100% hasta el 0% de su valor nominal en pasos de 0.7. Ver Fig. 2.24.

**C: CONT FRENADO<sup>21</sup>.**- Ejecuta el frenado del motor en tres opciones : bajo 25% , medio 50% , alto 75% . Ver Fig. 2.24.

**D: SEL VELOCIDAD<sup>21</sup>.**- Permite el control de la velocidad del motor en una rampa de aceleración y desaceleración. Ver Fig. 2.24.

**\* : SALIR MENU<sup>21</sup>.**- Retorna al menú anterior . Ver Fig. 2.24.

**%VOLT<sup>21</sup>.**- Visualiza los valores en % de las variaciones de velocidad del motor. Ver Fig. 2.24.

---

<sup>21</sup>Ver manual de operación Anexo C.

## **2.7. Diseño de Software.**

### **2.7.1. Diseño del analizador de armónicos.**

El diseño para el analizador de armónicos del sistema del drive troceador, se lo plantea de acuerdo a los requerimientos del mismo, se implementa un software en base al programa labview que presenta facilidades en el diseño de pantallas virtuales.

Nuestro analizador virtual presenta pantallas que poseen semejanzas y apariencias de un instrumento real, analizador de armónicos monofásico, que permiten el monitoreo de las señales eléctricas de línea y armadura del motor, además datos presenta datos que ayudan a determinar el comportamiento del sistema, por medio de herramientas llamadas Vis, posee un controlador para la tarjeta DAQ USB 6009, que facilita la comunicación entre hardware y software

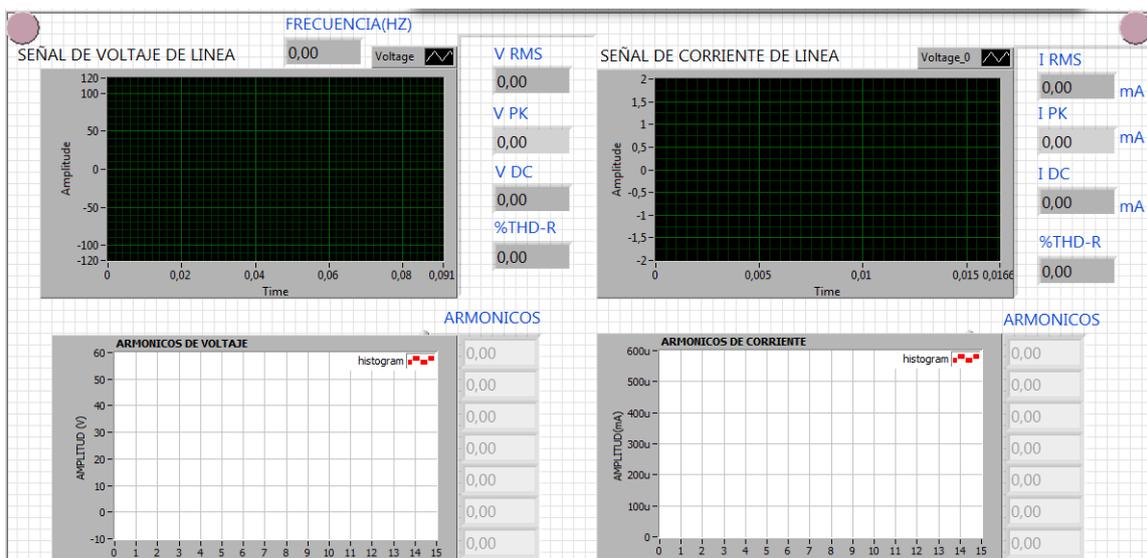


Fig. 2.25. Analizador de armónicas.

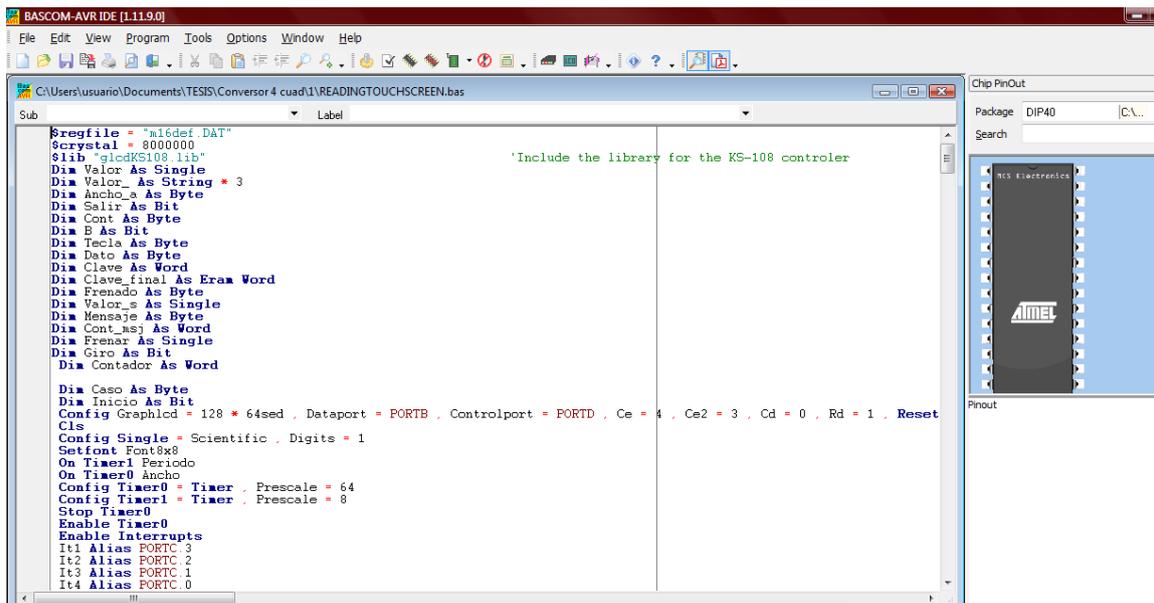
### **2.7.1. 1 Diagrama esquemático del software en labview.**



### 2.7.2. Diseño del Software para el Microcontrolador ATMEL32.

De acuerdo a los requerimientos de diseño se realiza el software de control, implementado en base al programa BasCom de la fábrica AVR, de este modo se ha facilitado la programación de todos los requerimientos del sistema. Ver Fig. 2.26.

La utilización del LCD graficable para la visualización animada, requiere generar un código fuente para gráficos, por lo tanto la utilización del software FastLcd permite copilar este tipo de archivos a un lenguaje de programación compatible con el microcontrolador ATMEL32. Ver Fig. 2.27. (a, b).



```
Sub
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$lib "glcdKS108.lib"
'Include the library for the KS-108 controler
Dim Valor As Single
Dim Valor As String * 3
Dim Ancho_a As Byte
Dim Salir As Bit
Dim Cont As Byte
Dim E As Bit
Dim Tecla As Byte
Dim Dato As Byte
Dim Clave As Word
Dim Clave_final As Eraa Word
Dim Frenado As Byte
Dim Valor_s As Single
Dim Mensaje As Byte
Dim Cont_msj As Word
Dim Frenar As Single
Dim Giro As Bit
Dim Contador As Word

Dim Caso As Byte
Dim Inicio As Bit
Config Graphlcd = 128 * 64sed , Dataport = PORTB , Controlport = PORTD , Ce = 4 , Ce2 = 3 , Cd = 0 , Rd = 1 , Reset
Cls
Config Single = Scientific , Digits = 1
SetFont Font8x8
On Timer1 Periodo
On Timer0 Ancho
Config Timer0 = Timer , Prescale = 64
Config Timer1 = Timer , Prescale = 8
Stop Timer0
Enable Timer0
Enable Interrupts
It1 Alias PORTC.3
It2 Alias PORTC.2
It3 Alias PORTC.1
It4 Alias PORTC.0
```

Fig. 2.26 Programa BASCOM.

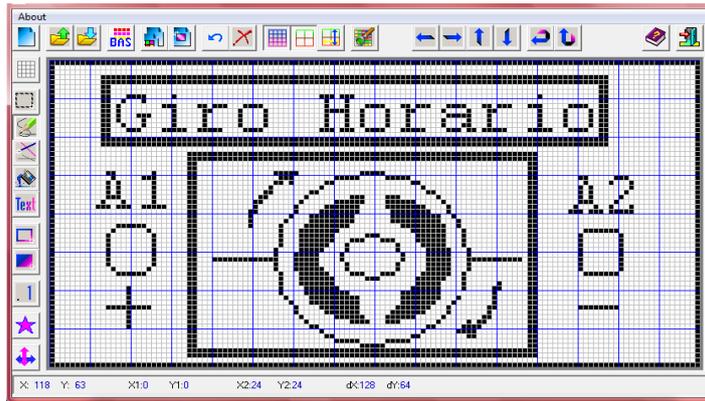


Fig. 2.27 a. Diseño del gráfico del motor.

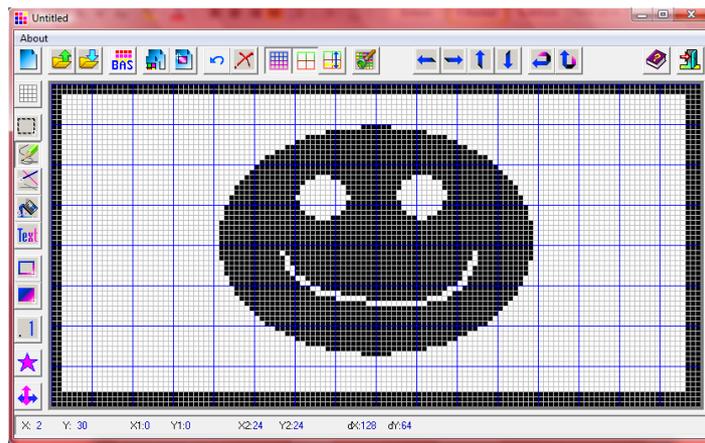


Fig. 2.27 b. Diseño del gráfico de la clave de ingreso.

### **2.7.2.1. Diagrama de flujo del programa.**





La programación del microcontrolador se encuentra en el ANEXOS F.

## **CAPÍTULO III.**

### **PRUEBAS EXPERIMENTALES.**

#### **3.1. Descripción física del sistema.**

El drive troceador DC/DC, es un módulo compacto, estándar, manipulable, entendible que consta en su parte interna de una placa electrónica : C.I 2130, C.I ULN2003A, IGBT IRG4PC40UD, disipadores de potencia, resistencias, relés, potenciómetro, zócalos de conexión, diodos de recuperación rápida, borneras de conexión empleadas para realizar acoples eléctricos, contactor de 110V, 15 Amp empleado en la alimentación del conversor AC/DC, una fuente de alimentación de 110Vac a 12 Vdc para la polarización de los circuitos integrados. En la parte frontal dispone de jacks tipo hembra de color rojo y negro empleados en la conexión eléctrica con diferentes módulos, LCD de 126 x 68 Pixeles empleado en la visualización de las diferentes características de funcionamiento del drive, además dispone de un teclado de color negro de 16 teclas cada una de ellas cumple con funciones específica, (ver manual de funcionamiento), dispone de un fusible y un switch para encender el módulo, además dispone de un tablero con simbología eléctrica para identificar las conexiones .

La placa electrónica, el panel de conexiones se encuentra montado, aislado e implementado en una gaveta metálica de modo que se acople a un módulo didáctico de un troceador de DC/DC para un motor DC de 120V, 2.8A con excitación independiente, con reóstato de 360 Ohmios.



**Fig.3.1. Drive Troceador DC/DC**

### **3.2. Pruebas Experimentales.**

Para las pruebas experimentales se ingreso al sistema del drive troceador, se analizó el correcto funcionamiento de los menús y submenús de cada una de las pantallas que posee el módulo<sup>22</sup>, para obtener los datos de voltaje y corriente se utilizó multímetros y amperímetros, para los datos de velocidad del motor en RPM se utilizó un tacómetro digital, la etapa de potencia fue alimentada con un voltaje de 120Vdc y el motor DC tiene una excitación independiente con una resistencia del reóstato de 360 Ohmios

- Al trocear la señal de alimentación con el PWM, se logra variar el voltaje medio que ingresa a la armadura del motor, por lo tanto varia la velocidad del mismo.
- La frecuencia de troceado es de 1Khz, por lo tanto los armónicos aparecerán a partir de dicha frecuencia.
- Dependiendo del voltaje medio aplicado al motor se obtendrá la magnitud de los armónicos.
- Cuando se aumenta la carga en el generador el tiempo de frenado se reduce al mínimo.
- La corriente de consumo del sistema es aproximadamente de 2.2 A.

---

22 Ver Manual de operación Anexo C.

### 3.2.1 Pruebas realizadas con el motor sin carga.

#### 3.2.1.1 Giro Derecha.

- Las primeras pruebas que se realizaron fueron con el motor sin carga, trabajando en vacío.
- En la tabla 3.1 se puede observar que la máxima corriente que consume la carga es de 1.12 Amp con un voltaje de armadura de 106.6 V.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	%VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VELOCIDAD (RPM)
120.0V	0.00	0.00(V)	0.00(A)	0.00
120.0V	10.0	5.93(V)	0.63(A)	126.25
120.0V	20.0	16.72(V)	0.79(A)	350.35
120.0V	30.0	27.66(V)	0.88(A)	566.96
120.0V	40.0	38.08(V)	0.95(A)	769.8
120.0V	50.0	49.44(V)	1.00(A)	969.96
120.0V	60.0	60.91(V)	1.06(A)	1175.7
120.0V	70.0	71.3(V)	1.10(A)	1358.7
120.0V	80.0	83.2(V)	1.12(A)	1550.8
120.0V	90.0	95.5(V)	1.12(A)	1740.6
120.0V	100.0	106.6(V)	1.12(A)	1892.7

**Tabla 3.1** Mediciones del drive troceador, giro derecha.

- En la tabla 3.2 se muestra la corriente de armadura que se genera al momento del frenado.
- Esta corriente solo va a existir en un instante de tiempo, lo cuál es suficiente para el frenado del motor, mientras mayor es el porcentaje de frenado mayor será la corriente que circule por lo tanto más rápido se producirá el frenado.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO I.		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0	0.0	0.0
10.0	0.3(mA)	0.3(mA)	0.3(mA)
20.0	0.3(mA)	0.3(mA)	0.3(mA)
30.0	0.4(mA)	0.6(mA)	1.6(mA)
40.0	0.4(mA)	2.5(mA)	4.7(mA)
50.0	1.2(mA)	4.2(mA)	8.9(mA)
60.0	1.6 (mA)	6.5(mA)	14.2(mA)
70.0	2.5(mA)	12.9(mA)	35.4(mA)
80.0	3.8(mA)	12.6(mA)	43.4(mA)
90.0	5.4(mA)	17.3(mA)	35(mA)
100.0	5.8(mA)	18.3(mA)	41.7(mA)

**Tabla 3.2.** Corriente de frenado.

### 3.2.1.2 Giro Izquierda.

- La inversión del giro del motor se produce cuando el voltaje y corriente son negativos, como se puede observar en la tabla 3.3.
- Al cien por ciento del voltaje nominal del motor, provoca una corriente máxima de 1.31 Amp.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	%VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VELOCIDAD (RPM)
--------------------------	------------------	--------------------------------	----------------------------------	--------------------

120.0V	0.00	-0.00(V)	-0.00(A)	0.00
120.0V	10.0	-5.72(V)	-0.76(A)	123.4
120.0V	20.0	-16.39(V)	-0.77(A)	356.63
120.0V	30.0	-27.35(V)	-0.97(A)	576.5
120.0V	40.0	-37.44(V)	-1.05(A)	786.77
120.0V	50.0	-48.82(V)	-1.10(A)	997.9
120.0V	60.0	-60.19V)	-1.12(A)	1217.6
120.0V	70.0	-71.0(V)	-1.17(A)	1404.8
120.0V	80.0	-82.7(V)	-1.18(A)	1619.4
120.0V	90.0	-94.6(V)	-1.19(A)	1821.2
120.0V	100.0	-103.3(V)	-1.31(A)	1990.1

**Tabla 3.3** Mediciones del drive troceador, giro izquierda.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO I.		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0	0.0	0.0
10.0	0.3(mA)	0.3(mA)	0.3(mA)
20.0	0.3(mA)	0.3(mA)	0.3(mA)
30.0	0.7(mA)	0.6(mA)	1.6(mA)
40.0	0.5(mA)	3.0(mA)	7.4(mA)
50.0	0.6(mA)	4.3(mA)	9.71(mA)
60.0	0.9 (mA)	5.6(mA)	15.8(mA)
70.0	1.2(mA)	13.9(mA)	35.6(mA)
80.0	2.1(mA)	13.8(mA)	45(mA)
90.0	4.9(mA)	19.7(mA)	48.5(mA)
100.0	5.2(mA)	20.6(mA)	43.7(mA)

**Tabla 3.4.** Corriente de frenado.

### 3.2.2 Pruebas realizadas con el motor con carga.

#### 3.2.2.1 Giro Derecho con una carga de 1200 ohmios.

- El voltaje y corriente de armadura del motor, tiende a reducirse cuando se incrementa la carga en el generador.
- La acción del frenado del motor se ve afectada por el aumento de carga.

- La corriente de armadura en el generador es de 0.22 A.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0V	0.00	0.00(V)	0.00(A)	0.00(V)	0.00	0.00
120.0V	20.0	16.6(V)	0.44(A)	17.5(V)	345.7	344.3
120.0V	40.0	38.7(V)	0.51(A)	44.8(V)	760.83	760..21
120.0V	60.0	61.7V)	0.59(A)	73.00(V)	1168.7	1167.5
120.0V	80.0	84.3(V)	0.64(A)	100.1(V)	1539.9	1511.5
120.0V	100.0	105.7(V)	0.68(A)	125.2(V)	1876.4	1876.3

**Tabla 3.5.** Mediciones del drive troceador, giro derecha con una carga de 1200 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO I.		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0(mA)	0.0(mA)	0.0(mA)
20.0	0.1(mA)	0.40(mA)	0.7(mA)
40.0	0.2(mA)	1.92(mA)	8.4(mA)
60.0	1.5(mA)	5.89(mA)	32.2(mA)
80.0	2.8(mA)	10.1(mA)	45.4(mA)
100.0	3.4(mA)	19.8(mA)	48.5(mA)

**Tabla 3.6** Corriente de frenado, giro derecha con una carga de 1200 ohmios.

### 3.2.2.2 Giro Izquierda con una carga de 1200 ohmios.

- Al invertir el giro del motor el generador producirá un voltaje negativo, porque también se invirtió su sentido de giro.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0 V	0.00	-0.00(V)	-0.00(A)	-0.00(V)	0.00	0.00
120.0 V	20.0	-16.6(V)	-0.44(A)	-17.5(V)	352.9	356.31
120.0 V	40.0	-38.7(V)	-0.54(A)	-46.08(V)	781.3	786.4
120.0 V	60.0	-61.7V)	-0.63(A)	-75.00(V)	1210.6	1218.6
120.0 V	80.0	-84.7(V)	-0.71(A)	-104.4(V)	1614.7	1619.5
120.0 V	100.0	-106.4(V)	-0.76(A)	-131.4(V)	1788.3	1779.4

**Tabla 3.7.** Mediciones del drive troceador, giro izquierdo con una carga de 1200 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0(mA)	0.0(mA)	0.0(mA)
20.0	0.1(mA)	0.40(mA)	1.1(mA)
40.0	0.2(mA)	3.2(mA)	4.4(mA)
60.0	1.5(mA)	10.5(mA)	32.8(mA)
80.0	2.8(mA)	16.7(mA)	41.3(mA)
100.0	3.4(mA)	25.8(mA)	42.7(mA)

**Tabla 3.8** Corriente de frenado, giro izquierdo con una carga de 1200 ohmios.

**3.2.2.3 Giro Derecho con una carga de 400 ohmios.**

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0V	0.00	0.00(V)	0.00(A)	0.00(V)	0.00	0.00
120.0V	20.0	16.8(V)	0.41(A)	17.6(V)	347.83	347.95
120.0V	40.0	37.8(V)	0.56(A)	42.5(V)	752.67	752.17
120.0V	60.0	59.9V)	0.69(A)	68.1(V)	1149.4	1149.7
120.0V	80.0	81.8(V)	0.81(A)	92.8(V)	1504.9	1504.9
120.0V	100.0	102.7(V)	1.23(A)	115.2(V)	1812.8	1812.3

**Tabla 3.9.** Mediciones del drive troceador, giro derecha con una carga de 400 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0(mA)	0.0(mA)	0.0(mA)
20.0	0.1(mA)	0.25(mA)	1.4(mA)
40.0	0.2(mA)	3.23(mA)	13.9(mA)
60.0	1.3(mA)	8.71(mA)	28.1(mA)
80.0	3.3(mA)	16.3(mA)	32.4(mA)
100.0	4.4(mA)	16.92(mA)	34.8(mA)

**Tabla 3.10** Corriente de frenado, giro derecha con una carga de 400 ohmios.

### 3.2.2.4 Giro izquierda con una carga de 400 ohmios.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0 V	0.00	-0.00(V)	-0.00(A)	0.00(V)	0.00	0.00
120.0 V	20.0	-16.9(V)	-0.45(A)	-17.9(V)	352.59	351.85
120.0 V	40.0	-38.12(V)	-0.61(A)	-44.06(V)	773.61	776.20
120.0 V	60.0	-60.52(V)	-0.76(A)	-71.3(V)	1195.5	1195.1
120.0 V	80.0	-81.8(V)	-0.89(A)	-97.2(V)	1580.1	1580.4
120.0 V	100.0	-102.7(V)	-0.99(A)	-120.9(V)	1911.6	1912.1

**Tabla 3.11.** Mediciones del drive troceador, giro izquierdo con una carga de 400 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0(mA)	0.0(mA)	0.0(mA)
20.0	0.1(mA)	0.25(mA)	1.1(mA)
40.0	0.2(mA)	3.14(mA)	11.43(mA)
60.0	1.3(mA)	6.82(mA)	20.4(mA)
80.0	2.9(mA)	12.3(mA)	32.1(mA)
100.0	3.6(mA)	15.3(mA)	28.9(mA)

**Tabla 3.12** Corriente de frenado, giro izquierdo con una carga de 400 ohmios.

### 3.2.2.5 Giro Derecho con una carga de 240 ohmios.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0V	0.00	0.00(V)	0.00(A)	0.00(V)	0.00	0.00
120.0V	20.0	38.4(V)	0.6(A)	17.8(V)	337.36	337.86
120.0V	40.0	68.3(V)	0.69(A)	38.2(V)	730.07	729.58
120.0V	60.0	85.5(V)	0.7(A)	58.1(V)	1111.6	1111.4
120.0V	80.0	98.9(V)	0.76(A)	76.3(V)	1452.2	1453.1
120.0V	100.0	108.8(V)	0.85(A)	105.7(V)	1743.0	1741.9

**Tabla 3.13.** Mediciones del drive troceador, giro derecha con una carga de 240 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.0(mA)	0.0(mA)	0.0(mA)
20.0	0.5(mA)	0.8(mA)	13.8(mA)
40.0	1.1(mA)	10.7(mA)	17.6(mA)
60.0	1.3(mA)	14.8(mA)	20.4(mA)
80.0	1.4(mA)	25.2(mA)	107.6(mA)
100.0	6.3(mA)	38.4(mA)	118.4(mA)

**Tabla 3.14** Corriente de frenado, giro derecha con una carga de 240 ohmios.

### 3.2.2.6 Giro izquierda con una carga de 240 ohmios.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0 V	0.00	-0.00(V)	-0.00(A)	0.00(V)	0.00	0.00
120.0 V	20.0	-38.1(V)	-0.70(A)	-17.9(V)	342.53	340.76
120.0 V	40.0	-67.5(V)	-0.77(A)	-39.1(V)	750.7	752.61
120.0 V	60.0	-84.7(V)	-0.83(A)	-60.3(V)	1151.1	1151.3
120.0 V	80.0	-94.2(V)	-0.92(A)	-78.3(V)	1512.3	1513.13
120.0 V	100.0	-107.4(V)	-1.2(A)	-105.3(V)	1821.4	1821.1

**Tabla 3.15.** Mediciones del drive troceador, giro izquierdo con una carga de 240 ohmios.

% VOLTAJE V(%)	PORCENTAJE DE FRENADO CORRIENTE DE FRENADO		
	25.0%	50.0%	75.0%
0.00	0.00(mA)	0.00(mA)	0.00(mA)
20.0	0.4(mA)	1.0(mA)	1.1(mA)
40.0	1.9(mA)	3.5(mA)	15.8(mA)
60.0	2.3(mA)	5.8(mA)	23.8(mA)
80.0	2.7(mA)	19.8(mA)	73.1(mA)
100.0	7.4(mA)	36.4(mA)	108.9(mA)

**Tabla 3.16** Corriente de frenado, giro izquierdo con una carga de 240 ohmios.

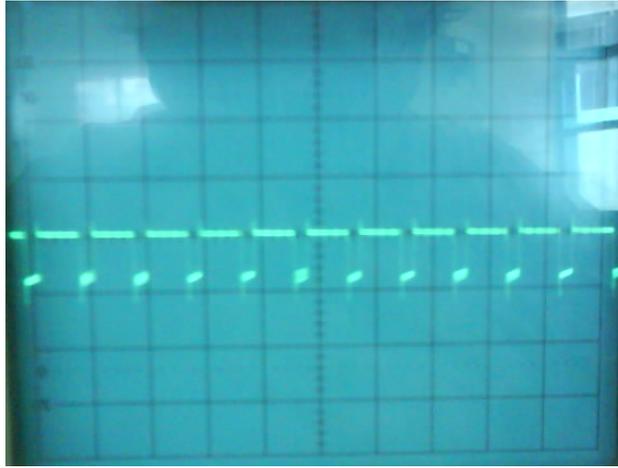
### 3.2.3 Señales eléctricas del Drive Troceador DC/DC.

- En esta parte se observan los diferentes porcentajes de troceado de la señal, así como sus formas de onda de voltaje de troceado y corriente de armadura.
- Co estas formas de onda se comprueba con la práctica todo la teoría mencionada anteriormente.

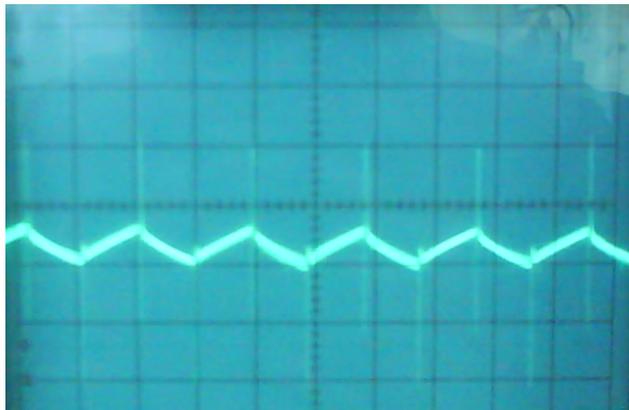
#### 3.2.3.1 Señales en giro derecho.



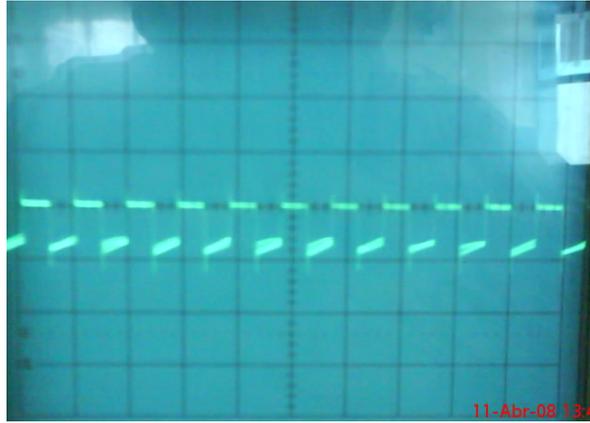
**Fig. 3.2** Corriente de armadura al 25% de voltaje a 1Khz, giro derecho.



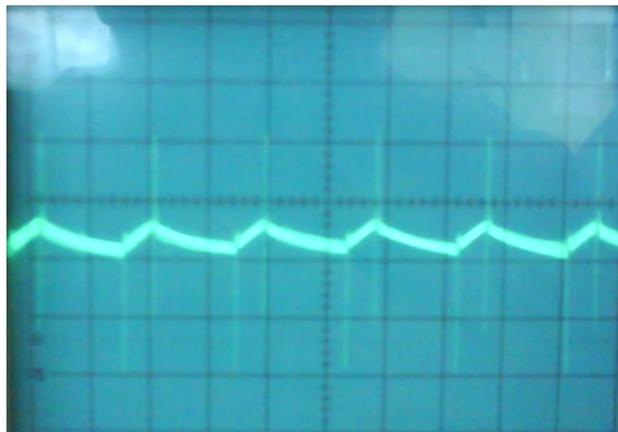
**Fig. 3.3** Troceado al 25% de voltaje a 1Khz, giro derecho.



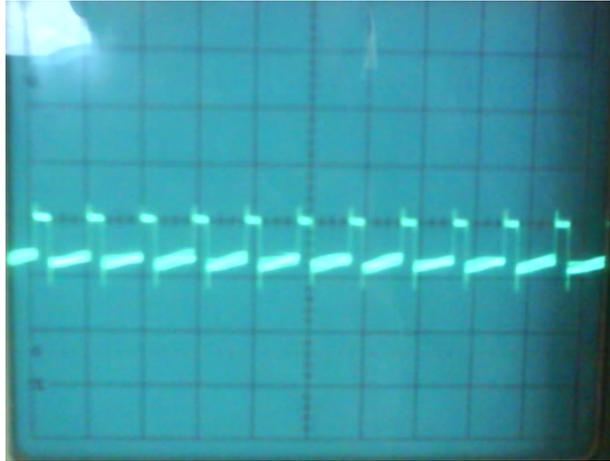
**Fig. 3.4** Corriente de armadura al 50% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.



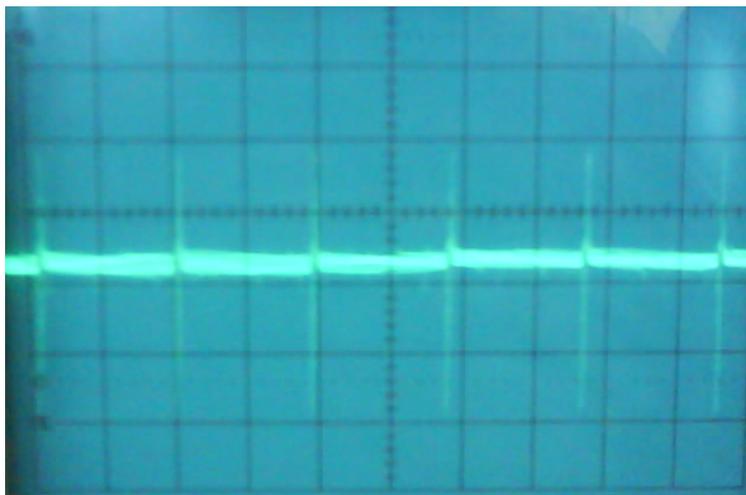
**Fig. 3.5** Troceado al 50% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.



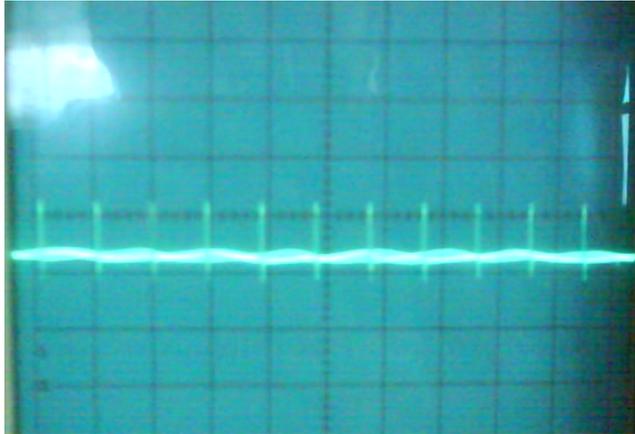
**Fig. 3.6** Corriente de armadura al 75% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.



**Fig. 3.7** Troceado al 75% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.

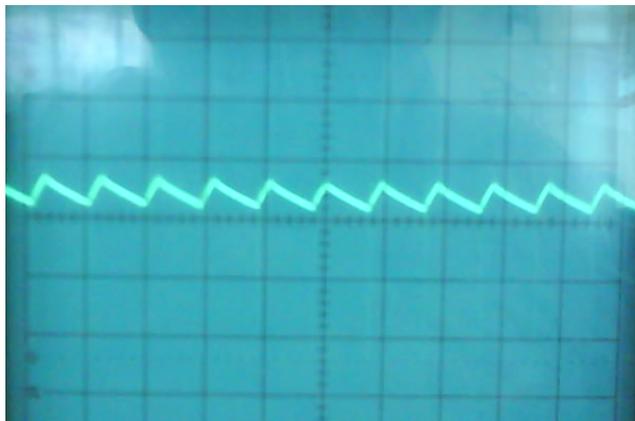


**Fig. 3.8** Corriente de armadura al 100% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.

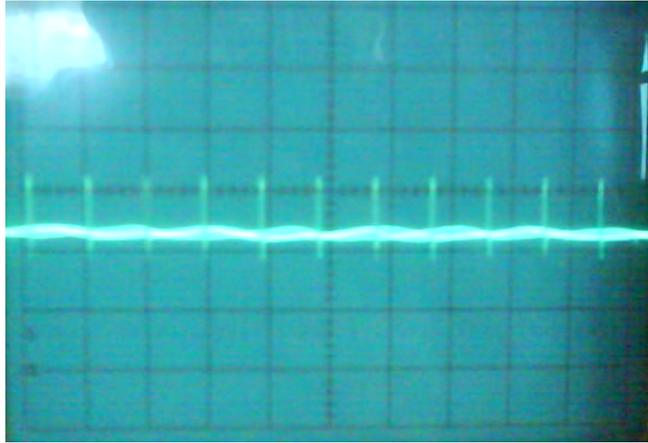


**Fig. 3.9** Troceado al 100% de voltaje, a 1Khz, giro derecho.

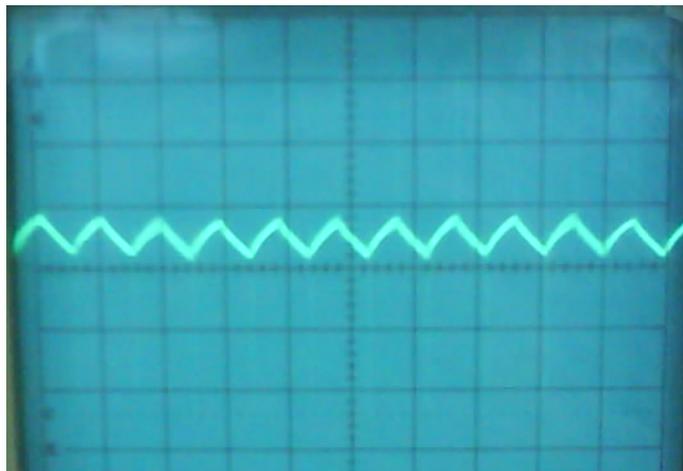
### 3.2.3.2 Señales en giro izquierdo.



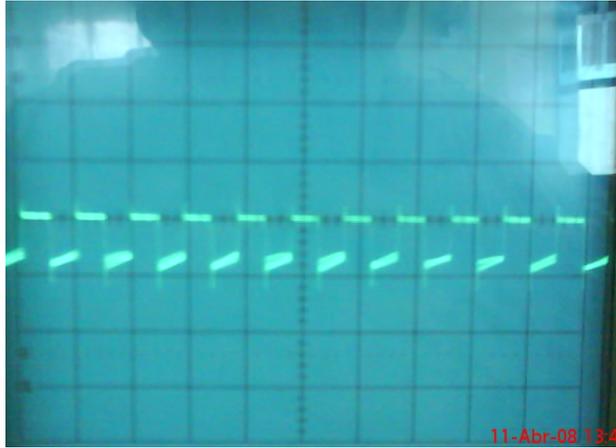
**Fig. 3.10** Corriente de armadura al 25% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



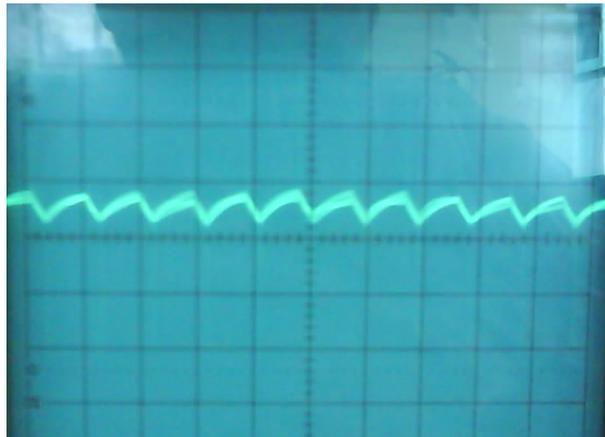
**Fig. 3.11** Troceado al 100% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



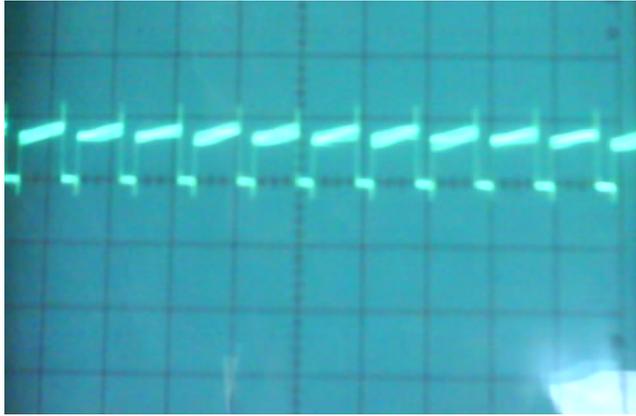
**Fig. 3.12** Corriente de armadura al 50% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



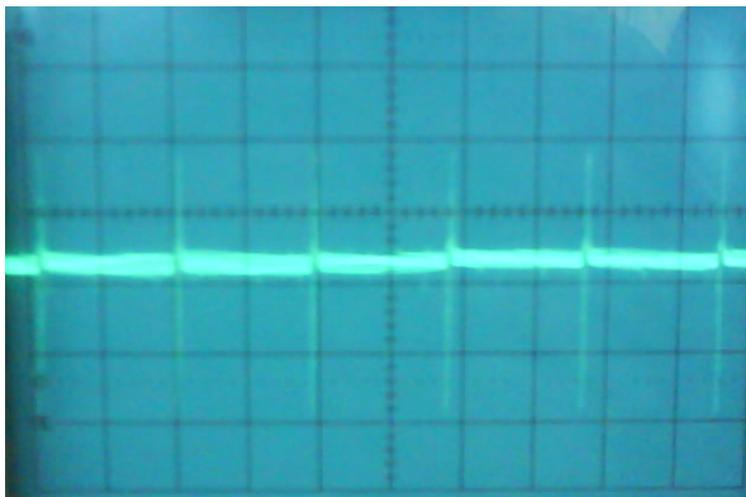
**Fig. 3.13** Troceado al 50% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



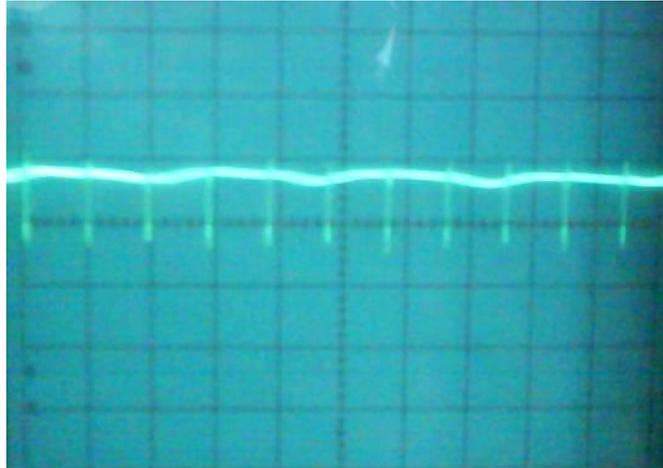
**Fig. 3.14** Corriente de armadura al 75% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



**Fig. 3.15** Troceado al 75% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



**Fig. 3.16** Corriente de armadura al 100% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.



**Fig. 3.17** Troceado al 100% de voltaje, a 1Khz, giro izquierdo.

### 3.2.4 Análisis de armónicas.

Para el análisis de armónicas se utilizó el analizador monofásico fluke, y el software desarrollado en labview.

En las siguientes tablas se muestra los resultados obtenidos.

MEDICIONES CON EL MOTOR TRABAJANDO CON CARGA DE 300 OHMIOS VOLTAJE DE ARMADURA 50%			
PARÁMETROS	ANALIZADOR DE ARMÓNICOS	ANALIZADOR DE SEÑALES	ERROR (%)
FRECUENCIA FUNDAMENTAL (Hz)	60	59,8	-0,334448161
THD CORRIENTE (%)	49,9	50,4	0,992063492
THD VOLTAJE (%)	2,9	2,87	-1,045296167
VOLTAJE (V)	81	79,09	-2,414970287
CORRIENTE (A)	0,82	0,79	-3,797468354
VOLTAJE RMS(Vrms)	56,6	55,93	-1,197925979
CORRIENTE RMS (Arms)	0,36	0,37	2,702702703
POTENCIA APARENTE S (VA)	20	20,31	1,526341704
FACTOR DE POTENCIA	-83,4	-84,3	1,067615658

**Tabla 3.17** Análisis de armónicas con una carga de 300 ohmios y 50% de voltaje de armadura

MEDICIONES CON EL MOTOR TRABAJANDO CON CARGA DE 300 OHMIOS VOLTAJE DE ARMADURA 100%			
PARÁMETROS	ANALIZADOR DE ARMÓNICOS	ANALIZADOR DE SEÑALES	ERROR (%)
FRECUENCIA FUNDAMENTAL (Hz)	60	59,9	-0,166944908
THD CORRIENTE (%)	31,4	31,27	-0,41573393
THD VOLTAJE (%)	2,9	2,87	-1,045296167
VOLTAJE (V PK)	80	77,74	-2,907126318
CORRIENTE (A PK)	1,3	1,26	-3,174603175
VOLTAJE RMS(Vrms)	56,6	54,97	-2,965253775
CORRIENTE RMS (Arms)	0,7	0,72	2,777777778
POTENCIA APARENTE S (VA)	38,7	39,8	2,763819095
FACTOR DE POTENCIA	-91,7	-93,2	1,60944206

**Tabla 3.18** Análisis de armónicas con una carga de 300 ohmios y 100% de voltaje de armadura.

### 3.2.4.1 Señales eléctricas de voltaje y corriente de línea.

En las siguientes figuras se muestra las señales de onda del voltaje y corriente de línea observadas en el analizador monofásico Fluke y en el software de labview.

#### a) Formas de onda en el analizador Fluke.



a)

b)

**Fig. 3.18** a) Forma de onda del voltaje b) Armónicos presentes en el voltaje

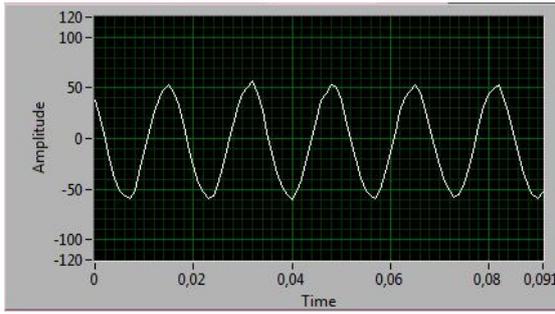


a)

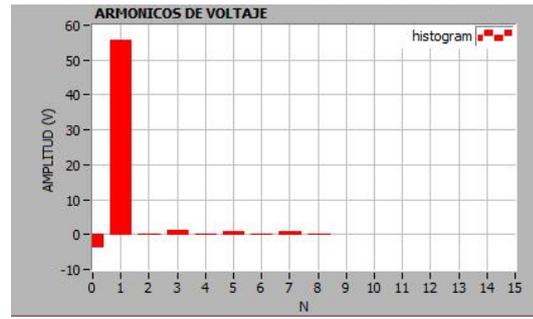
b)

**Fig. 3.19** a) Forma de onda de la corriente b) Armónicos presentes en la corriente

**b) Formas de onda en el analizador de labview.**

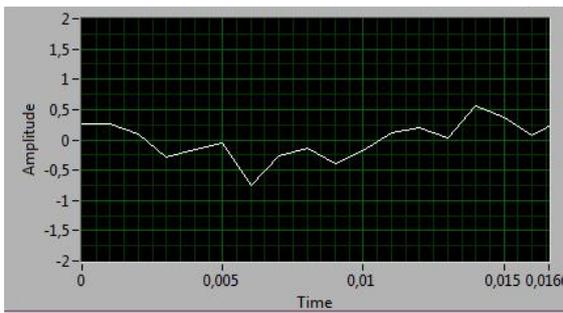


a)



b)

**Fig. 3.20** a) Forma de onda del voltaje b) Armónicos presentes en el voltaje



a)



b)

**Fig. 3.21** a) Forma de onda de la corriente b) Armónicos presentes en la corriente

En base a todas las pruebas experimentales, podemos concluir que el Drive Troceador DC/DC para un motor de 175wattios-1800rpm-120Vdc-2.8 Amp, tiene una funcionalidad del 100% en base a los requerimientos establecidos en el proyecto.

### 4.3. Análisis técnico – económico.

Item	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Subtotal (UDS)
------	-------------	----------	----------------	----------------

			(USD)	
1	TARJETA DAQ NI 6009	1	398.48	398.48
2	IMPRESIÓN VINILO A2	2	5.00	10.00
3	ACRÍLICO 12 PULGADAS	1	6.00	6.00
4	ACRÍLICO 6 PULGADAS	2	4.00	8.00
5	CAJA PARA EL DRIVE	1	40.00	40.00
6	IGBT's IRG4PC40UD	6	32.50	195.00
7	IR2130	1	38.00	38.00
8	CONTACTOR GMC 110V	1	11.53	11.53
9	PLACA DE VAQUELITA	3	3.00	9.00
10	ATMEL32 AVR	1	35.00	35.00
11	LCD GRAFICABLE	1	43.30	43.30
12	LED's	4	0.50	2.00
13	TECLADO MATRICIAL	1	5.40	5.40
14	CONECTORES HEMBRA	12	0.50	6.00
15	LÁMPARA 25W	1	0.40	0.40
16	BOQUILLA	1	0.30	0.30
17	ALAMBRE FLEXIBLE #16	7 METROS	0.35	2.45
18	DIODOS FR 3007	2	0.80	2.60
19	DIODOS UF4007	4	0.70	2.80
20	CAPACITORES 10uf	4	0.15	0.60
21	RESISTENCIAS	20	0.05	1.00
22	POTENCIOMETROS 1K	2	0.25	0.50
23	ZÓCALOS	4	0.25	1.00
24	CONECTORES	6	0.35	2.10
25	C.I. ULN2003A	1	0.80	0.80
26	TOMACORRIENTE	1	0.90	0.90
27	TORNILLOS	4	0.05	0.20
28	SILICON	1	3.65	3.65
29	FOTOGRAFADO	3	5.00	15.00
30	VARIOS	1		40.00
			TOTAL	877.01

#### 4.4. Alcance y limitaciones.

El diseño e implementación del módulo didáctico del Drive Troceador DC/DC posee varias características importantes de operatividad que conllevan a la comprensión de las etapas de manipulación que posee. Siendo los siguientes aspectos los alcances determinados en este.

Visualización de pantallas de control graficables por pixeles, leds indicadores, permiten al usuario familiarizarse con la manipulación de paneles digitales.

Control del sentido de giro de un motor de 120Vdc, 2.8 A, en dirección derecha e izquierda, permite obtener un criterio de operabilidad del puente H de IGBTs.

Incremento y decremento de velocidad de un motor de 120 Vdc, 2.8A en pasos de 0.8, desde 0% hasta 100% del valor del voltaje nominal del motor, al tiempo que el usuario desee para una rampa de aceleración de 10 msg hasta 1000 msg y sin ella.

Realizar un frenado controlado de 25%, 50%, 75%, del motor en ambos sentidos de giro, que permite realizar el control de paro de este, a diferentes tiempos empleando carga y visualizar el retorno de corriente con un amperímetro o lámpara.

Realizar prácticas de laboratorio de electrónica de potencia, empleando módulos existentes en este, para implementar un drive trocedador en cuatro cuadrantes.

Empleo de una tarjeta de adquisición de datos USB6009 y un software Labview para visualizar el comportamiento de las señales de voltaje, corrientes de armadura y características dadas por un analizador de espectros monofásico.

Todo sistema existente en el mercado posee características de diseño, funcionamiento y aplicación para un requerimiento específico, contando con limitaciones. Dados los objetivos y metas planteadas, este proyecto presenta la siguiente limitación.

Cuando la alimentación de un troceador DC/DC es un convertor AC/DC no se puede emplear un frenado con retorno de corriente a la fuente de alimentación, porque se requiere de convertor AC/DC dual, con fines didácticos la corriente

se visualiza en un amperímetro a través de una carga que es una lámpara de 120V, 24 wattios.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se diseño e implementó un módulo didáctico de un Drive Troceador para el control de una máquina DC en cuatro cuadrantes, destinado al Laboratorio de Control Eléctrico y PLC's, cumpliendo con el objetivo establecido en un 100%.

Se determinó las etapas funcionales de un Drive Troceador las cuales son: etapa de potencia, redes snubbers, circuito de mando de los transistores de potencia, circuito de control y filtro.

Se identificó tres técnicas de conmutación: PWM, por variación de frecuencia, por control de rizado. Para nuestro proyecto se consideró óptimo la técnica de PWM, puesto que se consigue variar el voltaje y la corriente entregada a la carga y manteniendo constante la frecuencia del troceador, y también cuatro topologías básicas de tipos de convertidores DC/DC que son: convertidor DC/DC reductor, convertidor DC/DC elevador, convertidor DC/DC reductor – elevador, convertidor DC/DC tipo puente.

Se realizaron las adecuaciones necesarias para que este módulo sea parte integral del laboratorio de Control eléctrico y PLC's, presentando un material didáctico, compacto, estándar, manipulable, para la realización de prácticas de laboratorio.

Se diseñaron adecuadamente todas las etapas que constituyen el Drive Troceador, para su correcto funcionamiento y que cumplan todos requerimientos planteados en este proyecto.

Se seleccionó cada uno de los elementos constitutivos del módulo, de tal forma que sean los óptimos para que el sistema cumpla con todos los objetivos planteados.

Se diseño e implementó un analizador de espectros virtual para determinar el comportamiento de los datos, curvas, armónicos del Drive Troceador, comprobando el correcto funcionamiento del sistema.

Se estableció la comunicación de datos entre la parte de hardware y software mediante una tarjeta de datos USB 6009, el software Labview y el software Meassure Automation, para monitorear señales y datos mediante una PC.

Para determinar el correcto funcionamiento del equipo se realizaron pruebas experimentales las cuales están indicadas en el capítulo 3, donde se evalúa toda la operabilidad del mismo.

Se elaboró y verificó una guía de práctica de laboratorio donde el estudiante encontrará toda la información requerida para el aprendizaje didáctico del un Drive Troceador DC/DC.

### **Recomendaciones.**

Para el correcto funcionamiento del Drive Troceador DC/DC se recomienda leer el manual de operación antes de utilizarlo.

Cuando se trabaje con el Drive Troceador, se debe energizar primero la etapa de control y luego la de potencia para evitar efectos de funcionamiento, y por seguridad desconectar en forma invertida.

Para que efectivamente se de el frenado regenerativo se recomienda usar un conversor AC/DC dual o un banco de baterías.

Debido a pruebas experimentales con el IGBT IRG4PC40UD, se recomienda a personas que realicen trabajos con este tipo de interruptor, conectar un diodo de recuperación rápida en anti-paralelo, a pesar que en las hojas de especificaciones indica que posee dentro de su encapsulado.

### **BIBLIOGRAFIA.**

RASHID, M. (1995) "Electrónica de Potencia; Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones", Capítulo 9 "Pulsadores en CD". 2ª edición Pearson Educación.

MOHAN / UNDELAND / ROBBINS " Power electronics ", 2 da Edition, 1995, pág 27

CHILET SEGUI SALVADOR, SALES FRANCISCO, DIAZ CARLOS "Electrónica de Potencia Fundamentos Básicos" , 1ra Edición, 2004

BHAG S .GURU, HUSEVIN R. HIZIROGLU “Máquinas y Transformadores “2da Edición 1995.

WILLIAM COOPER, ALBERT HELFRICK “Instrumentación Moderna y Técnicas de Medición “1ra Edición 1991.

MIGUEL A PEREZ GARCIA, JUAN C ALVAREZ ANTON.”Instrumentación Electrónica “ 2004

INTERNATIONAL RECTIFIER “Bootstrap Component Selection For Control IC’s”, Design Tip No. DT98-2a, edited by Adams J.

INTERNATIONAL RECTIFIER “HV Floating MOS – Gate Driver IC’s”, Application Note No. AN978-b,

INTERNATIONAL RECTIFIER “Six-Output 600V MGDs Simplify 3-Phase Motor Drives” Application Note No AN985

# ANEXOS

**ANEXO A**

**GLOSARIO DE  
TÉRMINOS**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

### A

**Armónicos:** Un armónico de una onda es un componente sinusoidal. Su frecuencia es un múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos más altos es mucho menor que la amplitud de la onda fundamental y tiende a cero.

**Ac:** Corriente alterna.

**Acrílico:** Es una de las tantas variantes del plástico, puede permanecer largo tiempo, en la intemperie, sin sufrir daño alguno.

**ADC:** Convertidor analógico digital o ADC, circuito electrónico que convierte una señal analógica en digital. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo.

**Arquitectura Risk:** Es una filosofía de diseño de un microprocesador que posee un conjunto de instrucciones pequeños y simples que toman menor tiempo para ejecutarse.

## C

**Convertor AC/DC Dual:** Es un sistema que convierte voltaje  $V_{ac}$  en voltaje  $V_{dc}$  y permite el retorno de corriente al sistema cuando se realiza un frenado.

**Convertor AC/DC:** Es un sistema que convierte voltaje  $V_{ac}$ , en voltaje  $V_{dc}$ .

**Configuración Delta:** Método trifásico de conexión donde los devanados individuales se conectan de una forma que se asemeja a una conexión en triángulo.

**Configuración Estrella:** Método trifásico de conexión en donde los tres voltajes de fase se conectan para formar un punto neutro en forma de  $Y$ .

**Conmutación:** Cambiar el estado específico de control en una determinada operación.

**Chopper:** Convertor que transforma un voltaje VDC fijo a un voltaje VDC variable.

**Capacitor bootstrap:** Elemento que se utiliza para generar la fuente bootstrap conjuntamente con un diodo.

**Corriente Continua:** Corriente de salida en un puente H que provoca instantes de tiempo en los que la corriente de armadura del motor nunca sea nula.

**Corriente Discontinua:** Corriente de salida en un puente H que provoca instantes de tiempo en los que la corriente de armadura del motor es nula.

## D

**DAQ:** Tarjeta electrónica utilizada para la adquisición de datos.

**Dc:** Corriente continua.

**Delgas:** El colector de un motor dc consta de un anillo, concéntrico al eje de giro y aislado eléctricamente del mismo, formado por una serie de láminas, generalmente de cobre, aisladas unas de otras y conectadas a su vez a los terminales de cada una de las bobinas giratorias. A cada una de estas láminas es lo que denomina delga.

**Diodo de recuperación rápida:** Semiconductor utilizado para trabajar a altas frecuencias.

**Disipación de potencia:** Cuando la corriente circula desde la fuente de alimentación hacia tierra, pasando por elementos electrónicos, se consume energía eléctrica que se transforma en energía calorífica se denomina disipación de potencia.

**Diodos Bootstrap:** Elemento semiconductor generar la fuente bootstrap.

## E

**EEPROM:** Electrically Erasable Programmable Read Only Memory. Memoria sólo lectura programable y borrable eléctricamente.

## F

**Factor de potencia:** Es la relación que existe entre la potencia real y la potencia aparente.

**FEM:** Es el voltaje generado por los devanados de armadura del motor.

**Filtro:** Circuito electrónico, que permite el paso de ciertas frecuencias.

**Frenado regenerativo:** Es la acción que permite el regreso de corriente a la fuente de alimentación.

**Frecuencia:** Es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo.

## G

**Gate:** Terminal de conexión del IGBT.

## I

**IGBT:** El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT, del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia.

**Impedancia:** Resistencia aparente de un circuito eléctrico al paso de la corriente alterna.

**Intensidad:** Cantidad de energía que atraviesa la sección recta de un conductor en una unidad de tiempo.

## L

**LCD Graficable: Liquid Crystal Display** - Pantalla de Cristal Líquido, permite una pantalla más delgada y plana, además de una excelente definición. Estas pantallas poseen dos capas de material polarizante. Entre las capas se introduce una solución de cristal líquido. Se programan por pixels.

## M

**Motor Dc:** Máquina que produce energía mecánica, cuando se alimenta de una corriente continua.

## P

**Programación serial Usart:** Transmisión de datos que utiliza un puerto serial

**Proteus:** Software utilizado para programar en lenguaje Basic, microcontroladores.

**PWM:** Modulador por ancho de pulso varía el tiempo en alto y al tiempo en bajo mientras se mantiene una frecuencia fija.

## R

**Rango:** Conjunto de valores de una variable, se especifica mediante el límite inferior y el superior.

**Rampa de Aceleración.-** Cambio de velocidad en forma lineal desde su valor mínimo al máximo y viceversa.

**Redes Snubber:** Conjunto de elementos semiconductores formado por diodos, resistencia, capacitores configurados en un esquema específico, utilizados para proteger elementos electrónicos de condiciones eléctricas anómalas.

## S

**Sram:** Memoria de acceso aleatorio estática. Tipo de memoria RAM. La palabra "estática" indica que estas memorias retienen su contenido el tiempo que reciben energía.

## T

**Tiempo Muerto:** Retardo del ángulo de disparo entre dos señales.

**Transformada de Fourier:** Fórmula matemática empleada para el análisis de armónicos.

**TTL:** Transistor, Transistor Logic. Familia lógica. Es una familia lógica o lo que es lo mismo, una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales.

## V

**Voltaje de Armadura:** Es una tensión denominada fuerza electromotriz que se genera en el inducido del motor cuando el motor Dc es alimentado con un voltaje.

# **ANEXO B**

## **CIRCUITO FUNCIONAL DEL DRIVE TROCEADOR DC/DC**

# **ANEXO C**

## **MANUAL DE OPERACIÓN**

### **MANUAL DE OPERACIÓN.**

- 1. Descripción de Terminales.**

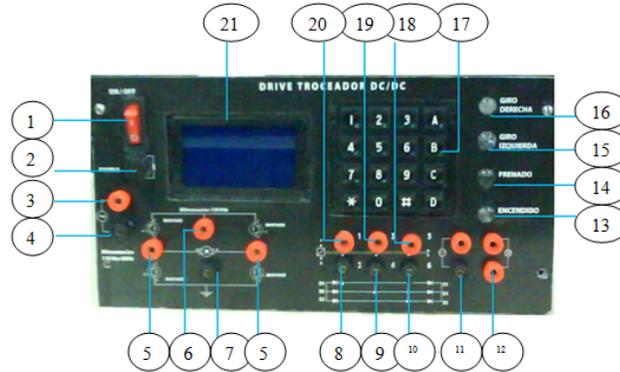


Fig No.1

NÚMERO	ELEMENTO	DESCRIPCION
1	SWITCH ON/OFF	Interruptor de encendido y apagado del Drive troceador
2	FUSIBLE	Protección contra sobrecorriente 5 Amp fuente de 120Vdc
3	CONECTOR HEMBRA ROJO	Alimentación de 110Vac(fase)
4	CONECTOR HEMBRA NEGRO	NEUTRO de la alimentación de 110Vac.
5	CONECTOR HEMBRA ROJO	Terminales hacia la armadura del motor dc.
6	CONECTOR HEMBRA ROJO	Alimentación de 120Vdc terminal positivo.
7	CONECTOR HEMBRA NEGRO	Alimentación de 120Vdc terminal negativo.
8	CONECTOR HEMBRA NEGRO	Terminal número 2 hacia el puente de diodos.
9	CONECTOR HEMBRA NEGRO	Terminal número 4 hacia el puente de diodos.
10	CONECTOR HEMBRA NEGRO	Terminal número 6 hacia el puente de diodos.
11	CONECTOR HEMBRA ROJO,NEGRO	Terminal para el amperímetro.
12	CONECTOR HEMBRA ROJO	Terminal hacia el foco.
13	LED	Indicador de ingreso al menú..
14	LED	Indicador de Frenado del motor.
15	LED	Indicador de giro derecha del motor.
16	LED	Indicador de giro izquierda del motor.
17	TECLADO	Permiten realizar las opciones de control del drive.
18	CONECTOR HEMBRA ROJO	Terminal hacia la conexión estrella fase R
19	CONECTOR HEMBRA ROJO	Terminal hacia la conexión estrella fase T
20	CONECTOR HEMBRA ROJO	Terminal hacia la conexión estrella fase T
21	LCD GRAFICABLE	Visualiza las pantallas de control

Tabla No.1

#### 4.- Ingreso al sistema.

- Una vez realizadas las conexiones indicadas en el literal 2, encendemos el módulo, se presentará dos pantallas de bienvenida No.1 y No.2, fijándose en la pantalla No.3, donde ingresaremos la clave de seguridad.



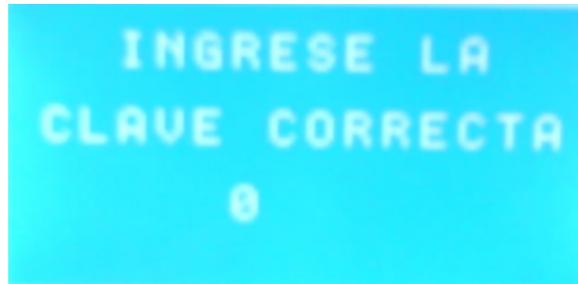
ESPE LATACUNGA  
DRIVE TROCEADOR  
MOTOR DC

Pantalla No.1



INTEGRANTES:  
-DIEGO AREQUIPA  
-ISMAEL GUAMANI  
LATACUNGA 2008

Pantalla No.2

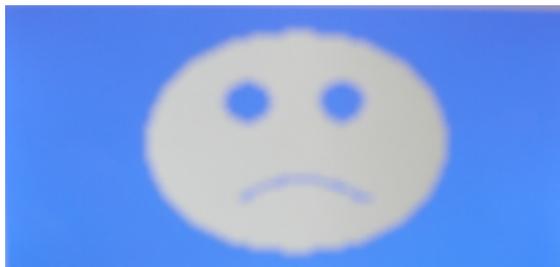


Pantalla No.3

CLAVE=8456.

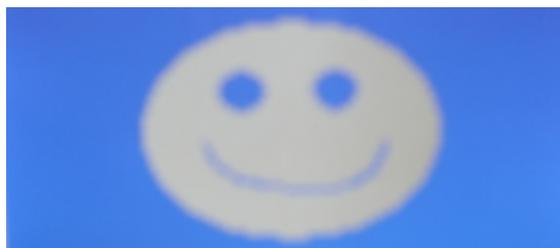
Luego de ingresar la clave damos un enter (#)

- Si la clave es incorrecta el lcd mostrará la pantalla No.4.



Pantalla No.4

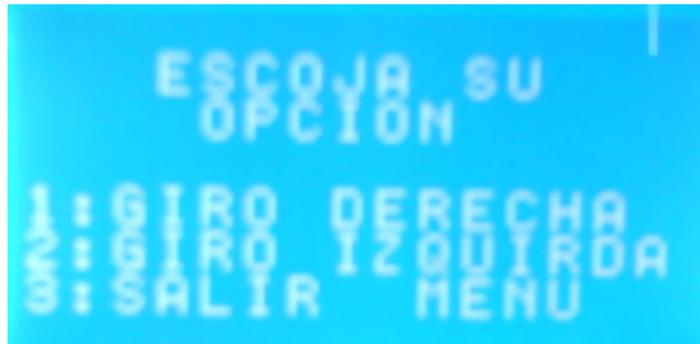
- Si la clave es correcta el lcd mostrará la pantalla No.5.



Pantalla No.5

#### **4.1 Ingreso al menú principal.**

- Cuando el usuario digite la clave correcta e ingrese al sistema se visualizará el siguiente menú. Pantalla No.6



Pantalla No.6

- En la tabla No.2 se presenta la descripción de cada una de las opciones utilizadas en esta pantalla.

OPCION	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	GIRO DERECHA	Permite el ingreso a las características de operación del motor en sentido horario.
2	GIRO IZQUIERDA	Permite el ingreso a las características de operación del motor en sentido antihorario.
3	SALIR DEL MENÚ	Retorna a la pantalla No.3

Tabla No.2

#### 4.2 Características de operación del Drive Troceador Dc/Dc.

- Cuando se digite la opción 1 (giro derecho), de la pantalla No.6, se ingresará a un submenú, donde se podrá escoger las siguientes opciones. Que se utilizarán para el funcionamiento de la opción No.2 ( giro izquierdo)  
Ver pantalla No.7 y tabla No.3.



Pantalla No.7

OPCION	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
A	INC VELOCIDAD	Incrementa la velocidad del motor del 0 al 100% en pasos de 0.7
B	DEC VELOCIDAD	Decrementa la velocidad del motor del 100 al 0% en pasos de 0.7
C	CON FRENADO	Ingresa a un submenú de control de frenado
D	SEL VELOCIDAD	Ingresa a un submenú de rampa de

		asceleración
#	SALIR MENÚ	Retorna a la pantalla No.6
% VOLT	INDICADOR	Indica en porcentaje el voltaje medio.

Tabla No.3

#### 4.3 Submenú del control del frenado.

- En la pantalla No.7 se presenta la opción C (CON FRENADO), esta permite ingresar a un submenú que realiza el control del frenado del motor en un 25%, 50%, 75%, Ver Pantalla No.8 y Tabla No.4.



Pantalla No.8

OPCION	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
A	INC FRENADO	Incrementa en porcentaje de 25%,50%,75%

		para el control de frenado
B	DEC FRENADO	Decrementa en porcentaje de 25%,50%,75% para el control de frenado
C	FRENAR	Ejecuta la acción del frenado.
D	SALIR DEL MENÚ	Retorna a la pantalla No.7

Tabla No.4

#### 4.4 Submenú del control de la rampa de velocidad.

##### 4.4.1 Submenú del control normal de velocidad.

En este submenú se ingresa un valor en tanto por ciento (%) del voltaje medio de armadura, al variar este voltaje va a variar la velocidad del motor.

- En la pantalla No.7 se presenta la opción D (SELEC VELOCIDAD), esta permite ingresar a un submenú que realiza el control de la rampa de velocidad . Ver Pantalla No.9 y Tabla No.5.



Pantalla No.9

OPCION	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
A	INC VELOCIDAD	Incrementa en pasos de 0.7 hasta un valor en del voltaje en % que se quiera ascelerar
B	DEC VELOCIDAD	Decrementa en pasos de 0.7 hasta un valor en del voltaje en % que se quiera desacelerar
C	ASCELERAR	Ejecuta la acción del aceleramiento.
D	SELEC ASCELERA	Ingresa al submenú de la pantalla No.10
*	REGRESAR	Retorna al submenú de la pantalla No.7
% VOL	INDICADOR	Indica en % el valor del voltaje

Tabla No.5

#### 4.4.2 Submenú del control de la rampa de aceleración.

Para Ingresa a este submenú se presiona la tecla D (SELEC VELOCIDAD) Ver. Pantalla No. 9, en este submenú se ingresa un valor en milisegundos para determinar el tiempo de incremento de cada paso (0.8) hasta alcanzar el valor fijado, siendo su valor mínimo 10msg y su valor máximo de 1seg. en el ITEM anterior, Ver pantalla No.10 y tabla No.6



Pantalla No.10

OPCION	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
A	INC TIEMPO	Incrementa el tiempo del rango de la rampa en pasos de 0.8.
B	DEC TIEMPO	Decrementa el tiempo del rango del rango de pasos de 0.8.
D	REGRESAR	Regreso al submenú de la pantalla No.9
TIEMPO	INDICADOR	Indica del valor del tiempo (ms)

Tabla No.6

- Luego de haber escogido cualquier opción de rampa de aceleración, presionamos la tecla D (REGRESAR), para luego presionar la tecla C (Acelerar) para ejecutar dicha acción.

- Una vez ejecutada la acción de aceleración se nos mostrará una pantalla No. 11 donde nos indica que se está efectuando la aceleración, podemos ver si la velocidad del motor varía.



Pantalla No.11.

**ANEXO E**

**MANUAL DE  
MANTENIMIENTO**

## MANUAL DE MANTENIMEINTO.

El drive troceador DC/DC es un módulo, confiable, manipulable que presenta protecciones para cambios bruscos de variables eléctricas, que requiere de mantenimiento ante posibles fallas ajenas al diseño, en la siguiente tabla se describe:

SINTOMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCION
No existe pulsos en la salida del C.I 2130	El Vcc se encuentra bajo el valor del bloque de UV (sobrevoltaje)(8.9V)	Realice un reset a la alimentación.
		Verifique que el voltaje en el pin del medio del potenciómetro tenga un valor que no sobrepase 0.7V.
Solo se producen pulsos en el lado de baja del CI.2130	Mal funcionamiento del diodo y del capacitor bootstrap	Verifique el valor de voltaje que ingresa por el pin Vb.
Operaciones erráticas en el lado de alta	El pin Vs no esta aislando la tierra flotante	Verifique que el lado de alta no este en sobre voltaje.
		Verifique que las entradas lógicas no se encuentren con ruido con respecto a Vss
El motor DC no recibe alimentación Vdc	No existe continuidad entre los jack bananas y los cables soldados a el	Verifique continuidad con los terminales de conexión y/o realice una limpieza interna de los conectores.

Visualización del LCD borrosa	El potenciómetro color azul de alimentación del LCD se encuentra desconfigurado.	Calibre la imagen girando suavemente el potenciómetro
Mala operación de las características del drive	Mala conexión con la fuente DC	Verifique que el conversor AC/DC tenga una salida de 120Vdc
Teclado no funciona	No realiza un correcto contacto el conector del bus de datos de la placa electrónica y del teclado	Ejercer una acción de presión entre estos conectores.

# ANEXO F

# CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR ATMEL32

## Programación en el microcontrolador ATMEL32.

Para la programación del PIC ATMEL32 se ha empleado lenguaje de alto nivel, lenguaje Basic, mediante el empleo del Software BasCom, que es un editor de texto para facilitar la programación de microcontroladores ATMEL. A continuación se presenta las líneas de programa que permiten el control del Drive Troceador DC/DC.

```
*****  
INICIALIZACION DE PUERTOS Y VARIABLES  
*****
```

```
$regfile = "m16def.DAT"  
$crystal = 8000000  
$lib "glcdKS108.lib"  
Dim Valor As Single  
Dim Acel_caso As Byte  
Dim Tiempo_acel As Word  
Dim Valor_ As String * 3
```

```

Dim Ancho_a As Byte
Dim Salir As Bit
Dim Cont As Byte
Dim B As Bit
Dim Tecla As Byte
Dim Dato As Byte
Dim Clave As Word
Dim Clave1 As Byte
Dim Cont1 As Byte
Dim Clave_final As Eram Word
Dim Frenado As Byte
Dim Valor_s As Single
Dim Mensaje As Byte
Dim Cont_msj As Word
Dim Frenar As Single
Dim Giro As Bit
Dim Contador As Word
Dim Ancho As Byte
Dim Caso As Byte
Dim Inicio As Bit
Config Graphlcd = 128 * 64sed , Dataport = Portb , Controlport = Portd , Ce = 4 , Ce2 = 3 , Cd = 0 ,
Rd = 1 , Reset = 5 , Enable = 2
Cls
Config Single = Scientific , Digits = 1
Setfont Font8x8
On Timer1 Periodo
On Timer0 Ancho
Config Timer0 = Timer , Prescale = 64
Config Timer1 = Timer , Prescale = 8
Stop Timer0
Enable Timer0
Enable Interrupts
It1 Alias Portc.3
It2 Alias Portc.2
It3 Alias Portc.1
It4 Alias Portc.0
Led1 Alias Portc.4
Led2 Alias Portc.5
Led3 Alias Portc.6
Led4 Alias Portc.7
Rele_linea Alias Portd.6
Rele_freno Alias Portd.7
Ddrc = 255
Portc = 0
Ddra = &B00001111
Porta = 255
Ddrd.6 = 1
Portd.6 = 0
Ddrd.7 = 1
Portd.7 = 0

X1 Alias Porta.0
X2 Alias Porta.1
X3 Alias Porta.2
X4 Alias Porta.3
Y1 Alias Pina.4
Y2 Alias Pina.5

```

Y3 Alias Pina.6  
Y4 Alias Pina.7

```
*****  
PROGRAMA PRINCIPAL  
*****
```

```
Tiempo_ace = 500  
Gosub Teclado  
Gosub Apagar  
If Dato = 12 Then  
Clave_final = 1980  
Gosub Correcto  
Wait 2  
Cls  
End If  
Dato = 16  
Cls  
Gosub Apagar  
Gosub Presentacion  
Gosub Margen  
Do  
Gosub Margen  
Dato = 16  
Waitms 500  
Ancho_a = 1  
Cont_msj = 0  
Reset Led1  
Reset Led2  
Reset Led3  
Reset Led4  
Do  
Lcdat 2 , 2 , " INGRESE LA "  
Lcdat 4 , 2 , " CLAVE CORRECTA "  
Lcdat 6 , 2 , " "; Clave ; " "  
Gosub Teclado  
Gosub Clave  
Loop Until Salir = 1  
Gosub Correcto  
Salir = 0  
Wait 2  
Cls  
Set Rele_linea  
Set Led1  
Do  
Reset Led2  
Reset Led3  
Reset Led4  
  
Lcdat 2 , 2 , " ESCOJA SU "  
Lcdat 3 , 2 , " OPCION "  
Lcdat 5 , 2 , "1:GIRO DERECHA "  
Lcdat 6 , 2 , "2:GIRO IZQUIRDA "  
Lcdat 7 , 2 , "3:SALIR MENU "
```

```

Gosub Teclado
If Dato = 1 Or Dato = 2 Then
    Gosub Apagar
    If Dato = 1 Then
        Reset Giro
        Caso = 1
        End If
    If Dato = 2 Then
        Set Giro
        Dato = 1
        Caso = 2
        End If
    Timer1 = 64536
    Enable Timer1
    Gosub Apagar
    Select Case Caso
        Case 1 :
            Set It4
        Case 2:
            Set It3
    End Select
    Cls
    Waitms 500
    Gosub Margen
    Ancho_a = 1
    Cont_msj = 0
    Gosub Principal
    Dato = 16
    End If
Loop Until Dato = 3
Reset Rele_linea
Gosub Apagar
Dato = 16
Final:
Loop

```

\*\*\*\*\*

#### SUBROUTINA DE PWM

\*\*\*\*\*

```

Periodo:
Timer1 = 64536
Inicio = 1
Start Timer0
Timer0 = 128 + Ancho_a
If Caso = 1 Then Reset It1
If Caso = 2 Then Reset It2
If Caso = 3 Then Reset It3
If Caso = 4 Then Reset It4
If Contador < 1000 Then
    Incr Contador
Else

```

```

Contador = 0
If Caso = 1 Then
Led2 = Not Led2
Led3 = 0
End If
If Caso = 2 Then
Led3 = Not Led3
Led2 = 0
End If
If Caso = 3 Or Caso = 4 Then
Led4 = Not Led4
Led2 = 0
Led3 = 0
End If
End If
Return

```

```

Ancho:
If Caso = 1 Then Set It1
If Caso = 2 Then Set It2
If Caso = 3 Then Set It3
If Caso = 4 Then Set It4
Stop Timer0
Return

```

```

Apagar:
Reset It1
Reset It2
Reset It3
Reset It4
Return

```

\*\*\*\*\*  
SUBROUTINA DE LA RAMPA DE ASCELERACION  
\*\*\*\*\*

```

Principal:

Do
Gosub Giro_derecha
If Dato = 12 Then
If Ancho_a < 127 Then
Incr Ancho_a
If Ancho_a = 2 Then Ancho_a = 4
End If
Waitms 50
End If
If Dato = 13 Then
If Ancho_a > 2 Then
Decr Ancho_a
End If
End If

```

```

If Dato = 15 Then
  Salir = 0
  Cls
  Waitms 500
  Gosub Margen
  Frenado = 1
  Dato = 16
  Do
    Lcdat 2 , 5 , "A:INC VELOCIDAD"
    Lcdat 3 , 5 , "B:DEC VELOCIDAD"
    Lcdat 4 , 5 , "C:ACELERAR  "
    Lcdat 5 , 5 , "D:REGRESAR  "
    Lcdat 7 , 7 , "%VOLT= " ; Ancho ; " "
    Gosub Teclado
    Gosub Pwm_ acel
    If Dato = 12 Then
      If Ancho < 100 Then
        Incr Ancho
      If Ancho = 2 Then Ancho = 4
      End If
      Waitms 50
      End If
    If Dato = 13 Then
      If Ancho > 1 Then
        Decr Ancho
      End If
      End If
    If Dato = 14 Then
      Valor = Ancho_a * 100
      Valor = Valor / 127
      Clave1 = Valor
    If Clave1 < Ancho Then Acel_caso = 1
    If Clave1 > Ancho Then Acel_caso = 2
    If Clave1 = Ancho Then Acel_caso = 3

```

```

  Salir = 0
  Cls
  Waitms 500
  Gosub Margen
  Dato = 16
  Do
    Lcdat 2 , 5 , " ACCELERANDO "
    Lcdat 5 , 7 , "%VOLT= " ; Valor ; " "
    Lcdat 7 , 7 , "%VOLT= " ; Ancho ; " "
    Valor = Ancho_a * 100
    Valor = Valor / 127
    Clave1 = Valor
    If Acel_caso = 1 Then
      If Clave1 < Ancho Then
        Incr Ancho_a
        Waitms Tiempo_ acel
      Else
        Salir = 1
        End If
      End If
    If Acel_caso = 2 Then
      If Clave1 > Ancho Then

```

```

    Decr Ancho_a
    Waitms Tiempo_ace1
    Else
        Salir = 1
    End If
    End If
    Gosub Teclado
    If Ace1_caso = 3 Or Dato = 15 Then Salir = 1

    Loop Until Salir = 1
        Salir = 0
        Cls
        Gosub Margen
        Waitms 500
        End If
        If Dato = 15 Then
            Salir = 1
        End If
        Dato = 16
    Loop Until Salir = 1
        Salir = 0
    End If

```

```

*****
SUBROUTINA DEL CONTROL DE FRENADO
*****

```

```

    If Dato = 14 Then
        Salir = 0
        Cls
        Waitms 500
        Gosub Margen
        Frenado = 1
        Dato = 16
        Do
            Lcdat 2 , 5 , "A:INC %FRENADO "
            Lcdat 3 , 5 , "B:DEC %FRENADO "
            Lcdat 4 , 5 , "C:FRENAR    "
            Lcdat 5 , 5 , "D:REGRESAR  "
            Valor = Ancho_a * 100
            Valor = Valor / 127
            Lcdat 6 , 7 , "%VOLT= " ; Valor ; " "
            If Frenado = 1 Then Frenar = 25
            If Frenado = 2 Then Frenar = 50
            If Frenado = 3 Then Frenar = 75
            Lcdat 7 , 7 , "%FREN= " ; Frenar ; " "
            Gosub Teclado
            If Dato = 12 Then
                If Frenado < 3 Then
                    Incr Frenado
                Else
                    Frenado = 0
                End If
            Waitms 50
        End If
    End If

```

```

If Dato = 13 Then
If Frenado > 1 Then
    Decr Frenado
Else
    Frenado = 3
End If
End If
If Dato = 15 Then
    Salir = 1
End If
If Dato = 14 Then
Reset Rele_linea
    Reset It1
    Reset It2
    Reset It3
    Reset It4
    Stop Timer0
    Disable Timer1
    Waitms 50
    Set Rele_freno
If Frenar = 25 Then Ancho_a = 25
If Frenar = 50 Then Ancho_a = 60
If Frenar = 75 Then Ancho_a = 120
    If Caso = 1 Then Caso = 3
    If Caso = 2 Then Caso = 4
        Start Timer0
        Enable Timer1
        Gosub Frenando
        Wait 5
        Salir = 1

        Stop Timer0
        Disable Timer1
        Reset It1
        Reset It2
        Reset It3
        Reset It4
        Ancho_a = 1
If Caso = 3 Then Caso = 1
If Caso = 4 Then Caso = 2
    Select Case Caso
        Case 1 :
            Set It4
        Case 2:
            Set It3
    End Select
    Start Timer0
    Enable Timer1
    Reset Rele_freno
    Waitms 300
    Set Rele_linea
End If
    Dato = 16
Loop Until Salir = 1
    Salir = 0
    Gosub Margen
    Waitms 500

```

```

        Dato = 16
        End If
If Dato = 10 Then 'SALIR DEL MENU
    Stop Timer0
    Disable Timer1
    Gosub Apagar
    Ancho_a = 1
    Salir = 1
    End If
    Dato = 16
    Loop Until Salir = 1
    Salir = 0
    Cls
    Waitms 500
    Return
    Giro_derecha:
    If Valor > 20 Then
        Incr Cont_msj
        If Cont_msj < 250 Then
            Lcdat 2 , 5 , "A:INC VELOCIDAD"
            Lcdat 3 , 5 , "B:DEC VELOCIDAD"
            Lcdat 4 , 5 , "C:CONT FRENADO "
            Lcdat 5 , 5 , "D:SEL VELOCIDAD"
            Lcdat 6 , 5 , "":SALIR MENU "
            Valor = Ancho_a * 100
            Valor = Valor / 127
            Lcdat 7 , 7 , "%VOLT= " ; Valor ; " "
            Gosub Teclado
        If Dato = 12 Or Dato = 13 Then Cont_msj = 0
            End If
        If Cont_msj > 250 And Cont_msj < 260 Then
            For Mensaje = 1 To 10
                If Giro = 0 Then
                    Gosub Motor_der
                Else
                    Gosub Motor_izq
                End If
                Waitms 100
                Gosub Teclado
            If Dato = 15 Or Dato = 12 Or Dato = 13 Then
                Cont_msj = 261
                Exit For
            End If
            Next Mensaje
        End If

        If Cont_msj = 261 Then
            Cont_msj = 0
            Cls
            Waitms 10
            End If
        Else
            Lcdat 2 , 5 , "A:INC VELOCIDAD"
            Lcdat 3 , 5 , "B:DEC VELOCIDAD"
            Lcdat 4 , 5 , "C:CONT FRENADO "
            Lcdat 5 , 5 , "D:SEL VELOCIDAD"
            Lcdat 6 , 5 , "":SALIR MENU "

```

```
Gosub Teclado
Valor = Ancho_a * 100
Valor = Valor / 127
Lcdat 7 , 7 , "%VOLT= " ; Valor ; " "
End If
Return
```

```
*****
SUBROUTINA DE LA CLAVE DE ACCESO
*****
```

```
$include "font8x8.font"
Clave:
If Dato < 10 Then
  Incr Cont
  If Cont = 1 Then
    Clave = Dato
  End If
If Cont = 2 Or Cont = 3 Then
  Clave = Clave * 10
  Clave = Clave + Dato
  End If
  If Cont = 4 Then
    Clave = Clave * 10
    Clave = Clave + Dato
    Cont = 0
  End If

  End If

  If Dato = 10 Then
    Clave = 0
    Cont = 0
  End If

  If Dato = 11 Then
  If Clave = Clave_final Then
    Cont = 0
    Clave = 0
    Salir = 1
  Else
    Gosub Error
    Wait 2
    Cls
    Salir = 0
    Clave = 0
    Cont = 0
  End If
  End If
  Dato = 16
  Return
Pwm_ancel:
If Dato < 10 Then
  Incr Cont1
```

```
If Cont1 = 1 Then
  Ancho = Dato
  End If
If Cont1 = 2 Then
  Ancho = Ancho * 10
  Ancho = Ancho + Dato
  Cont1 = 0
  End If
End If
```

```
If Dato = 10 Then
  Clave1 = 0
  Cont1 = 0
  End If
Return
```

Presentacion:

```
  Cls
  Gosub Margen
  Wait 1
Lcdat 4 , 5 , "DRIVE TROCEADOR"
  Lcdat 6 , 5 , " MOTOR DC "
Lcdat 2 , 5 , "ESPE LATA CUNGA "
  Wait 3
  Cls
  Lcdat 2 , 5 , "INTEGRANTES: "
  Lcdat 4 , 5 , "-DIEGO AREQUIPA"
  Lcdat 6 , 5 , "-ISMAEL GUAMANI"
  Lcdat 8 , 5 , "LATA CUNGA 2008 "
  Wait 3
  Return
```

Margen:

```
Showpic 0 , 0 , Blanco
Return
```

Teclado:

```
Tecla = 16
Reset X4
If Y1 = 0 Then Tecla = 1
If Y2 = 0 Then Tecla = 4
If Y3 = 0 Then Tecla = 7
If Y4 = 0 Then Tecla = 10
  Set X4
  Reset X3
If Y1 = 0 Then Tecla = 2
If Y2 = 0 Then Tecla = 5
If Y3 = 0 Then Tecla = 8
If Y4 = 0 Then Tecla = 0
  Set X3
  Reset X2
If Y1 = 0 Then Tecla = 3
If Y2 = 0 Then Tecla = 6
If Y3 = 0 Then Tecla = 9
If Y4 = 0 Then Tecla = 11
  Set X2
  Reset X1
If Y1 = 0 Then Tecla = 12
```

```
If Y2 = 0 Then Tecla = 13
If Y3 = 0 Then Tecla = 14
If Y4 = 0 Then Tecla = 15
  Set X1
  If Tecla < 16 Then
    Dato = Tecla
    Waitms 300
    End If
    Return
    Error:
  Showpic 0 , 0 , Er
  Return
  Correcto:
  Showpic 0 , 0 , Corr
  Return
  Motor_der:
  Incr Cont
  If Cont < 10 Then
    If B = 0 Then
      Gosub Motor
      B = 1
    End If
    Else
      If B = 1 Then
        Gosub Motor1
        B = 0
      End If
    End If
  If Cont = 20 Then Cont = 0
  Return
```

```
Motor_izq:
  Incr Cont
  If Cont < 10 Then
    If B = 0 Then
      Gosub Motor2
      B = 1
    End If
    Else
      If B = 1 Then
        Gosub Motor3
        B = 0
      End If
    End If
  If Cont = 20 Then Cont = 0
  Return
```

```
Motor:
  Showpic 0 , 0 , Mt
  Return
  Motor1:
  Showpic 0 , 0 , Mt1
  Return
  Motor2:
  Showpic 0 , 0 , Mt2
  Return
```

Motor3:  
Showpic 0 , 0 , Mt3  
Return  
Frenando:  
Showpic 0 , 0 , Fre  
Return

\*\*\*\*\*  
SUBROUTINA DE LAS IMAGENES  
\*\*\*\*\*

\$bgf "FRENO.bgf"  
Blanco:  
\$bgf "Blanco.bgf"  
Mt:  
\$bgf "MOTOR.bgf"  
Mt1:  
\$bgf "MOTOR1.bgf"  
Er:  
\$bgf "ERROR.bgf"  
Corr:  
\$bgf "CORRECTO.bgf"  
Mt2:  
\$bgf "MOTOR2.bgf"  
Mt3:  
\$bgf "MOTOR3.bgf"

# **ANEXO G**

## **GUÍA DE LABORATORIO**

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA  
INGENIERIA EN ELECTRONICA EN INSTRUMENTACION  
ELECTRONICA DE POTENCIA II.**

**PRACTICA No.1**

**TEMA: CHOOPER EN CUATRO CUADRANTES.**

**A.- TRABAJO PREPARATORIO.**

- Realice un cuadro comparativo, del análisis de funcionamiento de convertor DC/DC en cada cuadrante.
- Grafique un puente H con IGBT's, diodos de recuperación y determine el sentido de circulación de la corriente.
- Determine los modos de control que se utiliza en el disparo de los IGBT's.

**B.- OBJETIVOS.**

- Familiarizarse con el funcionamiento del Troceador DC/DC en cuatro cuadrantes
- Implementar un conversor AC/DC con un drive troceador DC/DC.
- Manipular adecuadamente los parámetros (velocidad, sentido de giro y frenado) de un drive troceador.
- Observar las formas de onda de voltaje y corriente de armadura del motor de 120Vdc.
- Analizar el contenido y orden de los armónicos del voltaje y corriente de línea.

### **C: EQUIPOS Y MATERIALES.**

ITEM	DESCRIPCION	MODELO
1	PC CON LABVIEW 8.2	
2	TARJETA DAQ USB	6009
3	CONECTOR PARA TARJETA DAQ	USB
4	MODULO DE CAPACITORES	8331-02
5	DIODOS DE POTENCIA	8442-12
6	MOTOR-GENERADOR CC	8211-02
7	SONDAS DE TENSION	9051-12
8	SONDAS DE INTENSIDAD	9050-12
9	VOLTIMETRO-AMPERIMETRO DC	8212-2
10	CARGA RESISTIVA	8311-02
11	CABLES DE CONEXIÓN	
12	MODULO DEL DRIVE TROCEADOR	EMS-DC01
13	ALIMENTACION TRIFASICA VARIABLE	8821-22

### **D: PROCEDIMIENTO.**

**1-** Implemente el diagrama que se indica en el anexo B.

1 Utilice el manual de operación para empezar a trabajar con el drive troceador.

1.1 Observe que el interruptor del banco de resistencia se encuentre en posición abierto para que no exista carga (motor trabajando en vacío); opere en sentido de giro derecho y obtenga mediciones de voltaje y corriente en la armadura del motor y anote en la tabla No.1.

1.3 Utilice el tacómetro digital para medir la velocidad del motor.

V(%)	V(a)	I(a)	V(ac/dc)	rpm
0.00			120.0	
10.0			120.0	
20.0			120.0	
30.0			120.0	
40.0			120.0	
50.0			120.0	
60.0			120.0	
70.0			120.0	
80.0			120.0	
90.0			120.0	
100.0			120.0	

Tabla No.1

1.4.- Utilizando el manual de operación ingrese al menú de frenado y empiece a frenar al motor en los diferentes porcentajes de frenado y voltaje. Anote el valor de la corriente que se produce en el instante del frenado.

	FRENADO PORCENTAJE		
V(%)	25.0%	50.0%	75.0%
0.00			

10.0			
20.0			
30.0			
40.0			
50.0			
60.0			
70.0			
80.0			
90.0			
100.0			

Tabla No.2

2.- Cambie el sentido de giro del motor y repita los literales 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4

3.- Agregue carga al generador utilizando el banco de resistencias.

3.1 Con una carga de 1200 ohmios realice los literales 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4 anote los resultados en la siguiente tabla.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0V	0.00					
120.0V	20.0					
120.0V	40.0					
120.0V	60.0					
120.0V	80.0					
120.0V	100.0					

Tabla No.3

**3.2** Con una carga de 400 ohmios realice los literales 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4 anote los resultados en la siguiente tabla.

ALIMENTACIÓN V(ac/dc)	% VOLTAJE V(%)	VOLTAJE DE ARMADURA V(a)	CORRIENTE DE ARMADURA I(a)	VOLTAJE EN EL GENERADOR (VOLTIOS)	VELOCIDAD (RPM)	
					MOTOR	GENERADOR
120.0V	0.00					
120.0V	20.0					
120.0V	40.0					
120.0V	60.0					
120.0V	80.0					
120.0V	100.0					

Tabla No.4

### **E.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

**1.-** Determine la frecuencia de operación del drive DC/DC y los armónicos presentes en el troceado.

**2.-** Con los resultados obtenidos anteriormente explique la razón por la cuál el motor cambia de sentido de giro.

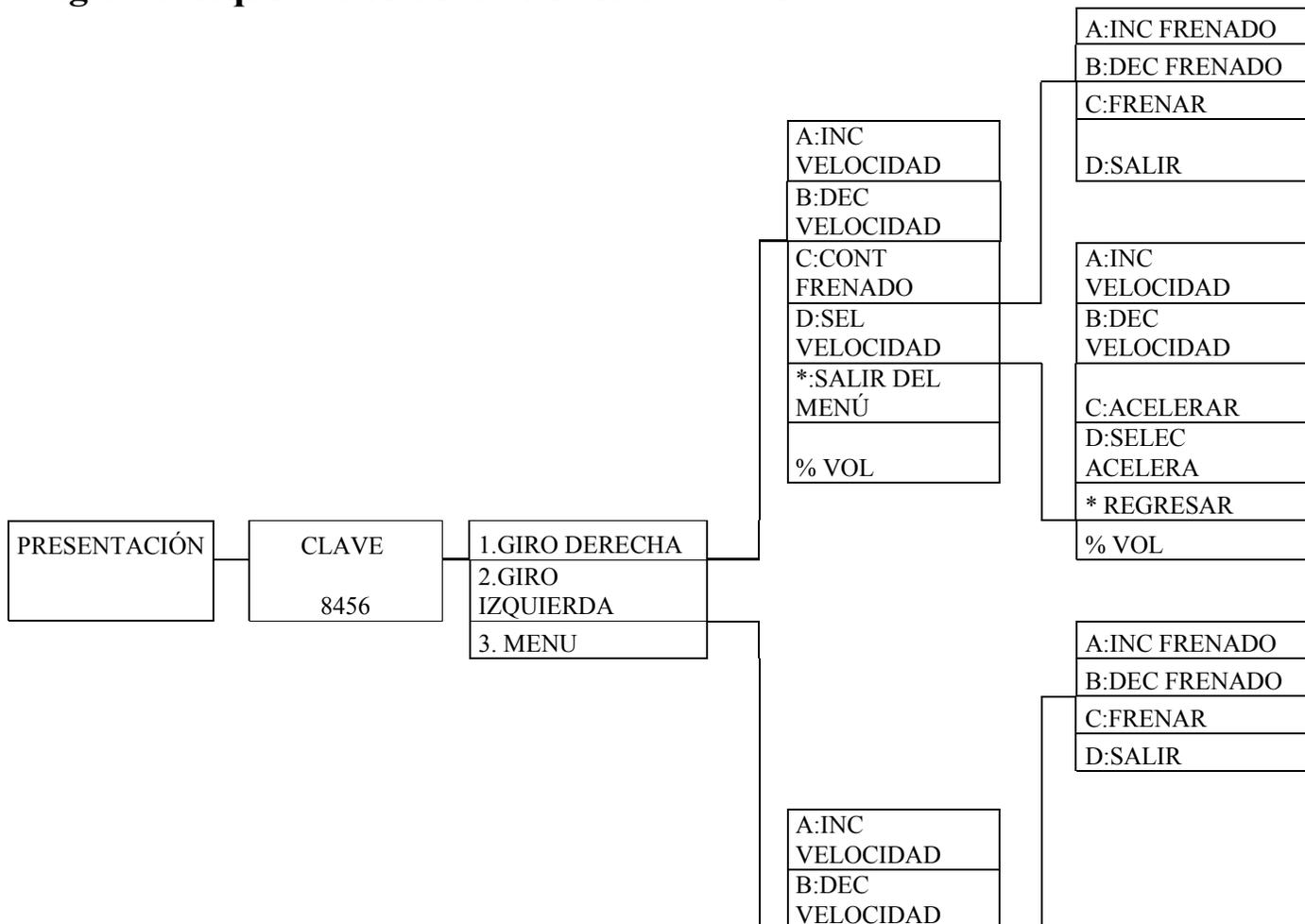
**3.-** ¿Explique el comportamiento del frenado del motor dc, al 25%,50% y 75%, comparando los datos de la siguientes tablas No.2, tabla No.3, tabla No.4

### **E.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

# **ANEXO H**

# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE FUNCIONES

Diagrama esquemático de funciones del Drive.



C:CONT FRENADO	A:INC VELOCIDAD
D:SEL VELOCIDAD	B:DEC VELOCIDAD
*:SALIR DEL MENÚ	C:ACELERAR
% VOL	D:SELEC ACELERA
	* REGRESAR
	% VOL