



Boletín 30

Tips sobre la protección eléctrica de
motores en equipos HVAC

Boletín 30

Tips sobre la protección eléctrica de motores en equipos HVAC

Introducción

Para proveer de una protección adecuada a los motores de los equipos de HVAC & R, los contratistas instaladores deben considerar ciertos "elementos básicos" del circuito de control de motores eléctricos para su selección y aplicación de estos.

En el presente boletín se mencionan algunos tips que le ayudaran a tomar decisiones y selección de estos accesorios en forma adecuada.

I. Protección de circuitos eléctricos, cortos circuitos y falla de conexión a tierra.

En todas las aplicaciones en donde se utilice un motor eléctrico para impulsar cualquier mecanismo, se deben de incluir dos tipos de protecciones eléctricas:

- Contra corto circuito y falla de conexión a tierra física
- Contra sobrecarga del motor eléctrico

Los rangos de corrientes en un corto circuito va desde unos pocos amperes a cientos

de miles de amperes. Los cortos circuitos no están limitados a una trayectoria normal de la corriente en un equipo. *Una sobrecarga es una corriente mayor que la corriente normal a plena carga que puede consumir un motor eléctrico pero no mayor que la corriente a rotor bloqueado (generalmente puede ser de 6 @ 10 veces la corriente a plena carga dependiendo del tipo de diseño del motor eléctrico).*

Por otro lado, los circuitos de control de motores eléctricos deben ser protegidos contra fallas debidas a bajos y altos niveles de corriente. La importancia de este tipo de protección es para que el personal operativo de los equipos cuente con la seguridad adecuada contra accidentes para cuando se tengan voltajes y corrientes peligrosos. La selección adecuada de los accesorios de protección contra corto circuito, de falla a tierra y contra sobrecarga son una garantía de protección de su equipo y del personal operativo.

De acuerdo con la norma NEC (Código Nacional Eléctrico) en el párrafo número 430-52, se define el procedimiento de selección para los accesorios de protección contra corto circuito para motores eléctricos. En tanto que los párrafos 430-51 y 430-61 describen los procedimientos de selección adecuada contra la falla a tierra. Una falla a tierra es

un flujo de corriente que origina daños potenciales o valores de niveles dañinos de flujos de corrientes para los motores eléctricos y accesorios de control.

Las Normas y Códigos industriales definen dos niveles de protección de falla a tierra.

1. La protección al personal operario
2. La protección al equipo

Por ejemplo:

Un adecuado nivel de protección de "falla a tierra" debe ser capaz de desconectar al equipo y/o sistema de control cuando en el sistema se alcancen valores de corriente de 10 veces mayores que el amperaje a plena carga del motor eléctrico. Por ejemplo un valor de sobrevoltaje o sobrecorriente típico de un motor eléctrico de inducción Clase NEMA Tipo B (en cualquier lugar del mundo) es de 6 @ 10 veces la corriente a plena carga.

II. Protección contra sobrecarga del motor.

Los motores pueden fallar debido a una falla eléctrica o mecánica. Estudios realizados sobre este tema por la Asociación de Investigaciones Eléctricas del Reino Unido demostró que la causa común de las fallas en motores eléctricos es debido a sobrecargas (el 30 %), por contaminación (el 18 %), por pérdida de una sola fase (el 15 %), por desgaste de rodamientos (el 2 %), desgaste natural (el 10 %), por falla en el rotor (5 %) y otras fallas (el 7 %).

Como se puede observar, las fallas debido a sobrecargas, pérdida de una sola fase y

otras fallas representan la mayor causa de falla eléctrica en un motor, en tanto el desbalanceo de las partes en movimiento es la mayor causa de falla mecánica.

Actualmente existen accesorios de protección contra sobrecorriente o sobrevoltaje con tecnología de elementos bimetalicos, de elemento de aleación fundido y de circuitos integrados y microprocesadores.

Las tecnologías de elementos bimetalicos y de elemento de aleación fundido permiten ser reseteados una vez que se enfrían los elementos térmicos. Los elementos térmicos son diseñados para enfriarse a un rango comparable de acuerdo a las características de enfriamiento del motor.

Algunos accesorios de sobrecarga bimetalicos pueden ser ajustados para reajustarse automáticamente, mientras que los de aleación fundida deben ser reseteados manualmente.

La diferencia fundamental entre estos dos tipos de accesorios de protección es que los de elemento bimetalicos están disponibles para ambientes balanceados.

Los accesorios de protección para ambientes balanceados, son diseñados para aquellas aplicaciones donde el motor esta sujeto a temperaturas ambientales constantes y el control se encuentra instalado en un ambiente variable.

Un ejemplo de este tipo de aplicación se tiene en una torre de enfriamiento de tiro de aire inducido donde el motor esta local-

izado en la corriente de aire a temperatura constante. En este caso, el controlador generalmente esta localizado en el exterior, en un ambiente variable.

Los elementos térmicos de ambientes balanceados para esta aplicación están diseñados de tal forma que se toma en cuenta la variación ambiental en el controlador.

Únicamente del 5 al 10 % de todas las instalaciones requieren de ambientes balanceados. En una aplicación en donde el controlador y el motor se encuentran en la misma área, la variación ambiente no requiere de una compensación.

En aplicaciones en donde el controlador esta en un cuarto de control y el motor se encuentra en el exterior en un ambiente variable, también requiere de un accesorio de control de sobrecarga no balanceado. *En estos casos la aleación fundida o elemento bimetalico deben ser dimensionados de acuerdo al amperaje a plena carga del motor eléctrico (RLA). A medida que el calor en el motor aumenta, la impedancia en los devanados también cambiará.*

Si la temperatura del motor cambia como resultado de la temperatura ambiente, la cantidad de amperaje requerido para producir una cantidad dada de torque puede también afectarse. En este caso, un protector de sobrecarga no compensado con el elemento térmico dimensionado con el RLA del motor es la solución correcta para esta aplicación.

Los procedimientos de selección para el el-

emento bimetalico y de aleación fundida incluyen una "corrección" para aplicaciones especiales. Este factor multiplicador es usado por ejemplo, para seleccionar los accesorios de protección para cuando la temperatura ambiente circundante en el motor esta por arriba o por debajo de la temperatura ambiente en el controlador.

Debido a que el 90 al 95 % de todas las aplicaciones no requieren de compensación por ambiente, generalmente la selección del elemento bimetalico y/o de aleación fundida es cuestión de la preferencia del usuario y no de la aplicación. En estos casos, ambos sistema de protección son adecuados.

Los relevadores de sobrecarga tipo NEMA son seleccionados de acuerdo a los HP's y voltaje de aplicación.

Los bimetalicos tipo IEC son seleccionados de acuerdo al RLA del motor.

Protección Electronica:

Hoy en día la utilización de microprocesadores y de circuitos integrados han llevado a la proliferación de los accesorios de protección electrónicos.

Los protectores electrónicos pueden ser divididos en tres categorías.

- De rango bajo
- De rango medio
- De rango alto

III. Arrancadores NEMA o IEC

La selección o aplicación de los accesorios IEC requieren de un mayor conocimiento del tipo de aplicación que generalmente se requiere para seleccionar un accesorio con clasificación NEMA. Un rango de evaluación de los HP's equivalentes de un accesorio IEC tiende a ser sustancialmente pequeño que los requeridos por el NEMA. Los productos IEC también tienden a ser más económicos. Muchos países han adoptado la norma IEC, dando con esto el primer paso hacia una verdadera norma internacional para el control de motores.

La filosofía de diseño NEMA es más robusta en sus diseños estándar de los controladores de motores eléctricos, lo cual le permite la intercambiabilidad de refacciones con otras marcas. Esto hace de los productos NEMA fácil de seleccionar y aplicar. Cada tamaño NEMA correspondiente a un cierto HP, voltaje, frecuencia y corriente, viene definido por el NEMA ICS-2 y permite que estos operen en un mayor rango de condiciones de operación.

En el año 1950 se introdujeron al mercado los contactores "DP (Definite Purpose Contactor)" y con el paso del tiempo fueron ganando la aceptación para aplicarlos en bombas, compresores y en el mercado de la industria del HVAC & R. Actualmente están normalizados por el ARI en sus normas 780 y 790.

Las Normas ARI 780/790 establecen un ci-

clo mecánico de vida de 500, 000 ciclos, un ciclo de vida eléctrico de 200, 000 ciclos.

IV. Protección tipo 1 vs. tipo 2

Independientemente del tipo de protección de control del compresor (NEMA, IEC, o DP), las protecciones proporcionadas para corto circuito, de falla a tierra y relevador de sobrecarga deben ser sincronizadas. La sincronización significa que las protecciones de corto circuito (SCPD), con fusibles o interruptores termo magnéticos, protegerán al sistema contra cualquier falla.

Existen normalmente dos niveles de protección tal como se mencionan en la norma IEC 947 y reconocidas por el NEMA, las cuales, se describen a continuación.

Tipo 1: En este nivel de protección se consideran los daños permitidos al contactor y relevador de sobrecarga, mientras que la cubierta se mantiene sin daño. Parte del arrancador o el arrancador completo requerirá ser sustituido después de una falla.

Tipo 2: En este nivel de protección no existen daños en el contactor y/o relevador de sobrecarga excepto que los contactos estén ligeramente flameados.

De acuerdo a las normas UL, IEC y el NEC simplemente seleccionando un SCPD (protecciones de corto circuito) que cumpla con alguno de estos códigos o normas, no reunirá los requerimientos de protección del equipo y/o usuarios.

La protección adecuada durante una falla, depende del nivel de aceptación del usuario hacia el equipo de control del motor eléctrico.

Los usuarios tienen la responsabilidad de definir el nivel de aceptación del daño y la especificación y/o selección del producto que garantice la protección adecuada al equipo.

El "nivel de aceptación del daño" es determinada por la aplicación específica del equipo, el tipo de industria, y más comúnmente de la filosofía de la compañía para la selección de las protecciones de corto circuito (SCPD).

Arrancadores Combinados

En algunas instalaciones, los usuarios adquieren y/o pueden adquirir controles los cuales, incluyen el SCPD, el contactor, el relevador de sobrecarga y en muchos casos algunos accesorios periféricos tales como transformadores, interruptores, luces pilotos, todo incluido en un solo gabinete denominado arrancador combinado. En la mayoría de estos casos, el sistema de control total es listado por UL, lo cual significa que el fabricante ha seleccionado el SCPD y el relevador de sobrecarga de acuerdo al NEC y su producto está manufacturado de acuerdo a la norma UL.

Método de arranque de motores

La reducción en los costos de los variadores de velocidad han reducido la distancia entre los motores de velocidad variable y los arrancadores electromagnéticos a plena carga. La existencia de arrancadores electromagnéticos a tensión reducida y el aumento en la popularidad de los arrancadores de estado sólido a tensión reducida, proveen una solución adicional de precio competitivo para el arranque de diversos motores eléctricos.

Dentro de los controles para motores que no son del tipo de estado sólido se tienen los siguientes:

Tipo Autotransformadores. Estos tipos de controladores reducen el voltaje del motor durante el arranque por medio de un autotransformador. La alimentación de energía del autotransformador provee la selección de varios voltajes que fijan el límite de la corriente de arranque y el torque del motor eléctrico. Estos dispositivos de control pueden suministrar un máximo torque con la ventaja de obtener un consumo mínimo de corriente.

Tipo Devanados Bipartidos. Este tipo de control puede únicamente ser usado en motores que tienen dos devanados para operar en paralelo. Estos devanados pueden ser energizados en forma secuencial para reducir el torque al arranque y a su vez reducir el consumo de corriente. Du-

rante el arranque únicamente un devanado es energizado, disminuyendo con esto el consumo de corriente desde un 60 % hasta un 70 % (al arranque) y por otro lado el torque hasta en un 50 %.

Conexión Delta-Estrella. Estos controladores pueden ser usados únicamente con motores eléctricos con conexión de su embobinado en Delta-Estrella. Para el arranque, las terminales del motor son conectadas en una configuración estrella. Esto significa que una línea de voltaje esta siendo aplicada a través de únicamente dos devanados. El voltaje es reducido hasta en un 58 % (), y se reduce la corriente y el torque durante el arranque. Después de arrancar, el motor pasa por una transición y se conecta en automático a la configuración en Delta.

V. Interruptores y fusibles del circuito

La decisión entre un fusible y un interruptor de termo magnético (braker) para prevenir de un corto circuito y de una falla de conexión a tierra es cuestión de la preferencia del cliente y/o usuario final. Ambas tecnologías protegen contra un corto circuito. Estas protecciones deben ser seleccionadas de acuerdo al código NEC para obtener un dispositivo de protección con un apropiado rango de protección.

La función fundamental del elemento de control del motor eléctrico en un circuito incluye lo siguiente: el SCPD, el contactor,

el protector de sobrecarga y cualquier elemento de interconexión. Si Usted adquiere una combinación de arrancador (todo en un mismo gabinete), este tendrá que estar calibrado dentro de un cierto rango. Este rango deberá especificar la habilidad del control para proteger contra un corto circuito sin algún daño al motor y a los componentes eléctricos del circuito. Este valor es establecido en rms corriente simétrica. La norma UL508 para controles de equipo industrial, rige las pruebas mínimas para todos los dispositivos de control.

La tecnología de los fusibles modernos generalmente proveen gran rango de resistencia para los controles de protección de circuitos con un equivalente rango de interrupción. Esto se debe a que permiten una respuesta rápida a la falla. Se deben de tomar las precauciones necesarias al especificar y seleccionar el rango de operación contra falla de los controladores debido a que estos rangos son críticos en la selección del SCPD.

Recuerde que el rango de respuesta es muy importante, pero no necesariamente un mayor rango es siempre el mejor.

Cuando el SCPD, el contactor y el protector de sobrecarga se suministran por separado, se debe de tener cuidado de coordinar el rango de respuesta de los componentes individuales. Para evitar un problema de sincronización, la mejor solución es adquirir un control completo de una sola marca, el cual, se haya aprobado y etiquetado de acuerdo al rango de respuesta solicitado por UL508.

Recuerde que los Braker son reseteables y re-usables; mientras que los fusibles siempre se sustituirán después de una falla.

VI. Conductores eléctricos de aluminio o cobre

Los fabricantes de dispositivos de control diseñan sus accesorios en forma de pequeños encapsulados provistos para ciertos calibres de conductores eléctricos. Además, deben de especificar el rango de la temperatura de operación (temperatura del aislamiento). Esto es una importante consideración cuando se seleccionan los calibres de los conductores para una aplicación dada. La sección 110-14(c) del NEC define los tópicos para los rangos de aislamientos de conductores eléctricos en base a la temperatura límite de su aislamiento.

Otra nota importante en esta sección 110-14 del NEC trata con los materiales de los conductores eléctricos. En primer lugar, conductores de diferentes materiales no se deben de emplear en una misma terminal. Segundo, el fabricante del dispositivo de control debe especificar el tipo de material y calibre del conductor a emplear y su torque de apriete correspondiente. El punto importante aquí es estar seguro que el control seleccionado aceptará al conductor eléctrico (cobre o aluminio) adecuado para la instalación.

VII. Protección y control

Los requerimientos de protección están especificados en el código NEC y en los códigos y normas locales. La OSHA (Occupational Safety and Health Administration, la U.S. (Standard Body), especifican los lineamientos a cubrir para la protección en áreas de trabajo.

El código NEC de protección garantiza que cualquier control para motores eléctricos requerirá de un medio de desconexión local, o sea de un circuito de desconexión de energía generalmente en cada motor. El circuito eléctrico de motores especificado por el NEC, generalmente requiere de un dispositivo de protección contra corto circuito o medio de desconexión a cada 7.6 metros (25 pies) de distancia del alimentador principal.

En el diseño de los circuitos de controles, los dispositivos de control y sus respectivas funciones requieren ser asignadas a priori de acuerdo a la gerarquía de las funciones. Esto puede realizarse a través de un sensor común, sin embargo, debe tenerse cuidado en la fase de diseño y/o planeación para la asignación de tales prioridades, particularmente cuando existen múltiples variables a controlar.

Existen también, arrancadores manuales los cuales, están disponibles para aquellas aplicaciones que requieren únicamente de un control local, de arranque /paro. Estos no se pueden adaptar a través de un control remoto y generalmente están dis-

ponibles para aplicaciones de pequeñas potencias.

Ejemplo de campo con un sistema de refrigeración.

Desbalance entre fases

El efecto del desbalance entre fases, es equivalente a la introducción de un voltaje de secuencia negativa la cual, ejerce una fuerza opuesta a la creada con voltajes balanceados. Estas fuerzas opuestas producen corrientes en los embobinados en excesos mayores a los porcentajes bajo condiciones de voltaje balanceados. Este desbalance se refleja en el motocompresor como un excesivo aumento de temperatura en los embobinados del motor eléctrico, lo cual provoca un sobrecalentamiento y la falla prematura del mismo.

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) en su norma NEMA MG1-14.34 de Motores y Generadores establece que los motores eléctricos no deben de operar cuando el *desbalance entre fases exceda el 5%*. Por su parte, Copeland recomienda un *desbalance entre fases no mayor del 2.5%* para prolongar la vida de los motocompresores. De igual forma, la falta o pérdida de una de las fases y/o el falso contacto son también causas muy frecuentes de fallas de los mismos.

Cómo determinar el desbalance entre fases.

Idealmente, el suministro de voltaje debería ser uniformemente balanceado o sea 100% balanceado pero esto, no es posible debido a la resistencia que oponen los conductores eléctricos al transportar la energía además, de otras cargas y/o malas conexiones eléctricas.

El desbalance entre fases puede determinarse por medio de un voltmetro y/o un multímetro como a continuación se indica.

1. Medir cada uno de los voltajes en cada una de las fases (esto es entre L1-L2, L1-L3 y L2-L3).

Por ejemplo si tenemos una alimentación a 230 / 3 / 60 y si la lectura del voltímetro nos dió (ver figura no. 1):

L1-L2= 214 Volts
L1-L3= 231 Volts
L2-L3= 222 Volts

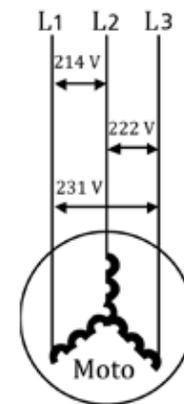


Fig. 1 Desbalance de voltaje en el suministro de energía eléctrica

2. Calcular el voltaje promedio:

$V=222$ Volts

3. Realizar la diferencia entre el voltaje promedio y los valores de voltajes máximo y mínimo resultante de la medición entre fases (L1-L2, L1-L3 y L2-L3).

Para este ejemplo, los voltajes máximo mínimo son entre:

L1-L2= 214 Volts

L1-L3= 231 Volts

Por lo que:

222 Volts - 214 Volts = 8 Volts

222 Volts - 231 Volts = -9 Volts (Tomar el valor absoluto)

4. Tomar la máxima desviación y multiplicarla por 100 y dividirla por el voltaje promedio para obtener el porcentaje de desbalance presente entre las fases de alimentación el cual, no debe de rebasar el 5%.

Entonces, realizando la operación se tiene: de desbalance de

De acuerdo al ejemplo anterior, el desbalance es del 4.05 % el cual, esta dentro del valor máximo permitido.

Efectos del desbalance de voltaje.

Como resultado del desbalance de voltaje, la corriente a rotor bloqueado se desbalanceará en el mismo grado. En todo caso, el desbalance en las corrientes de carga a velocidades de operación normales pueden ser del orden de 4 a 10 veces el desbalance de voltaje dependiendo de la carga. Para este ejemplo se tiene un 4.05% de desbal-

ance de voltaje; por lo que, la corriente de carga puede ser de alrededor del 30% mayor que la corriente promedio usada.

El "NEMA" MG1-14.34 Motors and Generators establece que el porcentaje de aumento en la temperatura en una fase del embobinado resulta del desbalance de voltaje y será aproximadamente dos veces el cuadrado del desbalance de voltaje en el sistema. El cual, viene dado por la siguiente relación:

$$\% \text{ de Aumento de temp.} = 2x(\text{Desbalance de Voltaje})^2$$

Si calculamos el % de aumento de temperatura en el embobinado para el ejemplo anterior, tendremos:

$$\% \text{ de Aumento de temp.} = 2x(4.5)^2 = 32.80$$

Como resultado de este desbalance, es posible que el embobinado de una de las fases del motor se sobrecaliente mientras las otras dos fases mantendrán temperaturas dentro de los límites normales. Lo anterior, provocará la falla prematura del motocompresor.

Otros tips sobre la selección de los calibres de conductores.

A continuación, tomaremos como ejemplo una unidad condensadora con compresor Scholl Bohn modelo BZT1300L63. Para esto, nos apoyaremos de la Tabla No. 1. tomada del boletín BZ-03A (1/03) APM.

Modelo	Compresor	Alimentación de Energía		Compresor		Motor Ventilador			Consumo (kw)	MCA	MOPD
		Volts 60 HZ	Fases	RLA	LRA	Cantidad	Hp	FLA			
Baja Temperatura, R-404A/R-507											
BZT-0650L63	ZF24K4E-TWC	208/230	3	26.9	189.0	1	1/3	2.7	8.21	36.4	60
BZT-0650L64	ZF24K4E-TWD	460	3	14.1	94.0	1	1/3	1.9	8.28	17.5	30
BZT-0750L63	ZF33K4E-TWC	208/230	3	39.1	278	1	1/3	2.7	11.81	51.6	90
BZT-0750L64	ZF33K4E-TWD	460	3	18.9	127	1	1/3	1.9	11.88	25.5	40
BZT-0900L63	ZF40K4E-TWC	208/230	3	47.4	350.0	2	1/3	5.4	14.16	64.7	110
BZT-0900L64	ZF40K4E-TWD	460	3	23.7	175.0	2	1/3	3.8	14.29	33.4	50
<u>BZT-1300L63</u>	<u>ZF48K4E-TWC</u>	208/230	3	<u>49.4</u>	425	2	1/3	<u>5.4</u>	17.56	<u>67.1</u>	<u>110</u>
BZT-1300L64	ZF48K4E-TWD	460	3	21.8	187	2	1/3	3.8	17.70	31.0	50

Tabla No.1. Datos Eléctricos

El MCA es el amperaje mínimo del circuito de esta unidad condensadora alimentándose a 208-230/3/60 el cual viene dado por la siguiente relación.

$$MCA = RLA \text{ compresor} \times 1.25 + FLA \text{ ventiladores}$$

Para este caso el MCA será:

$$MCA = (49.4 \times 1.25) + 5.4 = 67.15 \text{ Amperes}$$

Con este valor del MCA indicado en catálogos de equipos de refrigeración es muy valioso ya que fácilmente podemos determinar el calibre del conductor eléctrico para alimentar a nuestro equipo.

Por otro lado, el valor del MOPD (Dispositivo de Protección para Máxima Sobrecorriente) se usa para determinar el tamaño de los fusibles o breakers y viene dado por la siguiente relación:

$$MOPD = RLA \text{ compresor} \times 2.25 + FLA \text{ ventiladores}$$

Para este caso el MOPD será:

$$MOPD = (49.4 \times 2.25) + 5.4 = 116.55 \text{ Amperes}$$

Para este caso en el boletín BZ-03A (1/03)

APM se indica el valor del MOPD comercial inmediato inferior la cual es más que suficiente para la protección de nuestro equipo en cuestión.

En lo referente al valor del RLA (amperaje a plena carga del compresor) mostrado en el mismo catálogo en cuestión, es el amperaje máximo permisible por el compresor antes de sufrir alguna falla prematura. La determinación del tamaño del contactor para este valor de RLA viene dado por la siguiente relación.

$$\text{Tamaño del contactor} = RLA \times 1.25$$

$$\text{Tamaño del contactor} = 49.4 \times 1.25 = 61.75 \text{ Amperes.}$$

Este valor nos indica que nuestro contactor debe ser de 60 Amperes el cual, es el valor comercial inmediato inferior suficiente para poder proteger a nuestro compresor. Es común que en campo se obtengan consumos de amperajes en el compresor de entre 70 % al 80 % del valor del RLA indicado en catálogos.

Para alguna otra información no mencionada en este boletín, favor de consultar los códigos y normas anteriormente citadas en este nuestro boletín de ingeniería Bohn.



BOHN se reserva el derecho de hacer cambios en sus especificaciones, en cualquier momento, sin previo aviso y sin ninguna responsabilidad con los compradores propietarios del equipo que previamente se les ha vendido.

BOHN DE MEXICO S.A. DE C.V.

Oficinas Corporativas

Bosques de Alisos No. 47-A, Piso 5
Col. Bosques de las Lomas
México, DF. C.P. 05120
Tel: (01 55) 5000 5100
Fax: (01 55) 5259 5521
Tel. sin costo 01 800 228 20 46

Planta

Acceso II, Calle 2 No. 48
Parque Industrial Benito Juárez
Querétaro, Qro. C.P. 76120
Tel: (01 442) 296 4500
Fax: (01 442) 217 0616
Tel sin costo 01 800 926 20 46

Monterrey

Torre Alestra, Piso 3 HQ
Av. Lázaro Cárdenas 2321 Poniente
Col. Residencial San Agustín
C.P. 66260 San Pedro Garza García,
Nuevo León
Tel: (01 81) 1001 7032
Fax: (01 81) 1001 7001

Tijuana

Camino del Rey Oeste # 5459-2
Privada Capri # 2
Residencial Colinas del Rey
Tijuana BC, C.P. 22170
Tel: (01 664) 900 3830
Fax: (01 664) 900 3845
Cel: (01 664) 674 1677
Nextel 152*1315271*1

Culiacán, Sinaloa.

Río Petatlán # 885
Col. Rosales
Culiacán, Sinaloa
C.P. 80230
Tel: (01 667) 752-0700
Fax: (01 667) 752-0701
Cel: (01 667) 791-5336

Guadalajara

Av. Moctezuma 3515
Esq. López Mateos Sur
Local Mezanine
C.P.45050
Guadalajara, Jal.
Tel: (01 33) 388 01214
Fax: (01 33) 3770 5600

e-mail: enlacebohn@cft.com.mx

www.bohn.com.mx