

s importante que todo el personal que se dedica a esta industria, evolucione de acuerdo al cambio, documentándose y adquiriendo el conocimiento para hacerle frente a todas las tendencias. Esto asegurará su actividad exitosamente

Por Jaime Alonso Meza y Jesús Ricardo Zamora

Día con día encontramos más sistemas de refrigeración con novedosas funciones y arquitecturas vanguardistas que vienen a romper con el esquema tradicional. En esencia los componentes principales del ciclo de refrigeración se mantienen, pero conforme avanza nuestra tecnología, cambia también la forma de controlarlos e incluso la forma en que se desempeñan, pudiendo representar un obstáculo para todo aquel que está dedicado a la profesión.

Es muy recomendable que todo el personal, quien se dedica a esta industria, evolucione y se mantenga al tanto de estos cambios, documentándose y adquiriendo el conocimiento para hacerle frente a todas estas tendencias. Esto al final asegurará la calidad en cada uno de sus proyectos, así como permanecer operando exitosamente en el mercado.

Por lo tanto, extendemos una cordial invitación a todos aquellos involucrados en la industria HVACR para que nos acompañen en la siguiente serie de documentales, en donde el propósito principal es brindar el conocimiento e informar a cerca de los sistemas de control electrónico con que operan los equipos de aire acondicionado actuales.

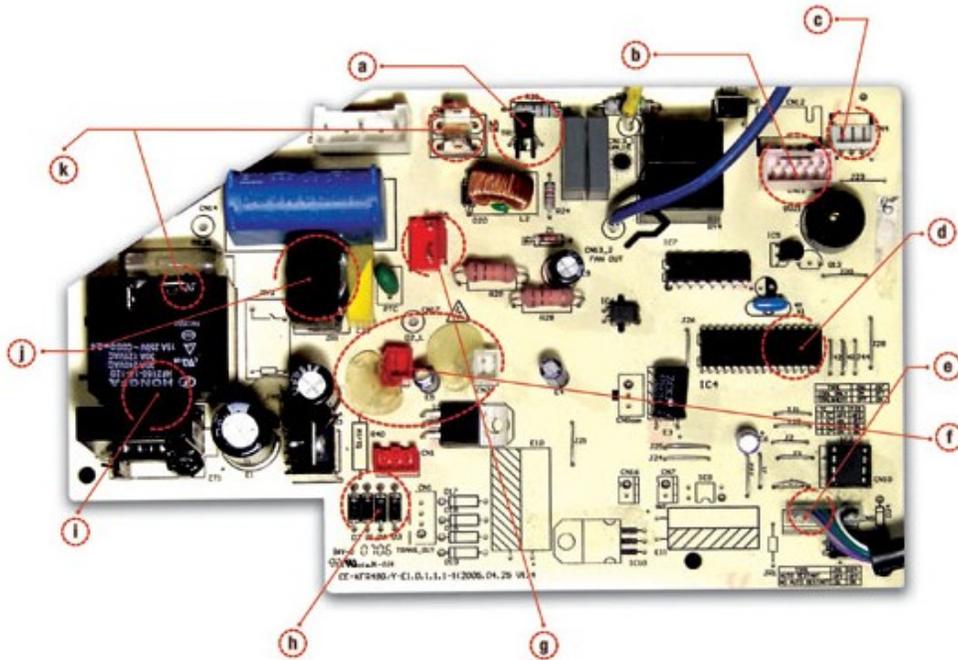
Identificación de etapas del sistema de control

En un equipo de aire acondicionado moderno, es común encontrar una o más tarjetas electrónicas (fenólica) usadas para controlar el equipo. En ella se conectan las terminales de nuestros componentes principales como: compresor, abanicos, motores, diversos tipos de sensores, entre otros.

Físicamente podemos apreciar que está repleta de componentes electrónicos que sirven para habilitar ciertos sectores dentro de la tarjeta. Cada sector tiene su función específica, es aquí donde resulta interesante conocer las etapas o sectores de la tarjeta de control (ver figura 1).

Figura 1. Sistema de control sencillo pero de gran aplicación

A.) CONTROL DE VELOCIDAD (Triac)	G.) TRANSFORMADOR
B.) MOTOR OSCILADOR (motor a pasos)	H.) ETAPA RECTIFICADORA DE VOLTAJE
C.) SENSOR DE RPM DEL MOTOR	I.) CONTROL DE ENCENDIDO DEL COMPRESOR (Relay o contactor)
D.) MICROCONTROLADOR	J.) PROTECCIÓN CONTRA ALTO VOLTAJE
E.) DISPLAY (Receptor infrarrojo)	K.) ETAPA DE SUMISTRO
F.) TERMISTORES (Sensor de temperatura)	



Etapas de suministro

Se refiere a las terminales por donde recibimos la entrada del voltaje de línea (AC). Comúnmente el cable de suministro se conecta en estas dos terminales, en donde una mínima parte será consumida por la tarjeta de control y el resto se direccionará a los componentes principales como compresores y motores.

Protección contra alto voltaje

Se puede dar el caso en donde por error, conectemos 220V a un sistema 115V. Para proteger el equipo y minimizar daños, es necesario colocar una protección. En estos casos se utiliza un sistema Varistor en serie con un fusible térmico. El Varistor, es el componente que tiene un voltaje límite, que al ser rebasado, sus terminales se pondrán en corto, ocasionando la quema continua del fusible de seguridad de la tarjeta. Un síntoma muy común cuando usamos voltajes inapropiados.

Transformador

Trabaja mediante el principio de inducción electromagnética, este elemento reduce el voltaje de línea comúnmente de 115V o 220V a un rango de 10-15V AC (alternos). El propósito es adecuar la señal para las etapas posteriores facilitando su manipulación. Tiene dos secciones: el bobinado primario por donde entra el voltaje de línea; y el bobinado secundario, por donde sale el voltaje reducido que va entre 10-15 Vac. (según el diseño).

Etapas rectificadora de voltaje

El voltaje que viene del transformador es del tipo alterno, es decir, se compone de un semi-ciclo positivo y un semi-ciclo negativo. Este último será rectificado y acondicionado para dar origen a la corriente directa (CD) esencial para las etapas posteriores. Una de las características principales es la presencia de diodos, capacitores y reguladores de voltaje en esta etapa del circuito. Cuando un equipo de aire acondicionado no muestra signos de vida, es conveniente revisar los fusibles primario y secundario del transformador y posteriormente la salida de los reguladores de voltaje. Generalmente encontramos dos: uno de 12VCD y 5 VCD.

De esta manera descartamos que la falla sea ocasionada por falta de voltaje o suministro de energía.

Regulación de voltaje (CD)

La mayoría de los componentes del sistema de control operan con CD, ya sea con 5V o 12V CD. Para esto se requiere que el voltaje sea completamente constante y no tenga variaciones entre un nivel y otro. Es aquí la aplicación de los reguladores de voltaje que mencionábamos en el apartado anterior.

Este dispositivo permite mantener un valor fijo de voltaje a la salida, aún teniendo perturbaciones en la entrada. Se les coloca disipadores de calor en su parte posterior, ya que pueden alcanzar temperaturas muy altas cuando están en operación.

Termistores (Sensor de temperatura)

Esta es una parte importante del sistema de control, pues nos permiten controlar los ciclos de arranque-paro del compresor, monitorear el desempeño del equipo o emitir una alerta de mal funcionamiento. Consiste en una resistencia que varía por el efecto de la temperatura.

Los más empleados son tipo NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo) esto significa que al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia y viceversa. Una vez que se le aplica voltaje, se puede aprovechar esta propiedad para comunicarle eventos al Micro controlador mediante variaciones de voltaje.

Sensor de RPM del motor

Este dispositivo emisor se encuentra en los motores de ventilación, consta de un transductor que interpreta cada giro del motor en un nivel de voltaje en CD, formando por consiguiente una señal digital pulsante y de frecuencia proporcional a la velocidad del motor.

Esta señal se recibe en la tarjeta y nos permite comunicarle al Microcontrolador, el estado y velocidad del motor. Si esta señal no es normal o simplemente no se detecta, se activa una protección y se suspende la operación del equipo.

Display (Receptor infrarrojo)

Las señales infrarrojas enviadas del control remoto, son recibidas por el display, se decodifican y se transmiten mediante cables a la tarjeta de control. En ella se encuentra el Microcontrolador, que interpreta estas señales como ordenes de activación. El display comunica bi-direccionalmente al usuario con el sistema de control, ya que el display nos muestra el status del equipo.

Control de velocidad (Triac)

Los motores que se emplean normalmente son de corriente alterna. Para variar su velocidad se emplea el TRIAC.

Este dispositivo se configura para controlar el porcentaje de señal que se proporciona al motor. Tiene 3 pines: entrada, salida y compuerta, la cual debemos habilitar cada que deseemos su conducción.

Para controlar su activación se requiere un detector de cruce por cero, acopladores ópticos y una señal proveniente del microcontrolador. Este aspecto se estudiará a detalle en sesiones posteriores.

Microcontrolador

Este dispositivo se conoce como el cerebro de la tarjeta. Es como micro computadora, mediante una técnica específica, se graban instrucciones y criterios que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la toma de decisiones.

Este dispositivo requiere de señales de entrada que provienen de otros dispositivos ya mencionados, y al tomar una decisión éste genera una señal de salida. Esto se puede observar al momento de encender un compresor, un motor, al emitir sonido, un movimiento del motor oscilador, etc. Básicamente controla todas las funciones del equipo.

Control de encendido del compresor (Relay o contactor)

En equipos de pequeña capacidad, se utiliza el RELAY como mecanismo de encendido. En su interior este dispositivo tiene una pequeña bobina que al accionarse crea un campo magnético suficientemente fuerte para cerrar los filamentos que permiten la conducción. En equipos más grandes, se utiliza el CONTACTOR que funciona bajo el mismo principio, pero con algunos cambios en su fisionomía, y nos permite manejar corrientes más elevadas. La señal de activación de estas bobinas la genera el Microcontrolador.

Motor oscilador: (motor a pasos)

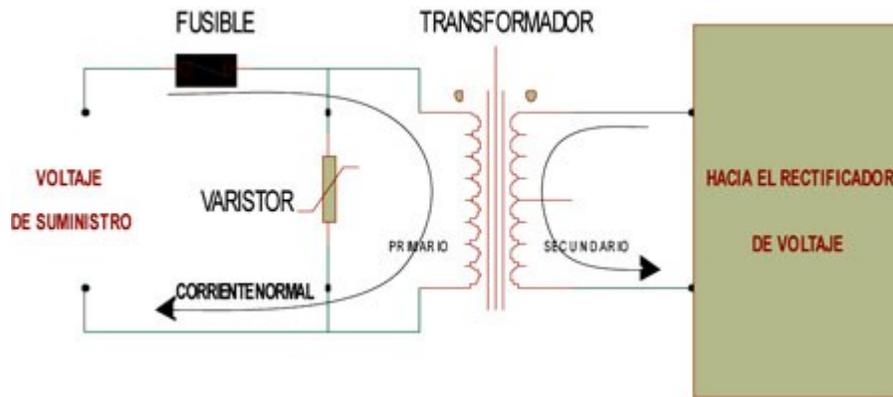
Es un motor que funciona con corriente directa. En su interior cuenta con varios bobinados que se energizan uno después de otro. Mediante una secuencia de voltajes provocamos el giro de su eje en forma discontinua, gira mientras está presente el voltaje. Por eso encontramos que el cable que conecta con la tarjeta tiene varios conductores, cada uno controla cierto ángulo de movimiento. Sus movimientos son finos, precisos y repetitivos. Transforma la señal digital en movimiento mecánico.

Una vez identificadas las etapas del sistema de control, resulta interesante ver desde un punto más analítico, las señales y funciones que interactúan para realizar cada función específica. ¿Cómo se controla la velocidad del motor ventilador mediante TRIAC?, ¿Cómo realiza su secuencia el motor de oscilación automática?, ¿Cómo se accionan los Relevadores (Relay)?.

PROTECCIÓN CONTRA ALTO VOLTAJE

Si por error una tarjeta electrónica que opera con voltaje 110V es conectada en su etapa directamente a la alimentación 220V, se protegerá automáticamente antes de que el compresor o motores sean dañados de manera permanente.

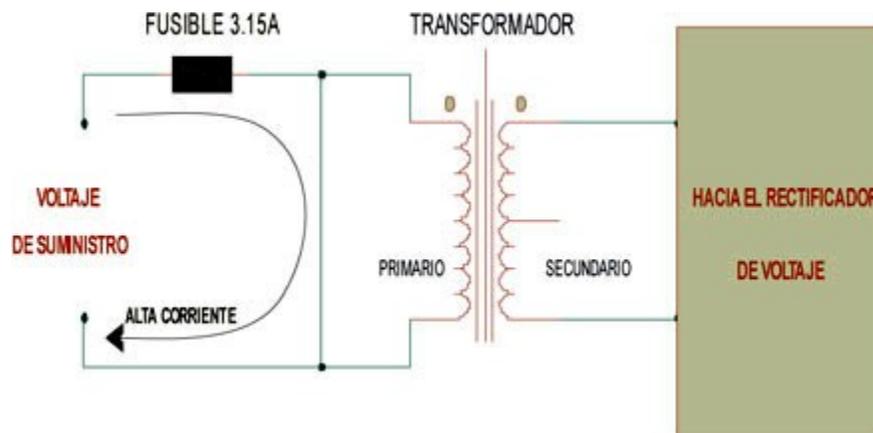
Figura 2. El varistor se encuentra justamente instalado entre la etapa de suministro y el transformador.



Este mecanismo de protección instantáneo se lleva a cabo a través de un componente llamado Varistor. Un varistor es un componente electrónico cuya resistencia óhmica disminuye cuando el voltaje que se le aplica en sus terminales aumenta.

De manera estratégica el varistor se encuentra justamente instalado entre la etapa de suministro y el transformador para evitar que el daño se propague hacia las demás etapas del sistema (ver la figura 2).

Figura 3. Al ponerse en corto circuito el amperaje a través del fusible de entrada será muy elevado superando con facilidad los 3.15A que soporta su filamento.



A través del fusible de entrada el varistor se encuentra conectado directamente al voltaje de alimentación. Si ocurre algún incremento considerable en el suministro de voltaje será detectado por este componente y se pondrá en corto circuito (ver figura 3).

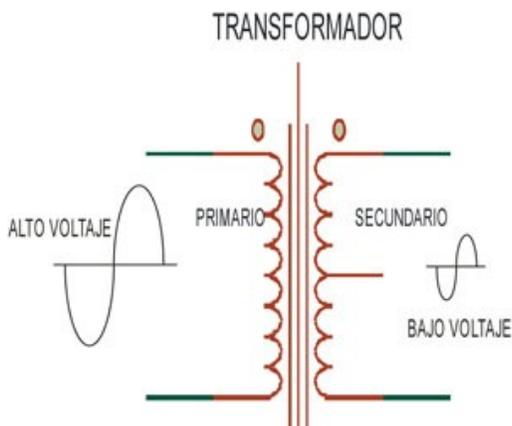
Una vez dañado el varistor permanece en corto circuito por tiempo indefinido. Por lo tanto, cada vez que sea reemplazado el fusible, este se dañará de forma instantánea al aplicar nuevamente el voltaje de suministro sin importar que ya se haya corregido el voltaje de alimentación principal del sistema. Simplemente porque el varistor está en corto circuito.

Fuente de alimentación

Todo equipo que opere a través de una tarjeta electrónica maneja voltajes de corriente directa, para esto es necesaria una fuente de alimentación. Este es el término utilizado para referirse al sistema que provee de los voltajes necesarios para que funcionen los componentes tales como los sensores de temperatura, velocidad, amperaje, infrarrojos, relevadores, así como el más importante de todos los componentes llamado Microprocesador, todos ellos operan con Corriente Directa (CD).

La fuente de alimentación está conformada básicamente por tres etapas que son: Transformador, Rectificador de diodos y Reguladores de voltaje. Si alguna de estas etapas tiene un desempeño deficiente, de la misma manera el equipo de aire acondicionado puede tener un comportamiento fuera de lo común y confundir al personal técnico para tener un diagnóstico acertado ante alguna posible falla.

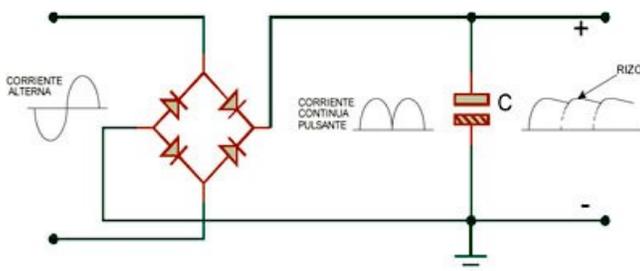
Figura 4. El voltaje de entrada solamente será reducido para facilitar su manipulación por los componentes semiconductores de bajo voltaje.



Transformador

Gracias al principio de inducción electromagnética, el transformador se encarga de reducir el voltaje de alimentación de línea (110V o 220V) a voltajes que pueden oscilar entre 10–20VAC, (ver figura 4) según el diseño del equipo. Otra de las ventajas que ofrece un transformador de inducción es aislar eléctricamente la línea de la red eléctrica de la circuitería de la tarjeta electrónica, reduciendo de forma considerable la posibilidad de daños hacia los componentes semiconductores. Cabe mencionar que el voltaje en el secundario del transformador será proporcional al voltaje presente en el primario del mismo. Por lo tanto, si la línea de alimentación es inestable el secundario también presentará un voltaje inestable. Para esto, al final de la fuente de poder hay unos dispositivos que compensan todas estas variaciones.

Figura 5. La corriente alterna se convierte en Corriente Continua Pulsante donde sólo existen semiciclos positivos.



Rectificador

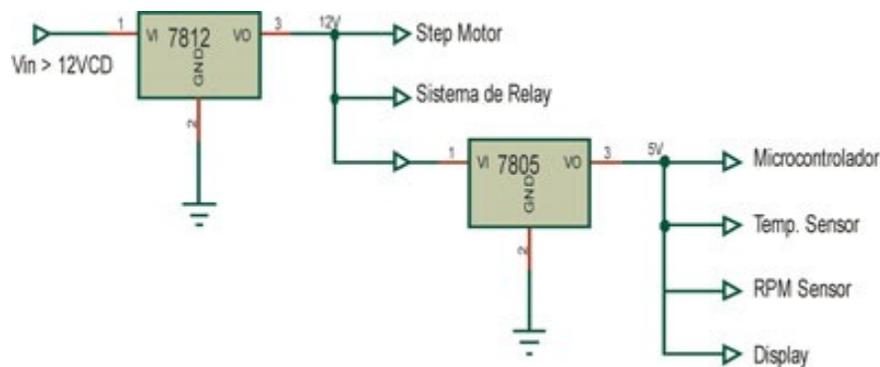
El esquema más utilizado en esta etapa se le conoce como “Puente de Diodos”. Conformado por cuatro diodos conectados entre sí. El voltaje proveniente del transformador es del tipo alterna, dicho de otra manera, es una señal que está compuesta por un semiciclo negativo y un semiciclo positivo. Al pasar por el puente de diodos el voltaje estará compuesto únicamente de semiciclos positivos (ver figura 5).

La acción de descarga lenta del capacitor(C) permite filtrar las variaciones de voltaje provenientes del puente de diodos. Por lo general, este capacitor es de un valor grande que oscila en el orden de los 1000uF para asegurar una mejor estabilidad en esta etapa.

El voltaje en este punto de la fuente de poder deberá ser mayor a 12VCD para asegurar una correcta operación de la tarjeta electrónica.

Hasta esta sección de la fuente de poder se ha convertido el voltaje Alterno a voltaje Directo. Sin embargo, se puede apreciar un rizo o variaciones en la parte superior de la señal, que en determinado momento pueden afectar el funcionamiento del sistema de control.

Figura 6. Los reguladores proveen voltajes estables a las diferentes etapas del sistema electrónico asegurando el buen funcionamiento de sensores y actuadores.



Reguladores de voltaje

Tiene como principal función mantener un voltaje de salida estable sin importar las variaciones existentes en el voltaje de entrada. Durante su operación estos componentes suelen calentarse, es por ello que se le adiciona un disipador de calor de aluminio para compensar y estabilizar su funcionamiento. Según el diseño electrónico, puede tener en su construcción dos reguladores uno de 12Vcd y otro de 5Vcd. El primero es utilizado generalmente para energizar relevadores y el motor de oscilación automática de aire. El regulador de 5V es utilizado para energizar el microcontrolador, sensores de temperatura, sensor de RPM y display (ver figura 6).

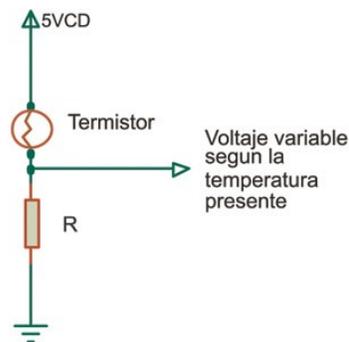
Hasta esta etapa se tienen todos los voltajes necesarios para el correcto funcionamiento de la tarjeta electrónica. Si por alguna razón la tarjeta no presenta

señales de vida entonces será necesario revisar cada una de las etapas y asegurarse del correcto funcionamiento de ellas.

TERMISTORES

Los termistores o sensores de temperatura juegan un papel muy importante dentro del sistema de control electrónico. El termistor más común es del tipo NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura). Esto es porque disminuye el valor de su resistencia en sus terminales conforme incrementa la temperatura en que está expuesto. A través de ellos se monitorea parámetros como temperatura de la habitación (sensor de aire), temperatura del serpentín, evaporador (sensor de pozo) y temperatura en el condensador, proporcionando información valiosa al Microcontrolador para mantener la temperatura de la habitación, así como prevenir daños en el compresor por algún mal funcionamiento en el sistema.

Figura 7. Un divisor de voltaje es necesario para convertir las variaciones de resistencia en variaciones de voltaje.



El comportamiento de un sensor puede ser distinto de un equipo a otro. Por ello, la importancia de mantener constante comunicación con la marca que se representa y poder obtener esta información (ver figura 7).

A modo de referencia, en la gran mayoría de los casos el divisor está diseñado para que a 25°C, el voltaje presente en las terminales del sensor, sea alrededor de 2.5VCD, justo la mitad de la fuente de 5VCD. Gracias a este tipo de arreglos o acondicionamiento de señales el Microprocesador puede coleccionar la información de los diferentes sensores que tiene interconectados alrededor del sistema de aire acondicionado.

SENSOR DE RPM DE MOTOR

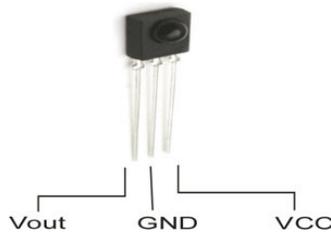
Se encuentra instalado dentro del motor de ventilación. El sistema consta de un magneto instalado sobre la flecha del motor y de un sensor de efecto HALL que proporciona un nivel de voltaje de 5VCD cada vez que detecta un polo norte y 0VCD cuando hay un polo sur. El magneto gira a la par de la flecha del motor y el sensor está ubicado a 2mm del magneto. Por lo tanto, el sensor estará entregando variaciones de voltaje de 0 o 5VCD según el polo magnético que esté detectando.

El microcontrolador es capaz de medir el tiempo que dura cada ciclo de la señal proveniente del sensor y por consiguiente la velocidad exacta de giro del motor de ventilación.

Si existe alguna falla en el motor o en el sistema mecánico de ventilación inmediatamente será detectado por el Microcontrolador a través del sensor de

RPM y entrará en un modo de protección para evitar daños en el compresor causado por golpes de líquido (modo COOL) o elevación de presiones en el evaporador (modo HEAT) ofreciendo una gran ventaja ante los motores que no cuentan con este tipo de retroalimentación hacia el sistema de control electrónico.

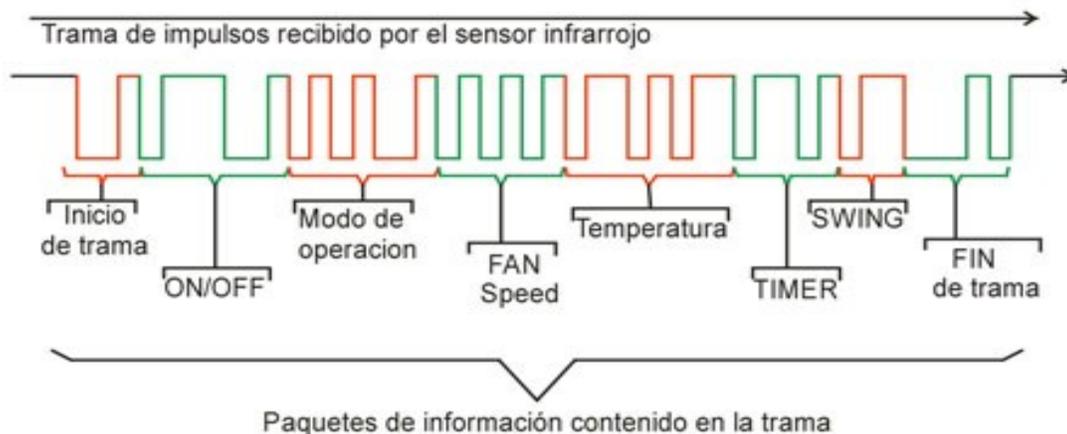
Figura 8. La luz infrarroja es convertida en impulsos eléctricos alcanzando frecuencias superiores a los 30 KHz.



DISPLAY (RECEPTOR INFRARROJO)

Al momento de presionar cualquier botón del control remoto, automáticamente se emite un rayo de luz infrarroja a través de un LED, conteniendo información acerca de las instrucciones que deberá ejecutar el equipo de aire acondicionado. Por otro lado, en la unidad evaporadora existe otro componente encargado de recibir las radiaciones infrarrojas provenientes del control remoto para convertirlas en impulsos eléctricos muy similar a los del sensor de RPM (ver figura 8).

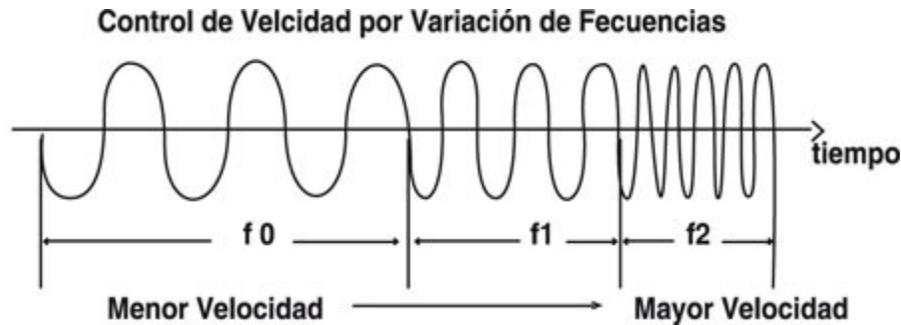
Figura 9. Cada vez que se presiona un botón del control remoto se emite una trama diferente según la función que se haya presionado.



Entre los pines GND y Vout se puede observar con un osciloscopio una señal similar a la mostrada en la Figura 9.

Los paquetes de información serán interpretados por el microcontrolador siempre y cuando la señalización corresponda a este equipo. Si existe otra señal de algún otro electrodoméstico como una televisión, equipo de audio u otro aire acondicionado, las señales serán rechazadas y no realizará ningún efecto sobre este equipo particular, pues cada fabricante utiliza su propio protocolo de comunicación para evitar interferencias de este tipo.

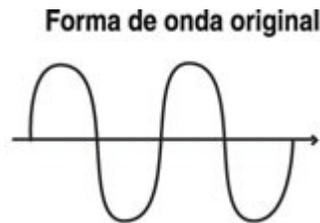
Figura 10. Implementar un variador de frecuencia es complejo pero también tiene muchos beneficios.



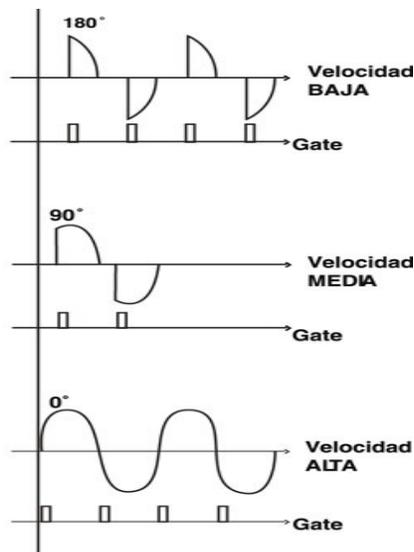
CONTROL DE VELOCIDAD (TRIAC)

Hay dos métodos para controlar la velocidad de un motor de corriente alterna: por variación de frecuencia y variación de voltaje. La primera (ver figura 10) tiene un tiempo de respuesta muy corto, permitiendo obtener un torque fuerte desde el inicio y con márgenes de error muy pequeños, necesita una circuitería demasiado compleja para llevarla a cabo como inversores, por lo que es poco práctico para aire acondicionado convencional, sin embargo, esta se aplica en equipos con compresores de velocidad variable “inverter”.

Figura 11. El voltaje rms es afectado directamente por el ángulo de disparo que se coloca en la compuerta del TRIAC.



Un pulso de disparo es colocado en la compuerta detonada con la letra “G” para controlar el paso de semiciclos positivos y negativos del voltaje de alimentación. Ángulo de disparo es el tiempo en que se habilita la compuerta para dejar pasar el voltaje a través del TRIAC. Se mide a partir que la señal cruza del semiciclo negativo al positivo y viceversa.

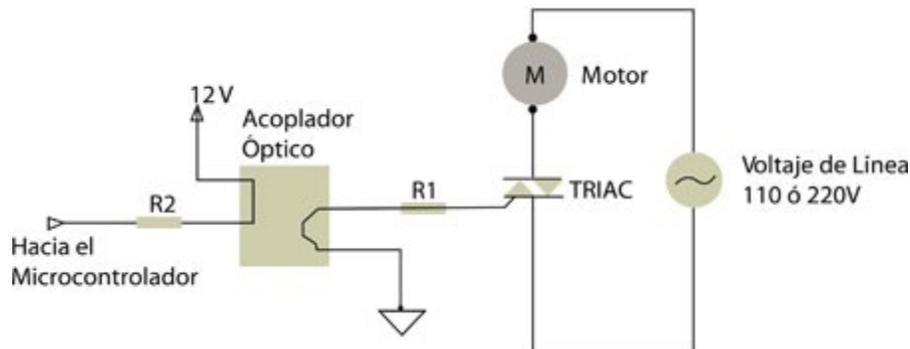


El segundo método (ver figura 11) consiste en variar el voltaje eficaz (V_{rms}) del suministro hacia el motor. Para ello, se necesita muy poca circuitería, tanto así que se implementa en muchos equipos de aire acondicionado tipo minisplit. El control de velocidad que ofrece este método es muy preciso, sin embargo, el torque va de menos a más conforme incrementa el voltaje eficaz. Este método es más que suficiente para el motor evaporador, debido al bajo amperaje que circula.

Tal como una computadora, el microcontrolador procesa todas las señales (información) provenientes de los diferentes sensores.

El componente principal para poder variar el voltaje se llama TRIAC. Es un semiconductor de tres terminales donde una de ellas se le conoce como compuerta (Gate). A través de un optoacoplador, se manda a la compuerta del TRIAC, una señal de disparo proveniente de un pin del microcontrolador. Esta señal debe estar sincronizada con la línea de CA para poder hacer este tipo de control, pero no hay problema, ya que el microcontrolador se encarga de eso, auxiliado por un circuito típico conocido como "Detector de Cruce por Cero" (ver figura 12).

Figura 12. Circuito básico del control de velocidad de un motor de corriente alterna por el método de variación de voltaje.



El TRIAC está conectado en serie con el motor evaporador, por lo tanto, podríamos asemejar su función con un reóstato que limita el paso de corriente, a través de la carga obteniendo como resultado cambios en la velocidad del motor.

Figura 13. El motor a pasos es considerado como un motor digital, ya que opera a través de secuencias de 1's y 0's.

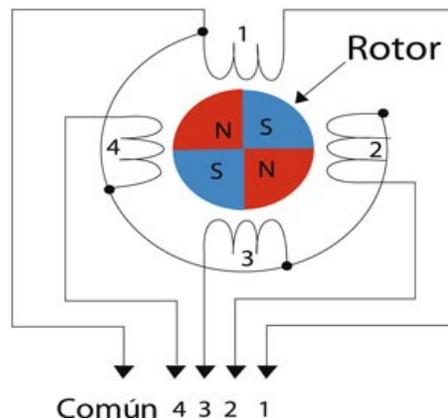
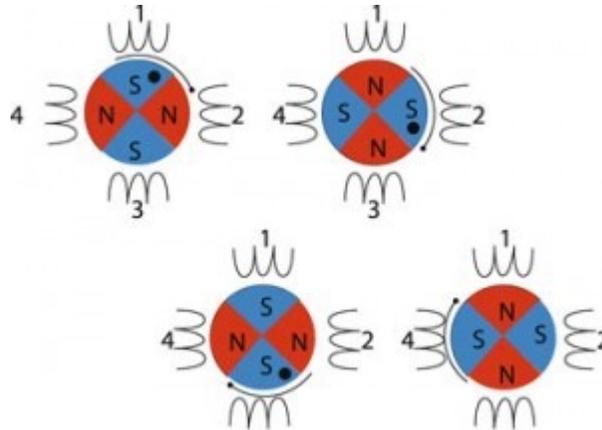


Figura 14. Una secuencia de bobinas son energizadas para orientar el núcleo a una posición específica.



MOTOR OSCILADOR (MOTOR A PASOS)

Nos referimos directamente al motor que se encarga de mover la rejilla de salida de aire del evaporador. Muchas veces no conocer su funcionamiento es un verdadero dolor de cabeza al querer resolver una falla extraña en esta sección. Podemos darnos cuenta que este componente cuenta con múltiples cables en su conector que puede darnos una nueva impresión o hacernos dudar del funcionamiento del mismo.

Realmente no tiene mucha complicación. El motor oscilador se le conoce en electrónica como Motor a Pasos. Esto es porque los giros que realiza, los hace lentamente a través de una serie de secuencias comandadas desde el microcontrolador. Internamente está constituido por cuatro bobinas o devanados unidos entre sí por un mismo cable, que denominaremos "Común", así mismo existe un cable asignado para cada bobina para ser energizada y dar secuencia al movimiento del rotor (ver figura 13 y 14). El rotor tiene incrustaciones magnéticas mismas que serán orientadas según la polarización de las bobinas. Para hacer girar el motor en sentido contrario sólo basta con invertir la secuencia de voltaje en las terminales de las bobinas.

Este tipo de motor opera con 12VDC, sin embargo, este voltaje no puede ser medido con un multímetro convencional, para esto se requiere un osciloscopio. Midiendo la resistencia de los devanados podemos darnos una idea si el motor está en buen estado eléctricamente.

MICROCONTROLADOR

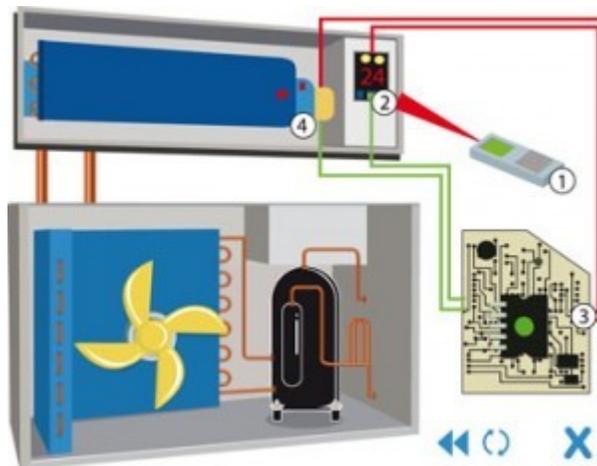
Es conocido como el cerebro del sistema de control. Tal como una computadora, el microcontrolador procesa todas las señales (información) provenientes de los diferentes sensores, las decodifica e interpreta su significado, desde una simple instrucción hasta una interrupción del funcionamiento.

Una de las características principales es la rapidez con la que toma sus decisiones en el orden de los milisegundos, por lo que son imperceptibles para el usuario.

Activación del MODO FAN

Paso 1:	Al presionar la tecla On/Off del control remoto, estamos emitiendo una señal infrarroja con la información del modo de operación, velocidad de abanico, estado del swing temperatura, etc.
Paso 2:	El receptor infrarrojo ubicado en el display, recibe la señal y envía la "trama" de pulsos hacia la tarjeta principal en donde se encuentra el Microcontrolador.
Paso 3:	El Microcontrolador las interpreta y toma la decisión de mandar encender el display y en milisegundos se enciende el ventilador (ya que en este ejemplo se trata del modo FAN).
Paso 4:	El motor empieza a funcionar y por consiguiente se generan una señal pulsante que nos dice la velocidad que lleva el motor. Al recibirla, el microcontrolador la compara con sus parámetros ideales y determina si el equipo se encuentra en estado normal o tiene alguna falla. Si detecta este último, se suspende la operación del equipo instantáneamente y se produce una alerta en el display (ver figura 15).

Figura 15. Una serie de instrucciones son implementados dentro de la memoria del microcontrolador, para realizar un funcionamiento óptimo del equipo.



Se ha conocido el tipo de señales que circulan dentro de la tarjeta electrónica durante su operación, con estas herramientas ampliamos nuestro conocimiento y abrimos el panorama para poder analizar fallas electrónicas en un aire acondicionado.

Una vez que conocemos los componentes y señales más relevantes del sistema de control electrónico, resulta interesante saber qué tipo de fallas son las más comunes y cómo podemos resolverlas.

Análisis de Fallas en el Sistema Electrónico

Al final de este capítulo, obtendremos una herramienta más para nuestra formación como técnicos en refrigeración.

ETAPA DE SUMINISTRO (Fuente de alimentación)

Es la etapa encargada de convertir el voltaje de alimentación (110 o 220V) en voltaje de 5 a 12 VCD pasando antes por un transformador, puente de diodos y

reguladores de voltaje. En el trayecto de la conversión de la energía pueden ocurrir algunas irregularidades en los componentes que causan un mal funcionamiento en el equipo, a continuación se hace mención de algunas fallas que se le atribuyen a la fuente de poder.

- **Quema del fusible en forma constante.** Al momento de reemplazar el fusible de entrada se quema inmediatamente después de conectar el equipo realizándolo repetitivamente. Esto es debido a que la protección de alto voltaje ha sido activada a través del varistor que se encuentra en la entrada de la fuente. La solución es reemplazar el varistor. Si continúa el problema, debe inspeccionar el motor evaporador, el compresor y la bobina del contactor, en caso de ser un equipo de 2 TR o más.

El equipo no enciende. Debe revisar el estado del fusible, si al reemplazarlo sigue el problema debe inspeccionarse el estado del transformador de voltaje comparando el voltaje del devanado primario con el secundario. En el primario deberá existir en forma constante 110 o 220V (según el voltaje de operación del equipo), el voltaje secundario oscilará de 12-18 VAC, según el diseño del transformador. De no existir el voltaje en el secundario o es inferior a 9 VAC, se debe reemplazar el transformador.

Si el problema persiste al reemplazar el transformador, revise los reguladores de voltaje de 5 y 12 VCD, en donde el regulador de 5 VCD se encarga de proporcionar alimentación al Microcontrolador. Reemplácelo si está dañado.

Cuando el equipo no responde a la señal del control remoto, la causa de este comportamiento es porque no se convierten los impulsos luminosos a impulsos eléctricos.

TERMISTORES

Debemos recordar que son componentes que se encargan de monitorear tanto la temperatura ambiente como la temperatura en diferentes puntos del sistema de refrigeración, como lo es la tubería del evaporador y del condensador. El principio de operación del componente está basado en la variación de resistencia de acuerdo a la temperatura a la que están sometidos.

Principalmente, son tres los estados que puede tomar el componente cuando sufre algún daño, estos se mencionan a continuación:

- **Corto Circuito.** Estamos hablando que si desconectamos el termistor y medimos su resistencia, ésta será muy pequeña en comparación a su rango de operación (en el orden de los cientos de ohm).

- **Circuito Abierto.** Si medimos la resistencia entre sus terminales, la resistencia es más alta del rango de operación normal (mega ohm).

- **Descalibración.** Si al medir la resistencia del sensor y al comparar, con su curva característica o tabla de valores, hay una diferencia de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ se determina que el

sensor está descalibrado, lo cual incide directamente en la toma de decisiones del sistema de control alterando sus parámetros de operación.

Potencializando daños en el sistema por golpes de líquido al compresor o alta presión.

En cualquiera de las tres modalidades descritas anteriormente, el sensor deberá ser reemplazado para optimizar el funcionamiento de equipo.

SENSOR DE RPM DEL MOTOR

Está constituido por un sensor de efecto HALL, ubicado en la proximidad de la flecha del rotor para monitorear la velocidad de giro. Por lo general, cuando falla por completo este componente es detectado por el microcontrolador y lo sitúa en modo de protección al equipo.

Sin embargo, hay ocasiones que falla de manera intermitente y no es interpretado inmediatamente por el Microcontrolador.

Al fallar de este modo, el abanico evaporador puede subir y bajar sus revoluciones sin control, ocasionando una perturbación de aire en el ambiente.

Cuando ocurre este efecto, primeramente debemos descartar si existe suciedad en los componentes como: filtros, serpentín y turbina, ya que pueden alterar el flujo normal del aire. De resultar sucios, pueden ocasionar un efecto similar al que se comentó anteriormente.

Para confirmar el comportamiento del sensor, hay que medir el voltaje proporcionado por este componente. Éste debe cambiar de 0 a 5 VDC, si al momento de medir se obtienen valores intermedios, por ejemplo 2.4V o 3V, el microcontrolador lo puede asumir como dato válido o nulo y significa que el sensor está a punto de entrar en modo de falla permanente. En este caso se deberá reemplazar el motor evaporador por completo.

DISPLAY

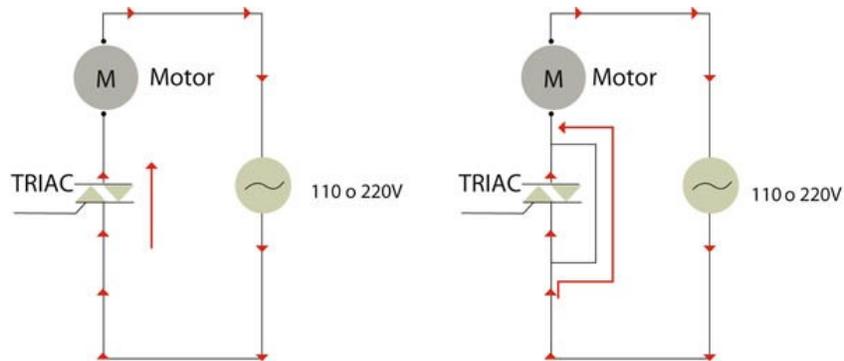
La tarjeta de despliegue de las unidades cuenta con un receptor infrarrojo que se encarga de recibir la señalización proveniente del control remoto y convertirla en impulsos eléctricos para que posteriormente sea decodificada por el Microprocesador.

La falla más común registrada en este componente es que “el equipo no responde a la señal del control remoto”. La causa de este comportamiento es que no convierte los impulsos luminosos a impulsos eléctricos, y por lo tanto el Microcontrolador no realiza ninguna acción. El receptor infrarrojo cuenta con tres terminales denominadas: positivo, negativo y vout. Ésta última terminal es la salida de la señal y se puede observar con un osciloscopio. El comportamiento de la señal proveniente del control remoto. Una vez confirmado que no se genera esta señal, hay que reemplazar el receptor infrarrojo o en su defecto, toda la tarjeta de display.

TRIAC

Es un componente semiconductor utilizado para regular el suministro de corriente hacia el motor de ventilación en el evaporador. En términos de electricidad se encuentra conectado en serie con la carga funcionando como Dimmer (ver figura 16).

Figura 16. Al ponerse en corto circuito el flujo de corriente no es controlado por el circuito de disparo y el motor queda encendido de manera permanente.



El síntoma más común cuando falla este componente es que “el abanico evaporador se mantiene encendido”, sin importar que se apague por completo el sistema. Cuando pasa ese desperfecto, significa que las terminales MT1 y MT2 del TRIAC están en corto circuito y éste debe ser reemplazado.

MICROCONTROLADOR

Muy similar a una computadora, desde su manufactura viene precargado con un programa que se encarga de ejecutar todas las funciones del sistema, según el comando ejecutado por el control remoto o el modo de operación seleccionado.

Este programa está grabado en una memoria interna, que es de sólo lectura (ROM) y tiene la capacidad de almacenar la información por más de 40 años, por lo tanto no puede ser desprogramada una vez que sale de su proceso de producción.

Sin embargo, el Microcontrolador puede ser dañado principalmente en los siguientes casos:

- **Un cable de alto voltaje** hace contacto directo con una de sus terminales.
- **Descarga de voltaje** estático al momento de tomar la tarjeta con la mano.
- **Fallas severas** en la fuente de alimentación principal, es importante verificar este elemento.

Cuando un equipo de aire acondicionado tiene un comportamiento que está “fuera de lo normal”, hay una gran probabilidad que algún transductor o efecto físico es el responsable de generar una señal errónea hacia el microcontrolador, ya que éste sólo reaccionará en función de la información generada por los sensores.

MOTOR SWING

En los equipos tipo mini-split, se utiliza un motor a pasos para controlar el movimiento del deflector de aire. A través de este motor, la rejilla se posiciona en la dirección donde lo necesita el usuario. A simple vista este proceso cíclico puede resultar muy sencillo, sin embargo, puede ocasionar un gran dolor de cabeza cuando se desconoce el principio de operación de este componente y más aún si cree que opera con 12 VDC.

Figura 17. Motor utilizado en el sistema de deflexión de aire en el evaporador.



Dentro de su composición cuenta con una particularidad: tiene cuatro bobinados que están unidos hacia una terminal común para obtener, en la mayoría de los casos, un conector con cinco cables (ver figura 17).

Este motor opera con impulsos de voltaje, que son suministrados en forma secuencial hacia cada devanado para hacerlo girar en un sentido. De tal forma, que cuando se requiere giraren sentido contrario la secuencia de voltaje será en sentido inverso. Es por ello, que al faltar la señalización en algunas de sus terminales, el funcionamiento del motor es erróneo.

La falla más recurrente en este componente es cuando uno de sus devanados se encuentra en circuito abierto, interrumpiendo la secuencia proveniente del Microcontrolador. En caso de ocurrir, se debe reemplazar el motor a pasos por uno nuevo.