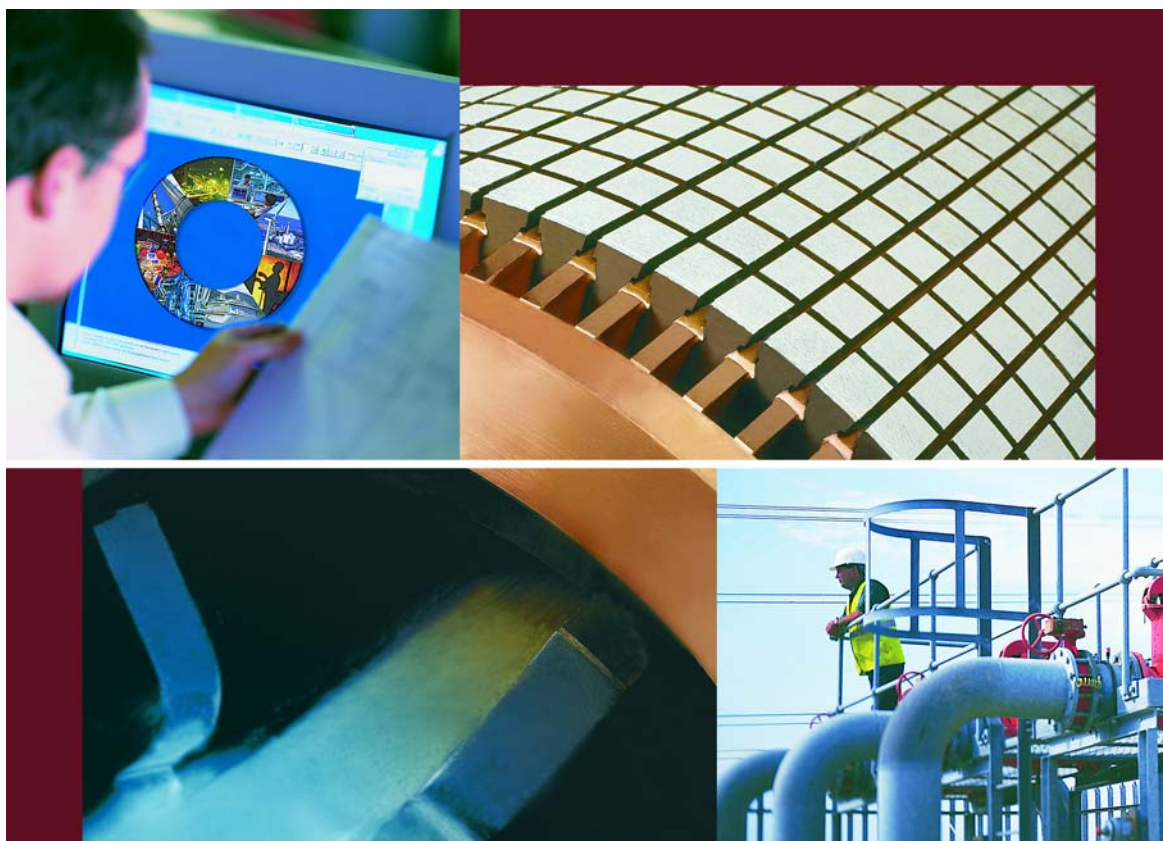


Manual para motores y generadores de inducción



Instrucciones de seguridad

AMA, AMB, AMG, AMH, AMI, AMK, AMZ, HXR, M3BM, M3GM

1. Generalidades

En todo momento deben observarse las normativas generales relativas a la seguridad, los acuerdos concretos para cada centro de trabajo y las precauciones de seguridad indicadas en este documento.

2. Uso previsto

Las máquinas eléctricas pueden tener superficies calientes y constan de piezas con corriente y piezas giratorias que pueden ser peligrosas. Todas las operaciones relacionadas con el transporte, almacenamiento, instalación, conexión, puesta en marcha, funcionamiento y mantenimiento deben ser realizadas por personal debidamente cualificado (de conformidad con EN 50 110-1 / DIN VDE 0105 / IEC 60364). El manejo inadecuado puede causar lesiones personales graves y daños en la propiedad. ¡Peligro!

Estas máquinas se han diseñado para instalaciones industriales y comerciales como componentes según se define en la Directiva de maquinaria 98/37/CE. Está prohibida su puesta en funcionamiento hasta que se haya establecido la conformidad del producto final con esta directiva (siga la normativa local en cuanto a instalación y seguridad, por ejemplo la norma EN 60204).

Estas máquinas cumplen las series armonizadas de las normativas EN 60034 / DIN VDE 0530. Está prohibida su utilización en atmósferas explosivas a menos que se hayan diseñado expresamente para tal uso (siga las instrucciones adicionales).

No utilice bajo ningún concepto grados de protección $\leq$ IP 23 en exteriores. Los modelos refrigerados por aire suelen estar diseñados para temperaturas ambiente de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y altitudes de $\leq 1.000\text{ m}$ por encima del nivel del mar. La temperatura ambiente para modelos refrigerados por aire/agua no debería ser inferior a los $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (para máquinas con rodamientos cilíndricos, consulte la documentación del fabricante). Preste atención a la información de desviación de la placa de características. Las condiciones de uso deben cumplir todas las indicaciones de la placa de características.

3. Transporte y almacenamiento

Comunique de inmediato a la empresa de transportes los daños encontrados tras la entrega. Interrumpa la puesta en funcionamiento, si es necesario. Los cáncamos de elevación se dimensionan para el peso de la máquina. No aplique cargas adicionales. Asegúrese de utilizar los cáncamos de elevación adecuados. Si es preciso, utilice medios de transporte adecuados y correctamente dimensionados (por ejemplo, guías de cable). Retire los soportes de envío (por ejemplo, bloqueos de rodamientos, amortiguadores de vibraciones) antes de la puesta en funcionamiento. Guárdelos para futuros usos.

Asegúrese de almacenar las máquinas en un lugar seco, sin polvo y que no esté sometido a vibraciones (peligro de deterioro de los rodamientos durante el almacenamiento). Mida la resistencia del aislamiento antes de la puesta en funcionamiento. A valores de $\leq 1\text{ k}\Omega$ por voltio de tensión nominal, seque el devanado. Siga las instrucciones del fabricante.

4. Instalación

Asegúrese de disponer de un soporte, una base resistente o una brida de montaje nivelados y una alineación exacta en caso de acoplamiento directo. Evite las resonancias con la frecuencia de giro y la doble frecuencia de alimentación como resultado del montaje. Gire el rotor y preste atención a los posibles ruidos de deslizamiento anormales. Compruebe el sentido de giro en estado sin acoplar.

Siga las instrucciones del fabricante al montar o desmontar acoplamientos u otros elementos de accionamiento y cúbralos con una protección de contacto. Para el funcionamiento de prueba en su estado sin acoplar, bloquee o retire la chaveta del eje. Evite cargas radiales y axiales excesivas en los rodamientos (tenga en cuenta la documentación del fabricante). El equilibrado de la máquina se indica como H = media chaveta y F = chaveta entera. En los casos con media chaveta, el acoplamiento también debe estar equilibrado con media chaveta. En caso de que sobresalga la parte visible de la chaveta del eje, establezca un equilibrio mecánico.

Efectúe las conexiones necesarias de los sistemas de ventilación y refrigeración. La ventilación no debe estar bloqueada y el aire de salida no debe entrar directamente, ni siquiera en los conjuntos contiguos.

5. Conexión eléctrica

Todas las operaciones deben ser realizadas por personal cualificado con la máquina parada. Antes de realizar cualquier tarea de este tipo, deben aplicarse estrictamente las siguientes reglas de seguridad:

- Desconecte de la alimentación
- Disponga una protección contra la reconexión de la alimentación
- Compruebe el aislamiento seguro respecto de la alimentación
- Conecte a tierra y cortocircuite
- Cubra las piezas con alimentación cercanas o disponga barreras para evitar el contacto con ellas
- Desconecte la alimentación de los circuitos auxiliares (por ejemplo, calefacción anticondensación).

Si se superan los valores límite de la zona A de la norma EN 60034-1 / DIN VDE 0530-1 (tensión $\pm 5\%$, frecuencia $\pm 2\%$, forma de onda y simetría), se producirán aumentos de temperatura y la compatibilidad electromagnética se verá afectada. Observe las indicaciones de las placas de características y el diagrama de conexión de la caja de bornes.

La conexión debe realizarse de tal forma que se mantenga una conexión eléctrica permanente y segura. Utilice terminales de cable adecuados. Establezca y mantenga una conexión equipotencial segura.

Las distancias entre las piezas con alimentación no aisladas y entre estas piezas y la conexión a tierra no deben ser inferiores a los valores de las normas apropiadas y a los valores que pueden indicarse en la documentación del fabricante.

No se permite la presencia de cuerpos extraños, suciedad ni humedad en la caja de bornes. Cierre los orificios para cables no utilizados y la propia caja de forma que sean estancos frente al polvo y la humedad. Fije la chaveta cuando la máquina esté funcionando sin acoplamiento. En el caso de las máquinas con accesorios, compruebe que éstos funcionan correctamente antes de la puesta en funcionamiento.

La correcta instalación (por ejemplo, separación de las líneas de alimentación y de señales, cables apantallados, etc.) es responsabilidad del instalador.

6. Funcionamiento

El grado de vibración dentro del rango "satisfactorio" ($V_{\text{rms}} \leq 4,5 \text{ mm/s}$) según la norma ISO 3945 es aceptable en el modo de funcionamiento con acoplamiento. En caso de que el funcionamiento se desvíe de la normalidad (por ejemplo aumento de la temperatura o presencia de ruido o vibración), desconecte la máquina si tiene cualquier duda. Determine la causa y consulte al fabricante, si es preciso.

No inhabilite los dispositivos de protección, ni siquiera durante el funcionamiento de prueba. Si se acumula suciedad en grandes cantidades, limpie el sistema de refrigeración a intervalos periódicos. Abra de vez en cuando los orificios de drenaje de condensación que estén obturados.

Engrase los rodamientos durante la puesta en marcha, antes de arrancar. Engrase de nuevo los rodamientos antifricción con la máquina en marcha. Siga las instrucciones de la placa de lubricación. Utilice el tipo adecuado de grasa. En las máquinas con rodamientos cilíndricos, respete el tiempo límite para el cambio de aceite y, si están equipados con un sistema de suministro de aceite, compruebe que dicho sistema funciona.

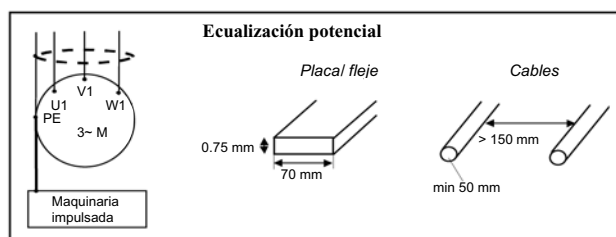
7. Mantenimiento y reparaciones

Siga las instrucciones de manejo del fabricante. Para más detalles, consulte el Manual del usuario. Conserve estas instrucciones de seguridad.

8. Convertidor de frecuencia

En aplicaciones con convertidor de frecuencia, es necesario utilizar una toma de tierra exterior para igualar el potencial entre la carcasa del motor y la máquina accionada, a menos que ambos elementos estén montados sobre la misma base metálica. En motores con carcasas de tamaños superiores a IEC 280, utilice un conductor plano de $0,75 \times 70 \text{ mm}$ o, como mínimo, dos conductores cilíndricos de 50 mm^2 . La distancia entre los conductores cilíndricos debe ser como mínimo de 150 mm .

Esta disposición no tiene ninguna función de seguridad eléctrica. Su finalidad es igualar los potenciales. Si el motor y la caja reductora están montados sobre una misma base de acero, no es necesario realizar conexiones de ecualización de potenciales.



Para satisfacer los requisitos de compatibilidad electromagnética (EMC), utilice únicamente cables y conectores autorizados para tal propósito (consulte las instrucciones de los convertidores de frecuencia).

Instrucciones de seguridad adicional para las máquinas sincrónicas de imanes permanentes

Conexiones eléctricas y funcionamiento

Mientras el eje de la máquina está girando, las máquinas sincrónicas de imanes permanentes inducen tensión en los bornes. La tensión inducida es proporcional a la velocidad de rotación y puede resultar peligrosa incluso a baja velocidad. Impida cualquier rotación del eje antes de abrir la caja de bornes y/o trabajar con los bornes sin proteger.

¡ADVERTENCIA! Los bornes de una máquina que cuenta con una alimentación con convertidor de frecuencia pueden presentar tensión incluso con la máquina parada.

¡ADVERTENCIA! Tenga cuidado con la alimentación inversa durante cualquier trabajo en el sistema de alimentación.

¡ADVERTENCIA! No exceda la velocidad máxima permitida para la máquina. Consulte los manuales específicos de cada producto.

Mantenimiento y reparaciones

Los trabajos de servicio técnico de las máquinas sincrónicas de imanes permanentes sólo deben ser realizados por talleres homologados y autorizados por ABB. Para obtener más información acerca del servicio técnico de las máquinas sincrónicas de imanes permanentes, póngase en contacto con ABB.

¡ADVERTENCIA! Sólo el personal cualificado y que esté familiarizado con los requisitos de seguridad pertinentes está autorizado a abrir las máquinas sincrónicas de imanes permanentes y hacer trabajos de mantenimiento en ellas.

¡ADVERTENCIA! No se permite retirar el rotor de ninguna máquina sincrónica de imanes permanentes si no se utilizan las herramientas especiales diseñadas para este fin.

¡ADVERTENCIA! Los campos de dispersión magnética causados por una máquina sincrónica de imanes permanentes abierta o desensamblada, o bien por un rotor separado de una de estas máquinas, pueden causar disrupciones o daños en otros equipos y componentes eléctricos o electromagnéticos, como marcapasos cardíacos, tarjetas de crédito y elementos similares.

¡ADVERTENCIA! Debe evitarse la penetración de piezas y restos metálicos en el interior de la máquina sincrónica de imanes permanentes, así como su contacto con el rotor.

¡ADVERTENCIA! Antes de cerrar una máquina sincrónica de imanes permanentes, se deben retirar del interior del motor todas las piezas que no pertenezcan a la máquina y cualquier tipo de residuo.

NOTA: Tenga cuidado con los campos de dispersión magnética y las posibles tensiones inducidas al girar el rotor separado de una máquina sincrónica de imanes permanentes, dado que pueden causar daños en los equipos circundantes, como tornos o máquinas de equilibrado.



Instrucciones de seguridad adicionales para motores eléctricos situados en atmósferas explosivas

NOTA: Debe seguir estas instrucciones para garantizar una instalación, un funcionamiento y un mantenimiento seguros y correctos del motor. Asegúrese de darlas a conocer a cualquier persona encargada de la instalación, el funcionamiento o el mantenimiento de este equipo. Ignorar estas instrucciones puede invalidar la garantía.

¡ADVERTENCIA! Los motores para atmósferas explosivas están diseñados especialmente para satisfacer la normativa oficial referida al riesgo de explosión. Si se utilizan incorrectamente, si están mal conectados o sufren alguna modificación, aunque ésta sea menor, pueden perder su fiabilidad.

Es necesario tener en cuenta las normas relacionadas con la conexión y el uso de aparatos eléctricos en atmósferas explosivas, especialmente las normas nacionales referidas a la instalación. (Consulte las normas: EN 60079-14, EN 60079-17, EN 61241-14, EN 61241-17, IEC 60079-14, IEC 60079-17, IEC 61241-14 y IEC 61241-17). Todas las reparaciones y revisiones deben ser realizadas acorde con la norma IEC 60079-19. Sólo las personas que tengan la formación adecuada y que estén familiarizadas con estas normas deben manejar este tipo de aparatos.

Declaración de conformidad

Todas las máquinas Ex de ABB destinadas a las atmósferas explosivas cumplen la Directiva ATEX 94/9/CE y presentan el símbolo CE en la placa de características.

Validez

Estas instrucciones son válidas para los siguientes tipos de motores eléctricos de ABB Oy, cuando el motor se utiliza en atmósferas explosivas.

Ex nA sin chispas, clase I div. 2, clase I zona 2

- Máquinas de inducción AMA, tamaños de 315 a 500
- Máquinas de inducción AMB, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción AMI, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción HXR, tamaños de 315 a 560
- Máquinas sincrónicas AMZ, tamaños de 710 a 2.500
- Máquinas de inducción M3GM, tamaños de 315 a 450

Ex e con seguridad aumentada

- Máquinas de inducción AMA, tamaños de 315 a 500
- Máquinas de inducción AMB, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción AMI, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción HXR, tamaños de 315 a 560

Presurización Ex pxe, Ex pze, Ex px, Ex pz

- Máquinas de inducción AMA, tamaños de 315 a 500
- Máquinas de inducción AMB, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción AMI, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción HXR, tamaños de 315 a 560
- Máquinas sincrónicas AMZ, tamaños de 710 a 2.500

Protección contra ignición de polvo (DIP), Ex tD, clase II div. 2, clase II zona 22, clase III

- Máquinas de inducción AMA, tamaños de 315 a 500
- Máquinas de inducción AMB, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción AMI, tamaños de 560 a 630
- Máquinas de inducción HXR, tamaños de 315 a 560
- Máquinas de inducción M3GM, tamaños de 315 a 450

(Ciertos tipos de máquinas utilizadas en aplicaciones especiales o que tienen un diseño especial pueden requerir información adicional.)

Conformidad con las normas

Además de cumplir con las normas relacionadas con las características mecánicas y eléctricas, los motores diseñados para atmósferas explosivas deben cumplir las siguientes normas IEC o EN:

EN 60079-0;	Norma relativa a los requisitos generales para atmósferas explosivas
EN 60079-2;	Norma sobre la protección Ex p
EN 60079-7;	Norma sobre la protección Ex e
EN 60079-15;	Norma sobre la protección Ex nA
EN 61241-1;	Norma sobre el polvo combustible, protección Ex tD
IEC 60079-0;	Norma relativa a los requisitos generales para atmósferas explosivas
IEC 60079-2;	Norma sobre la protección Ex p
IEC 60079-7;	Norma sobre la protección Ex e
IEC 60079-15;	Norma sobre la protección Ex nA
IEC 61241-0;	Norma sobre los requisitos generales en presencia de polvo combustible
IEC 61241-1;	Norma sobre el polvo combustible, protección Ex tD
NFPA 70;	National Electric Code (NEC) de los EE.UU.
C 22-1-98;	Código eléctrico canadiense, parte I (código CE)

Las máquinas ABB (sólo las del grupo II) pueden instalarse en zonas de los tipos siguientes:

Zona (IEC)	Categoría (EN)	Identificación
1	2	Ex px, Ex pxe, Ex e
2	3	Ex nA, Ex N, Ex pz, Ex pze

Atmósfera (EN);

G - Atmósfera explosiva causada por gases

D - Atmósfera explosiva causada por polvo

Inspección a la recepción

- Inmediatamente tras la recepción, compruebe si la máquina presenta daños externos y, en tal caso, informe inmediatamente al transportista.
- Compruebe los datos de la placa de características, especialmente la tensión, la conexión del devanado (estrella o triángulo), la categoría, el tipo de protección y las especificaciones de temperatura.

¡Tenga en cuenta las siguientes reglas durante todas las operaciones!

¡ADVERTENCIA! Desconecte y aíse antes de hacer cualquier comprobación en la máquina o en el equipo accionado. Asegúrese de que no exista ninguna atmósfera explosiva mientras se realizan los trabajos.

Arranque y re arranque

- El número máximo de arranques en secuencia se indica en la documentación técnica de la máquina.
- La nueva secuencia de arranque se puede utilizar una vez que la máquina se ha enfriado hasta la temperatura ambiente (-> arranques en frío) o hasta la temperatura de funcionamiento (-> arranques en caliente).

Conexiones a tierra y ecualización de potenciales

- Antes de arrancar, compruebe que todos los cables de ecualización de potenciales y de toma de tierra están bien conectados.
- No retire ningún cable de ecualización de potenciales o de toma de tierra de los montados por el fabricante.

Separaciones y distancias entre piezas y conductores

- No realice ajuste alguno en las cajas de bornes ni retire ninguno de sus componentes si con ello se reducen las separaciones entre las piezas o los conductores.
- No instale ningún equipamiento nuevo en las cajas de bornes sin preguntar primero a ABB Oy.
- Asegúrese de medir el entrehierro entre el rotor y el estátor después de realizar cualquier tarea de mantenimiento del rotor o de los rodamientos. Este espacio debe ser igual en cualquier punto entre el estátor y el rotor.
- Coloque el ventilador en el centro de la campana de ventilación o del canal de aire después de realizar cualquier tarea de mantenimiento. La separación debe ser como mínimo el 1% del diámetro máximo del ventilador, acorde con las normas.

Conexiones de las cajas de bornes

- Todas las conexiones de las cajas de bornes principales deben realizarse con conectores Ex autorizados, entregados por el fabricante junto con la máquina. En otros casos solicite asesoramiento a ABB Oy.
- Todas las conexiones realizadas en cajas de bornes auxiliares e identificadas como circuitos intrínsecamente seguros (Ex i o EEx i) deben conectarse a barreras de seguridad adecuadas.

Resistencias de calentamiento

- Si se enciende una resistencia de calentamiento anticondensación no autorregulada justo tras el apagado del motor, tome las medidas adecuadas para controlar la temperatura del interior de la carcasa del motor. Las resistencias de calentamiento anticondensación sólo pueden funcionar dentro de un entorno dotado de un control de la temperatura.

Ventilación previa al arranque

- Las máquinas Ex nA y Ex e pueden, o en algunos casos deben, contar con elementos para ventilación previa al arranque.
- Antes del arranque, compruebe la necesidad de purgar la envolvente de la máquina para asegurarse de que la envolvente no contenga gases inflamables. En función del análisis de riesgos, el cliente y/o las autoridades locales tomarán la decisión de si el cliente necesita utilizar una ventilación previa al arranque.

NOTA: En caso de discrepancias entre estas instrucciones de seguridad y el manual del usuario, estas instrucciones de seguridad tienen prioridad.

Capítulo 1 - Introducción

1.1	Información general.....	1
1.2	Nota importante	1
1.3	Limitación de responsabilidad	2
1.4	Documentación	2
1.4.1	Documentación de la máquina.....	2
1.4.2	Información no incluida en la documentación.....	3
1.4.3	Unidades usadas en el manual del usuario.....	3
1.5	Identificación de la máquina.....	3
1.5.1	Número de serie de la máquina.....	3
1.5.2	Placa de datos.....	3

Capítulo 2 - Transporte y desembalaje

2.1	Medidas protectoras antes del transporte.....	6
2.1.1	Generalidades.....	6
2.1.2	Placa de cojinete	6
2.2	Elevación de la máquina.....	8
2.2.1	Elevación de una máquina en un embalaje para transporte marítimo	8
2.2.2	Elevación de una máquina en un palé.....	9
2.2.3	Elevación de una máquina desembalada	10
2.3	Giro de una máquina montada verticalmente	11
2.4	Comprobaciones en la recepción y desembalaje	12
2.4.1	Comprobación en la recepción	12
2.4.2	Comprobación en el desembalaje	12
2.5	Instrucciones de instalación para la caja de bornes principal y los componentes de refrigeración	12
2.5.1	Instalación de la caja de bornes principal	13
2.5.2	Instalación de componentes de refrigeración.....	13
2.6	Almacenamiento	14
2.6.1	Almacenamiento a corto plazo (inferior a 2 meses)	14
2.6.2	Almacenamiento a largo plazo (superior a 2 meses)	15
2.6.3	Cojinetes de rodillos	16
2.6.4	Cojinetes cilíndricos	17
2.6.5	Aperturas.....	18
2.7	Inspecciones, registros	18

Capítulo 3 - Instalación y alineación

3.1	Aspectos generales.....	19
3.2	Diseño de la cimentación.....	19
3.2.1	Aspectos generales.....	19
3.2.2	Fuerzas para la cimentación.....	20
3.2.3	Bridas para máquinas montadas verticalmente.....	20
3.3	Preparaciones de la máquina antes de la instalación	20
3.3.1	Mediciones de la resistencia de aislamiento	21
3.3.2	Desmontaje del dispositivo de bloqueo de transporte	21
3.3.3	Tipo de acoplamiento.....	21
3.3.4	Montaje de la mitad de acoplamiento	22
3.3.4.1	Equilibrado del acoplamiento	22
3.3.4.2	Montaje	22

3.3.5	Transmisión por correa	22
3.3.6	Tapones de drenaje.....	22
3.4	Instalación en cimentación de hormigón.....	23
3.4.1	Alcance de la entrega	23
3.4.2	Preparaciones generales	23
3.4.3	Preparaciones de la cimentación	24
3.4.3.1	Preparaciones del agujero de enlechado y cementación...	24
3.4.3.2	Preparación de los espárragos de cimentación o las placas de la base.....	24
3.4.4	Elevación de las máquinas	26
3.4.5	Alineación	26
3.4.6	Cementación.....	26
3.4.7	Instalación final e inspección	26
3.4.7.1	Enclavijado de la base de la máquina.....	27
3.4.7.2	Cubiertas y recintos	27
3.5	Instalación en cimentación de acero	27
3.5.1	Alcance de la entrega	27
3.5.2	Comprobación de la base	27
3.5.3	Elevación de las máquinas	27
3.5.4	Alineación	27
3.5.5	Instalación final e inspección	28
3.5.5.1	Enclavijado de la base de la máquina.....	28
3.5.5.2	Cubiertas y recintos	28
3.5.6	Instalación de máquinas montadas con bridas en cimentaciones de acero	28
3.6	Alineación	29
3.6.1	Aspectos generales	29
3.6.2	Nivelación	29
3.6.3	Ajuste aproximado	30
3.6.4	Corrección para el aumento térmico	32
3.6.4.1	Aspectos generales	32
3.6.4.2	Aumento térmico ascendente	32
3.6.4.3	Aumento térmico axial	33
3.6.5	Alineación final	33
3.6.5.1	Aspectos generales	33
3.6.5.2	Desviación de las mitades de acoplamiento	33
3.6.5.3	Alineación paralela, angular y axial	34
3.6.5.4	Alineación	35
3.6.5.5	Desalineación permitida	36
3.7	Cuidado tras la instalación	37

Capítulo 4 - Conexiones mecánicas y eléctricas

4.1	Generalidades.....	38
4.2	Conexiones mecánicas	38
4.2.1	Conexiones del aire de refrigeración.....	38
4.2.2	Conexiones del agua de refrigeración	38
4.2.2.1	Refrigeradores aire a agua	38
4.2.2.2	Armazones refrigerados por agua.....	39
4.2.3	Suministro de aceite para el cojinete cilíndrico	39
4.2.4	Conexión de la tubería de aire de purga.....	40

4.2.5	Montaje de los transductores de vibración	40
4.3	Conexiones eléctricas	41
4.3.1	Información general.....	41
4.3.2	Seguridad	41
4.3.3	Mediciones de la resistencia de aislamiento	42
4.3.4	Opciones de la caja de terminales principales	42
4.3.4.1	Entrega sin caja de bornes principal	42
4.3.5	Distancias de aislamiento de las conexiones de alimentación principal..	43
4.3.6	Cables de alimentación principal.....	43
4.3.7	Cables secundarios para conexiones de anillo deslizante.....	44
4.3.8	Caja de terminales auxiliares	44
4.3.8.1	Conexión de instrumentos y auxiliares	45
4.3.8.2	Conexión del motor del ventilador externo.....	45
4.3.9	Conexiones a tierra	45
4.3.10	Requisitos para máquinas alimentadas por convertidores de frecuencia.....	45
4.3.10.1	Cable principal	46
4.3.10.2	Conexión a tierra del cable principal	46
4.3.10.3	Cables auxiliares	46

Capítulo 5 - Puesta en servicio y arranque

5.1	Generalidades.....	47
5.2	Comprobación de la instalación mecánica.....	47
5.3	Mediciones de la resistencia de aislamiento	47
5.4	Comprobación de la instalación eléctrica	48
5.5	Equipo de control y protección.....	48
5.5.1	Aspectos generales.....	48
5.5.2	Temperatura de devanado del estator	49
5.5.2.1	Generalidades	49
5.5.2.2	Detectores de temperatura de la resistencia	49
5.5.2.3	Termistores.....	49
5.5.3	Control de la temperatura del cojinete.....	49
5.5.3.1	Generalidades	49
5.5.3.2	Detectores de temperatura de la resistencia	49
5.5.3.3	Termistores.....	50
5.5.4	Equipo de protección	50
5.6	Primer arranque de prueba.....	50
5.6.1	Generalidades.....	50
5.6.2	Precauciones antes del primer arranque de prueba.....	50
5.6.3	Arranque	51
5.6.3.1	Sentido de rotación.....	51
5.6.3.2	Arranque de máquinas con anillos deslizantes	52
5.6.3.3	Arranque de máquinas Ex p	52
5.7	Funcionamiento de la máquina la primera vez	52
5.7.1	Supervisión durante el primer funcionamiento.....	52
5.7.2	Verificaciones durante el funcionamiento de la máquina.....	53
5.7.3	Cojinetes	53
5.7.3.1	Máquinas con cojinetes de rodillos	53
5.7.3.2	Máquinas con cojinetes cilíndricos	54
5.7.4	Vibraciones	55

5.7.5	Niveles de la temperatura.....	55
5.7.6	Intercambiadores térmicos	55
5.7.7	Anillos deslizantes	55
5.8	Apagado	55

Capítulo 6 - Funcionamiento

6.1	Generalidades.....	57
6.2	Condiciones de funcionamiento normal.....	57
6.3	Número de puestas en marcha.....	58
6.4	Supervisión.....	58
6.4.1	Cojinetes.....	58
6.4.2	Vibraciones	59
6.4.3	Temperaturas.....	59
6.4.4	Intercambiador de calor.....	59
6.4.5	Unidad del anillo deslizante	59
6.5	Seguimiento.....	59
6.6	Apagado	59

Capítulo 7 - Mantenimiento

7.1	Mantenimiento preventivo	60
7.2	Precauciones de seguridad	61
7.3	Programa de mantenimiento	62
7.3.1	Programa de mantenimiento aconsejado.....	64
7.3.1.1	Construcción general	65
7.3.1.2	Conexión de alto voltaje.....	65
7.3.1.3	Estator y rotor	66
7.3.1.4	Elementos auxiliares.....	66
7.3.1.5	Unidad del anillo deslizante	67
7.3.1.6	Sistema de lubricación y cojinetes	67
7.3.1.7	Sistema de refrigeración	68
7.4	Mantenimiento de construcciones generales.....	69
7.4.1	El ajuste de las fijaciones	70
7.4.2	Vibración y ruido	71
7.4.3	Vibraciones	71
7.4.3.1	Procedimientos de medida y condiciones de funcionamiento	71
7.4.3.2	Clasificación en función de la flexibilidad del soporte	72
7.4.3.3	Evaluación	72
7.5	Mantenimiento del sistema de lubricación y de los cojinetes	74
7.5.1	Cojinetes cilíndricos.....	74
7.5.1.1	Nivel de aceite	74
7.5.1.2	Temperatura del cojinete	74
7.5.2	Lubricación de cojinetes cilíndricos.....	75
7.5.2.1	Temperatura de lubricación del aceite.....	75
7.5.2.2	Control del lubricante	75
7.5.2.3	Valores de control recomendados para el aceite de lubricación	75
7.5.2.4	Calidades de los aceites	76
7.5.2.5	Programa de cambio de aceite por aceites minerales	77

7.5.3	Cojinetes de rodillos	78
7.5.3.1	Diseño de rodamientos	78
7.5.3.2	Placa del cojinete	78
7.5.3.3	Intervalos de reengrase.....	78
7.5.3.4	Reengrase	79
7.5.3.5	Grasa para el cojinete	80
7.5.3.6	Mantenimiento del cojinete.....	81
7.5.4	Comprobación del aislamiento del cojinete y la resistencia de aislamiento del cojinete.....	82
7.5.4.1	Procedimiento	82
7.5.4.2	Limpieza del aislamiento del cojinete.....	84
7.6	Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator	84
7.6.1	Instrucciones de seguridad particulares para el mantenimiento del devanado	85
7.6.2	Las sincronización del mantenimiento	86
7.6.3	La temperatura de funcionamiento correcta	86
7.6.4	Prueba de la resistencia de aislamiento.....	86
7.6.4.1	Conversión de valores de resistencia de aislamiento medidos.....	87
7.6.4.2	Consideraciones generales	88
7.6.4.3	Valores mínimos para la resistencia de aislamiento	88
7.6.4.4	Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del estator	89
7.6.4.5	Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del rotor	90
7.6.5	Medición de resistencia de aislamiento para elementos auxiliares.....	91
7.6.6	El índice de polarización.....	91
7.6.7	Otras operaciones de mantenimiento.....	92
7.7	Mantenimiento de los anillos deslizantes y del engranaje de escobillas	92
7.7.1	Cuidado de los anillos deslizantes	92
7.7.1.1	Periodo de parada.....	92
7.7.1.2	Desgaste	92
7.7.2	Cuidado del engranaje de escobillas	93
7.7.2.1	Presión de las escobillas.....	93
7.8	Mantenimiento de las unidades de refrigeración	94
7.8.1	Instrucciones de mantenimiento para máquinas con refrigeración de aire abierto	94
7.8.1.1	Limpieza de los filtros.....	94
7.8.2	Instrucciones de mantenimiento para intercambiadores térmicos de aire a agua	95
7.8.3	Instrucciones de mantenimiento para intercambiadores térmicos de aire a aire.....	95
7.8.3.1	Circulación de aire	95
7.8.3.2	Limpieza.....	96
7.8.4	Mantenimiento de motores de ventiladores externos	96
7.9	Reparaciones, desmontaje y montaje.....	97

Capítulo 8 - Resolución de problemas

8.1	Resolución de problemas	98
8.1.1	Rendimiento mecánico	99

8.1.2	Sistema de lubricación y cojinetes	100
8.1.2.1	Sistema de lubricación y cojinetes de rodillos	100
8.1.2.2	Sistema de lubricación y cojinetes cilíndricos.....	101
8.1.3	Rendimiento térmico.....	103
8.1.3.1	Rendimiento térmico, sistema de refrigeración por aire	103
8.1.3.2	Rendimiento térmico, sistema de refrigeración de aire-aire	104
8.1.3.3	Rendimiento térmico, sistema de refrigeración de aire-agua	105
8.1.3.4	Rendimiento térmico, refrigeración por aletas	106
8.2	Fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos.....	107
8.2.1	Aceite	107
8.2.2	Cojinetes cilíndricos.....	108
8.2.3	Verificación de los cojinetes	108
8.2.4	Depósito de aceite y tubos.....	109
8.2.5	Verificación del depósito de aceite y de los tubos	109
8.2.6	Utilización	110
8.2.7	Verificación de uso	111
8.3	Rendimiento eléctrico, excitación, control y protección.....	114
8.3.1	Disyuntores de protección.....	114
8.3.2	Detectores de temperatura por resistencia Pt-100	114
8.4	Anillos deslizantes y escobillas.....	116
8.4.1	Desgaste de escobillas.....	116
8.4.2	Chispas en las escobillas	116
8.5	Rendimiento térmico y sistema de refrigeración	117

Capítulo 9 - Servicio de soporte de posventa y piezas de recambio

9.1	Servicio posventa	118
9.1.1	Servicios in situ	118
9.1.2	Piezas de recambio	118
9.1.3	Asistencia y garantías.....	118
9.1.4	Soporte para centros de servicios.....	118
9.1.5	Información de contacto del servicio de posventa	119
9.2	Piezas de recambio para máquinas eléctricas giratorias	119
9.2.1	Consideraciones sobre las piezas de recambio generales	119
9.2.2	Sustituciones de piezas periódicas	119
9.2.3	Necesidad de piezas de recambio.....	120
9.2.4	Selección del paquete de piezas de recambio más apropiado.....	120
9.2.5	Piezas de recambio típicas recomendadas en diferentes conjuntos	121
9.2.5.1	Paquete de piezas de recambio operativas.....	121
9.2.5.2	Paquete de piezas de recambio recomendadas	122
9.2.5.3	Piezas de recambio fundamentales	122
9.2.5.4	Paquete de piezas de recambio operativas.....	123
9.2.5.5	Paquete de piezas de recambio recomendadas	124
9.2.5.6	Piezas de recambio fundamentales	124
9.2.5.7	Paquete de piezas de recambio operativas.....	125
9.2.5.8	Paquete de piezas de recambio recomendadas	126
9.2.5.9	Piezas de recambio fundamentales	126
9.2.6	Información sobre pedidos	126

Capítulo 10 - Reciclaje

10.1	Introducción	127
10.2	Contenido medio de material	127
10.3	Reciclaje del material de embalaje	128
10.4	Desmontaje de la máquina.....	128
10.5	Separación de los diferentes materiales	128
10.5.1	Armazón, alojamiento del cojinete, cubiertas y ventilador	128
10.5.2	Componentes con aislamiento eléctrico	128
10.5.3	Imanes permanentes.....	129
10.5.4	Residuos peligrosos	129
10.5.5	Residuos controlados	129
INFORME DE PUESTA EN SERVICIO.....		130
Posición típica de las placas		140
Conexiones típicas del cable de alimentación principal		141

Capítulo 1 Introducción

1.1 Información general

Este manual de usuario contiene información relativa al transporte, almacenamiento, instalación, puesta en servicio, funcionamiento y mantenimiento de máquinas eléctricas giratorias fabricadas por ABB.

Este manual proporciona información relativa a todos los aspectos del funcionamiento, mantenimiento y supervisión de la máquina. Es necesario que realice un estudio detenido del contenido de este manual y de la demás documentación relacionada con la máquina antes de comenzar a trabajar con la misma, de esta forma garantizará un funcionamiento correcto y una vida larga de la máquina.

NOTA: Puede que algunos aspectos específicos del cliente no se incluyan en este manual. La documentación adicional podrá encontrarla en la documentación del proyecto.

Las acciones descritas en este manual sólo podrá llevarlas a cabo personal formado con experiencia previa en tareas similares, y autorizados por el usuario .

No se autoriza la reproducción o copia de este documento o de cualquiera de sus partes sin el consentimiento expreso de ABB, ni la utilización ilícita o difusión a terceros de ninguno de sus contenidos.

ABB se esfuerza constantemente en mejorar la calidad de la información proporcionada en este manual del usuario, así como agradecerá cualquier sugerencia de mejora. Para obtener información de contacto, consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

NOTA: Estas instrucciones deben seguirse para garantizar una instalación, un funcionamiento y un mantenimiento apropiado y seguro de la máquina. Asegúrese de darlas a conocer a cualquier persona encargada de la instalación, el funcionamiento o el mantenimiento de este equipo. Si ignora las instrucciones, la garantía no será válida.

1.2 Nota importante

La información contenida en este manual puede tratar en ocasiones temas generales y puede aplicarse a varios tipos de máquinas fabricadas por ABB.

Si se produce un conflicto entre el contenido aquí especificado y la maquinaria real proporcionada, el usuario deberá realizar un cálculo informático para saber qué hacer. Si tiene alguna duda, póngase en contacto con ABB.

Las instrucciones de seguridad mostradas en las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual deben estar presentes en todo momento.

La seguridad depende de la conciencia, el cuidado y la prudencia de todos aquellos que manejen y den servicio a las máquinas. Aunque es importante que se tengan en cuenta todos los procedimientos de seguridad, es esencial prestar especial atención cuando se encuentre cerca de la maquinaria, esté siempre alerta.

NOTA: Para evitar accidentes, debe seguir las instrucciones y las normas de seguridad en el trabajo especificadas para cada dispositivo y medidas de seguridad específicas para el lugar de trabajo. Esto se aplica a las normas de seguridad generales del país en cuestión, los acuerdos específicos realizados para cada lugar de trabajo y las instrucciones de seguridad incluidas en este manual así como las instrucciones de seguridad independientes que se entregan con la máquina.

1.3 Limitación de responsabilidad

En caso de duda, puede ponerse en contacto con ABB. Bajo ninguna circunstancia ABB asumirá ningún tipo de responsabilidades derivadas de posibles daños directos, indirectos, especiales, incidentales o consecuentes de la incorrecta utilización de este manual, ni de los daños incidentales o consecuentes derivados del uso del software o del hardware descrito en el mismo.

La garantía cubre los defectos de material y de fabricación. La garantía no cubre cualquier daño causado a la máquina, personal o tercera parte debido a un almacenamiento inapropiado, instalación o funcionamiento incorrectos de la máquina. Las condiciones de la garantía se definen con más detalle según los términos y condiciones de Orgalime S2000.

NOTA: La garantía no es válida si las condiciones de funcionamiento de la máquina se modifican, así como cualquier cambio producido en la construcción de la máquina, o trabajo de reparación en la misma realizado sin la aprobación previa y por escrito de la fábrica de ABB, que suministró dicha máquina.

NOTA: Las oficinas de ventas locales de ABB pueden disponer de diferentes detalles en sus garantías, las que se especificarán en los términos de ventas, condiciones o términos de garantía.

Para obtener información de contacto, consulte la última página de este manual del usuario. Recuerde que debe proporcionar el número de serie de la máquina cuando trate aspectos específicos de la misma.

1.4 Documentación

1.4.1 Documentación de la máquina

Es aconsejable que la documentación de las máquinas se lean atentamente antes de llevar a cabo cualquier acción. Este manual y las instrucciones de seguridad se entregan con cada máquina, y se encuentran en un forro de plástico adjunto a la máquina.

NOTA: La documentación se entrega al cliente que ha realizado el pedido. Para obtener copias adicionales de estos documentos, póngase en contacto con su oficina local de ABB o con el departamento de posventa, consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

Además del manual, cada máquina se suministra con un dibujo de dimensiones, un diagrama de conexiones eléctricas y una hoja de datos en los que se indica lo siguiente:

- Dimensiones de montaje y diseño de la máquina
- Peso y carga de la máquina en la cimentación
- Ubicación de las argollas de elevación de la máquina

- Instrumentación y ubicación de los accesorios
- Requisitos del lubricante y aceite del cojinete
- Conexiones auxiliares y principales.

NOTA: Puede que algunos aspectos específicos del cliente no se incluyan en este manual. La documentación adicional podrá encontrarla en la documentación del proyecto. En caso de conflicto entre este manual y la documentación adicional de la máquina, la documentación adicional tendrá prioridad.

1.4.2 Información no incluida en la documentación

Este manual del usuario no incluye información sobre el arranque, protección y equipo de control de la velocidad. Esta información se proporciona en el manual del usuario para su equipo respectivo.

1.4.3 Unidades usadas en el manual del usuario

Las unidades de medida usadas en este manual del usuario se basan en el sistema SI (métrico) y en el sistema US (Estados Unidos).

1.5 Identificación de la máquina

1.5.1 Número de serie de la máquina

Cada máquina se identifica con un número de serie de 7 dígitos. Aparece impreso en la placa de datos de la máquina así como en el armazón de la misma.

Debe proporcionar el número de serie en cualquier correspondencia futura realizada en relación con la máquina, ya que es la única información utilizada para identificar la máquina en cuestión.

1.5.2 Placa de datos

Una placa de datos de acero inoxidable se adjunta permanentemente al armazón de la máquina y no debe retirarse. Para ver la ubicación de la placa de datos, consulte *Apéndice Posición típica de las placas*.

La placa de datos indica la fabricación e identificación así como información eléctrica y mecánica, consulte la *Figura 1-1 Placa de datos para máquinas en línea directa fabricadas según IEC (máquina Ex de acuerdo con la Directiva ATEX)*.

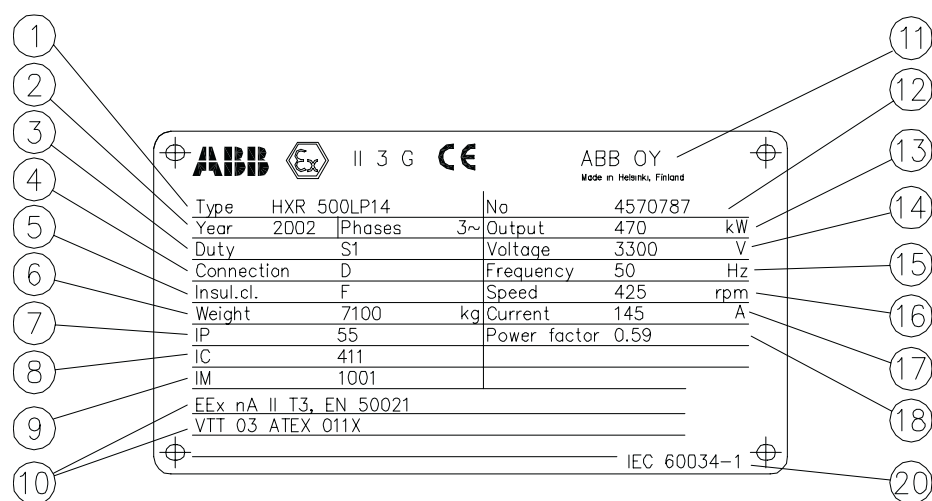


Figura 1-1 Placa de datos para máquinas en línea directa fabricadas según IEC (máquina Ex de acuerdo con la Directiva ATEX)

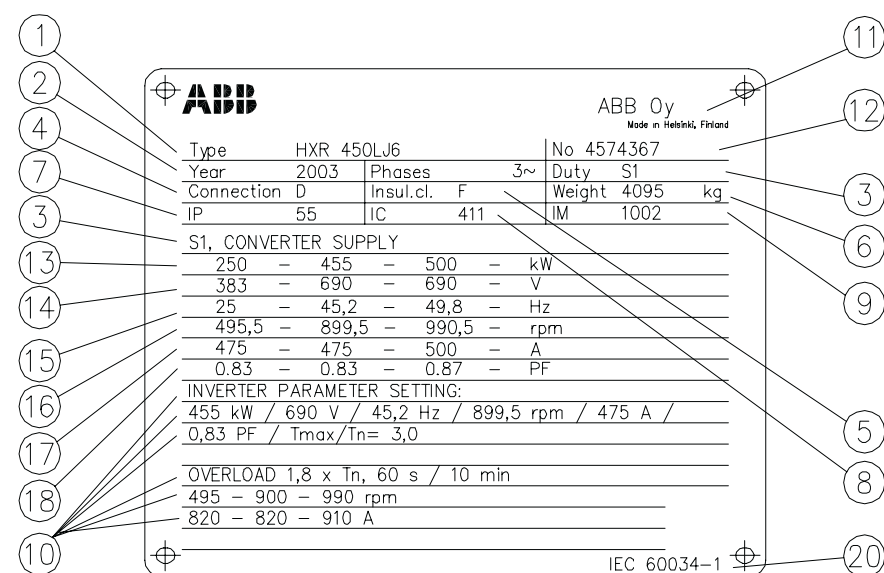


Figura 1-2 Placa de datos para máquinas convertidoras de frecuencia fabricadas según IEC

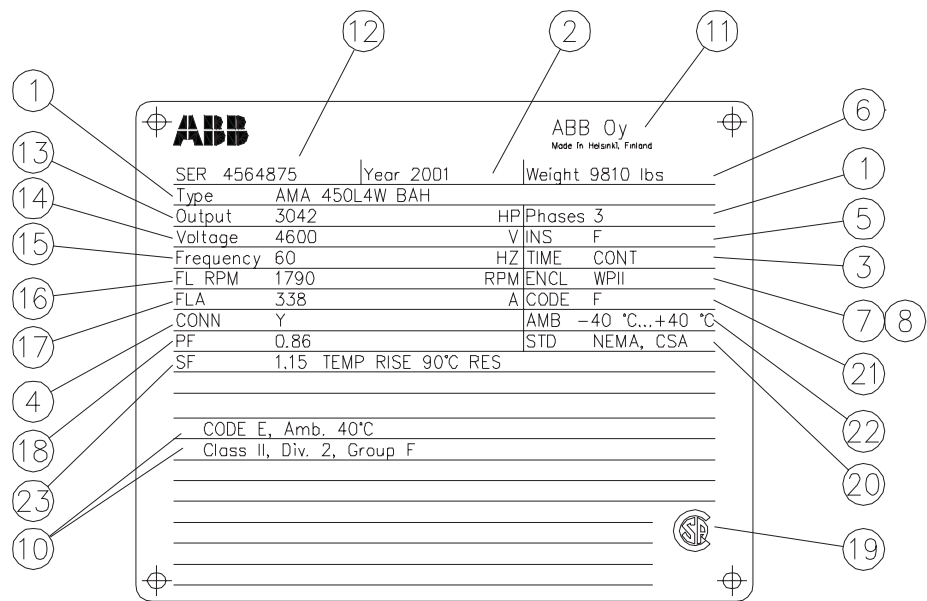


Figura 1-3 Placa de datos para máquinas en línea directa fabricadas según NEMA

1. Designación de tipo
2. Año de fabricación
3. Servicio
4. Tipo de conexión
5. Clase de aislamiento
6. Peso de la máquina [kg] o [lb]
7. Grado de protección [Clase IP]
8. Tipo de refrigeración [Código IC]
9. Disposición de montaje [Código IM] (IEC)
10. Información adicional
11. Fabricante
12. N° de serie
13. Salida [kW] o [HP]
14. Voltaje del estator [V]
15. Frecuencia [Hz]
16. Velocidad de giro [rpm]
17. Corriente del estator [A]
18. Factor de potencia [cosf]
19. Marca CSA
20. Estándar
21. Designación de rotor bloqueado kVA/ HP (NEMA)
22. Temperatura ambiente [°C] (NEMA)
23. Factor de servicio (NEMA)

Capítulo 2 Transporte y desembalaje

2.1 Medidas protectoras antes del transporte

2.1.1 Generalidades

Las siguientes medidas protectoras se toman en fábrica antes de realizar la entrega de la máquina. Las mismas medidas protectoras deben tomarse siempre que se traslade la máquina:

- Algunas máquinas, y todas las máquinas con cojinetes de rodillos y cilíndricos, poseen dispositivos de bloqueo instalados

*****Punto siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

- Los cojinetes de rodillos y de bolas se engrasan con el lubricante indicado en la placa del cojinete, que se adjunta al armazón de la máquina. Consulte el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*

*****Punto siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

- Los cojinetes cilíndricos se anegan con aceite y se drenan. Todas las entradas y salidas de aceite, así como las tuberías, se conectan. Esto ofrece protección suficiente para evitar la corrosión

*****Punto siguiente para método de refrigeración: Aire a agua**

- Los refrigeradores de aire a agua se drenan y las entradas y salidas del refrigerador se conectan
- Las superficies metálicas, tales como el eje de extensión, se protegen de la corrosión con una capa protectora anticorrosiva
- Con el fin de proteger la máquina correctamente contra el agua, el rocío salino, humedad, oxidación y daños de vibración durante la carga, transporte marítimo y descarga de la máquina, ésta debe entregarse en un embalaje para transporte marítimo.

2.1.2 Placa de cojinete

Una placa de cojinete de acero inoxidable se adjunta al armazón de la máquina. Para ver la ubicación de la placa de cojinete. Consulte el *Apéndice Posición típica de las placas.*

La placa del cojinete indica el tipo de cojinetes y lubricación que se debe utilizar. Consulte la *Figura 2-1 Placa del cojinete para cojinetes de rodillos* y la *Figura 2-2 Placa del cojinete para cojinetes cilíndricos*.

*****Figura siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

DRIVE END (DE) BEARING	6326/C3
NON DRIVE END (NDE) BEARING	6324/C3
LUBRICATION INTERVAL AT 70°C (158°F) BEARING TEMPERATURE	8800 DUTY HOURS
QUANTITY OF GREASE DE	80 GRAMS
NDE	80 GRAMS
NOTE! EVERY 15°C (59°F) INCREASE ABOVE 70°C (158°F) IN THE BEARING TEMPERATURE HALVES THE RATED LUBRICATION INTERVAL.	
NOTE! ABOVE 85°C (185°F) HIGH TEMPERATURE GREASE SHALL BE USED.	
Empty the waste grease box every 6th relubrication	
DELIVERED FROM FACTORY WITH GREASE	ESSO UNIREX N2
FOR ADDITIONAL INFORMATION SEE MAINTENANCE MANUAL	

Figura 2-1 Placa del cojinete para cojinetes de rodillos

1. Tipo de cojinete de extremo de impulsión
2. Tipo de cojinete de extremo sin impulsión
3. Intervalo de lubricación
4. Cantidad de grasa para el cojinete del extremo de impulsión
5. Cantidad de grasa para el cojinete del extremo sin impulsión
6. Información adicional
7. Tipo de grasa de fábrica

*****Figura siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

DRIVE END (DE) BEARING	EFZLK 11-125
NON DRIVE END (NDE) BEARING	EFZLQ 11-125 (INSULATED)
OIL CHANGE EVERY	8800 DUTY HOURS
VISCOSITY	ISO VG 46
OIL QUANTITY DE BEARING	4.2 l
OIL QUANTITY NDE BEARING	4.2 l
DE BEARING LUBRICATION	SELF LUBRICATION BY OIL RING
NDE BEARING LUBRICATION	SELF LUBRICATION BY OIL RING
ROTOR END FLOAT	+/- 8 mm
FOR ADDITIONAL INFORMATION SEE MAINTENANCE MANUAL	

Figura 2-2 Placa del cojinete para cojinetes cilíndricos

1. Tipo de cojinete para el extremo de impulsión
2. Tipo de cojinete para el extremo sin impulsión
3. Intervalo de cambio del aceite
4. Clase de viscosidad
5. Cantidad de aceite para cojinete del extremo de impulsión (para autolubricado)
6. Cantidad de aceite para cojinete del extremo sin impulsión (para autolubricado)
7. Método de lubricación para el cojinete del extremo de impulsión. Flujo de aceite y presión para cojinete lubricado.
8. Método de lubricación para el cojinete del extremo sin impulsión. Flujo de aceite y presión para cojinete lubricado.
9. Paleta final del rotor (huelgo axial)

NOTA: La información dada en la placa del cojinete debe seguirse a rajatabla. Si no lo hace, la garantía de los cojinetes no será válida.

2.2 Elevación de la máquina

Antes de elevar la máquina, asegúrese de que dispone del equipo de elevación apropiado y de que el personal está familiarizado con el trabajo de elevación. El peso de la máquina se muestra en la placa de datos, dibujo de dimensiones y lista de embalaje.

NOTA: Utilice solamente las orejetas o argollas de elevación destinadas a la elevación de toda la máquina. No utilice ninguna orejeta ni argolla de elevación extra disponible, ya que sólo están para fines de servicio.

NOTA: El centro de gravedad de las máquinas con el mismo armazón puede variar debido a las diferentes salidas, disposiciones de montaje y equipo auxiliar.

NOTA: Compruebe que los pernos de anilla o las orejetas de elevación integrados en el armazón de la máquina no están dañados antes de elevarse. No debe utilizar orejetas de elevación dañadas.

NOTA: Los pernos de anilla deben apretarse antes de la elevación. Si fuera necesario, la posición del perno de anilla debe ajustarse mediante las arandelas apropiadas.

2.2.1 Elevación de una máquina en un embalaje para transporte marítimo

El embalaje para transporte marítimo es normalmente una caja de madera cubierta con papel laminado en el interior. El embalaje para transporte marítimo debe elevarse con una carretilla elevadora desde la base o con una grúa equipada con eslingas de elevación. Las posiciones de las eslingas están pintadas en el embalaje.

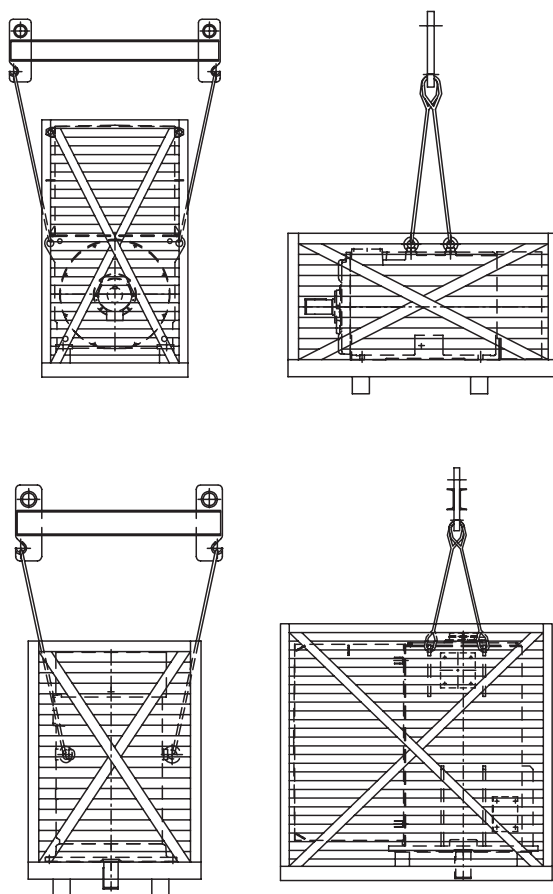


Figura 2-3 Elevación de máquinas verticales y horizontales en embalajes para el transporte marítimo

2.2.2 Elevación de una máquina en un palé

Una máquina montada en un palé siempre debe elevarla una grúa desde las argollas de elevación de la máquina. Consulte la *Figura 2-4 Elevación de máquinas horizontales y verticales en palés* o mediante una carretilla elevadora desde la base del palé. La máquina se fija al palé con tornillos.

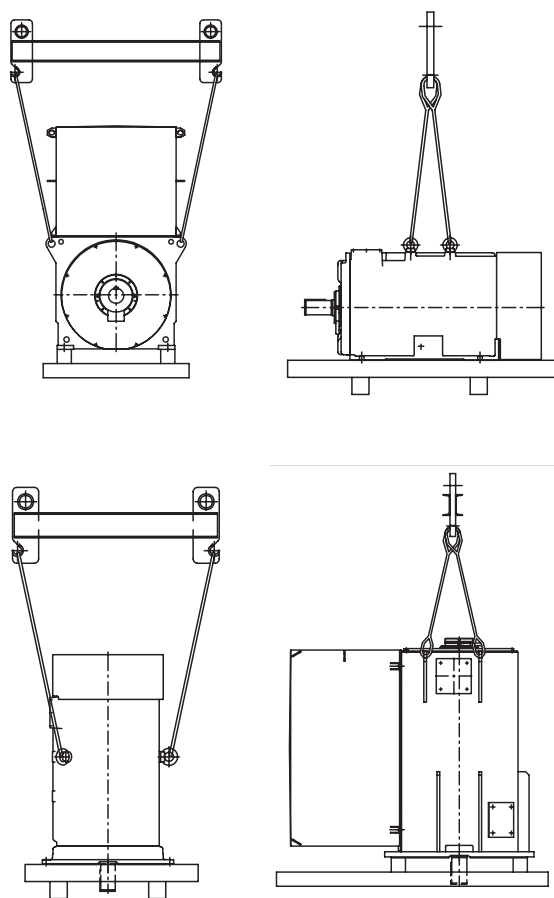


Figura 2-4 Elevación de máquinas horizontales y verticales en palés

2.2.3 Elevación de una máquina desembalada

¡Debe utilizar equipo de elevación adecuado! La máquina siempre debe elevarla una grúa desde las argollas de elevación en un armazón de la máquina. Consulte la *Figura 2-5 Elevación de máquinas desembaladas*. La máquina *nunca* debe elevarla una carretilla elevadora desde la base o el pie de la máquina.

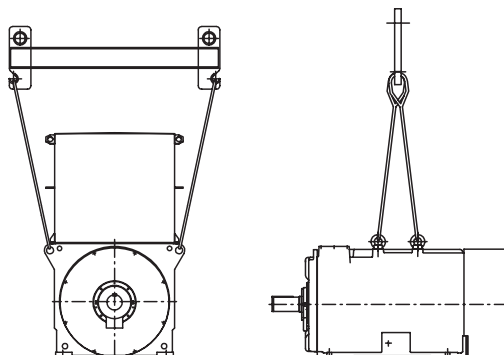


Figura 2-5 Elevación de máquinas desmontadas

*****Capítulo siguiente para tipo de montaje: Vertical**

2.3 Giro de una máquina montada verticalmente

Las máquinas montadas verticalmente pueden ser necesarias para girar desde posiciones verticales a horizontales, por ejemplo, cambiando los cojinetes y viceversa. Esto aparece en la *Figura 2-6 Máquina con argollas de elevación giratorias: elevación y giro*. Evite dañar la pintura o cualquier parte durante el procedimiento. Retire o instale el dispositivo de bloqueo del cojinete sólo cuando la máquina se encuentre en su posición vertical.

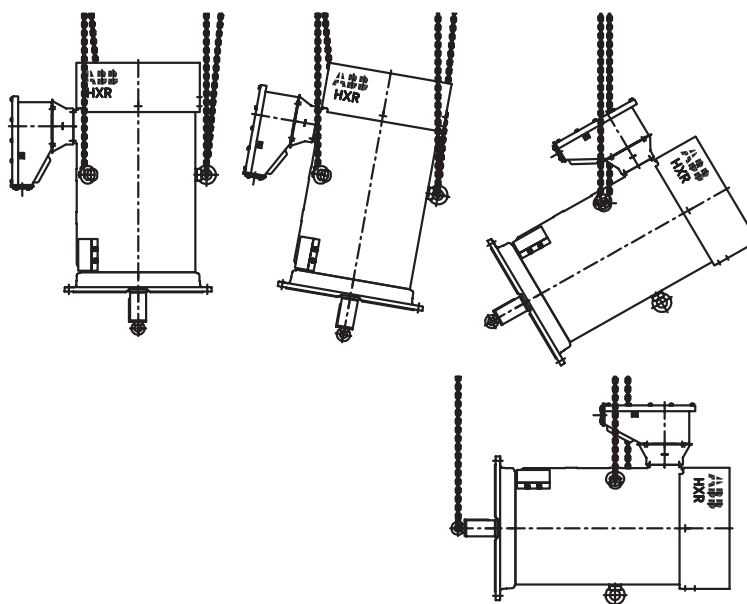


Figura 2-6 Máquina con argollas de elevación giratorias: elevación y giro

2.4 Comprobaciones en la recepción y desembalaje

2.4.1 Comprobación en la recepción

Inmediatamente después de recibir el pedido, se deberá revisar tanto la máquina como el paquete. Si la máquina ha resultado dañada durante el transporte, deberá notificarlo mediante fotografías en un período que no supere una (1) semana a partir de la fecha de entrega para que el seguro de transporte sea aplicable. Por este motivo, resulta de especial importancia comprobar que la máquina no se ha cuidado debidamente y notificar dicha negligencia inmediatamente a la empresa de transportes implicada y al proveedor. Utilice listas de control en el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

No olvide supervisar el estado de la máquina y adoptar las medidas de protección adecuadas cuando no instale la máquina inmediatamente después de su entrega. Para obtener más detalles, consulte el *Capítulo 2.6 Almacenamiento*.

2.4.2 Comprobación en el desembalaje

Sitúe la máquina sobre una superficie plana y segura, de forma que no obstaculice la utilización de otras instalaciones.

Después de retirar el embalaje, compruebe que la máquina no está dañada y que todos los accesorios están incluidos. Señale con una marca los accesorios en la lista de contenidos del paquete que se adjunta. Si sospecha que se ha ocasionado un daño a la misma o que faltan algunos accesorios, tome fotografías y realice la oportuna notificación al proveedor inmediatamente. Utilice listas de control en el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

Para un reciclaje y eliminación correctos del material de embalaje, consulte el *Capítulo 10.3 Reciclaje del material de embalaje*.

2.5 Instrucciones de instalación para la caja de bornes principal y los componentes de refrigeración

Estas instrucciones se aplican a las máquinas suministradas con componentes principales desensamblados, por ejemplo la caja de bornes principal o los componentes de refrigeración. Consulte el Dibujo de dimensiones incluido en la documentación del proyecto para conocer las posiciones correctas de estos componentes. Todos los pernos, tuercas y arandelas se incluyen en el suministro.

El montaje mecánico sólo debe ser realizado por personal con experiencia. Las piezas con alimentación eléctrica, como los cables del estator, sólo deben ser instaladas por personal cualificado.

Las instrucciones de seguridad deben ser respetadas en todo momento. Para obtener más información, consulte las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual.

Para garantizar que no queden invalidadas las condiciones de garantía acordadas en el contrato de proyecto asociado a la orden de compra, debe seguir cuidadosamente estas instrucciones.

2.5.1 Instalación de la caja de bornes principal

La caja de bornas principal se entrega con la máquina como una caja o una bolsa independiente. La instalación de la caja de bornes principal se lleva a cabo de acuerdo con las siguientes directrices.

1. Abra el paquete y eleve la caja de bornas principal con un dispositivo de elevación adecuado (por ejemplo una grúa), utilizando los cáncamos de elevación de la caja de bornas principal.
2. Compruebe que todos los elementos de conexión estén limpios de polvo y suciedad.
3. Prepare para la instalación los pernos y arandelas que ha recibido.
4. Eleve la caja de bornas principal y sitúela directamente sobre el bastidor de la máquina, en la posición a la que debe conectarse la caja de bornas principal (consulte el dibujo de dimensiones incluido en la documentación del proyecto).
5. Sólo para cajas de bornes principales de tipo NEMA: tire de los cables del estator a través de la membrana superior.
6. Conecte la caja de bornes principal con los tornillos que recibió con el bastidor de la máquina. Asegúrese de utilizar los elementos de aislamiento necesarios en la superficie de conexión de la carcasa de la máquina.
7. Apriete todos los tornillos con un par de apriete máximo de 200 Nm (consulte la *Tabla 7-2 Pares de torsión generales*).

Sólo para cajas de bornes principales de tipo NEMA: Después de conectar mecánicamente la caja de bornes principal a la carcasa de la máquina, debe conectar los cables del estator a los terminales:

1. Compruebe la identificación de los cables del estator y de los terminales.
2. Conecte los cables del estator a los terminales correspondientes, acorde con la identificación de los cables (U1, V1, W1 o L1, L2, L3). Consulte el diagrama de conexiones eléctricas para obtener más información.
3. Apriete los tornillos preinstalados con un par de apriete máximo de 80 Nm (consulte el *Apéndice Conexiones típicas del cable de alimentación principal*).

2.5.2 Instalación de componentes de refrigeración

Si el refrigerador o las piezas del sistema de refrigeración (por ejemplo el silenciador, el conducto de aire) se suministran por separado, debe instalarlo en el emplazamiento final acorde con las instrucciones siguientes.

1. Abra el paquete del refrigerador o los componentes de refrigeración y eleve los componentes con un dispositivo de elevación adecuado (por ejemplo una grúa), utilizando los cáncamos de elevación del paquete.
2. Compruebe que todos los elementos de conexión estén limpios de polvo y suciedad.
3. Compruebe las posiciones de instalación correctas con ayuda del dibujo de dimensiones suministrado junto con la documentación del proyecto.
4. Compruebe que todas las piezas de conexión, pernos, arandelas y tuercas se incluyen en el suministro.

5. Eleve el refrigerador hasta su posición correcta y conéctelo con las piezas de instalación suministradas. Asegúrese de que todos los elementos de sellado queden instalados en las ubicaciones correctas.
6. Apriete todos los tornillos con un par de apriete máximo de 80 Nm (consulte la *Tabla 7-2 Pares de torsión generales*).

2.6 Almacenamiento

2.6.1 Almacenamiento a corto plazo (inferior a 2 meses)

La máquina debe almacenarse en un almacén apropiado dentro de un entorno fácil de controlar. Un buen almacén o depósito dispone de:

- Una temperatura estable, preferiblemente entre 10 °C (50 °F) y 50 °C (120 °F). Si los calentadores anticondensación se aumentan de potencia y el aire de alrededor supera los 50 °C (120 °F), deberá confirmar si la máquina se ha sobrecalentado
- Humedad relativa baja, preferiblemente por debajo del 75%. La temperatura de la máquina debe mantenerse por encima del punto de rocío para evitar que la humedad se condense dentro de la máquina. Si la máquina está equipada con calentadores anticondensación, deberá aumentar su potencia. El funcionamiento de estos calentadores debe verificarse periódicamente. Si la máquina no está equipada con calentadores anticondensación, debe utilizar un método alternativo para calentar la máquina y evitar que la humedad se condense en la máquina
- Un soporte estable libre de vibraciones y golpes excesivos. Si sospecha que las vibraciones son demasiado elevadas, debe aislar la máquina colocando bloques de caucho o goma apropiados bajo los pies de la misma
- Aire ventilado, limpio y libre de polvo y gases corrosivos
- Protección contra insectos o alimañas dañinos.

Si la máquina se ha de almacenar al aire libre, nunca la deje ‘como viene’ en su embalaje de transporte. En su lugar, la máquina debe

- Sacarse de su envoltorio de plástico
- Cubrirse, para evitar que la lluvia penetre en la máquina. La cubierta debe permitir la ventilación de la máquina
- Colocarse en soportes rígidos elevados de al menos 100 mm (4 pulgadas) de alto para asegurarse de que la humedad no penetra en la máquina desde abajo
- Proporcionarle buena ventilación. Si la máquina se deja en su embalaje de transporte, debe realizar aperturas de ventilación grandes en dicho embalaje
- Protegerse contra insectos o alimañas dañinas.

Utilice las listas de comprobación del Capítulo 2 Almacenamiento y del *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

2.6.2 Almacenamiento a largo plazo (superior a 2 meses)

Además de las medidas descritas en el almacenamiento a corto plazo, debe aplicarse lo siguiente.

Mida la resistencia de aislamiento y temperatura de los devanados cada tres meses. Consulte el *Capítulo 7.6 Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator*.

Compruebe el estado de las superficies pintadas cada tres meses. Si observa que se ha producido corrosión, elimínela y aplique una capa de pintura de nuevo.

Compruebe el estado del revestimiento anticorrosión en superficies de metal limpias (por ejemplo, extensiones del eje) cada tres meses. Si observa que se ha producido corrosión, elimínela con una lija fina y vuelva a aplicar el tratamiento anticorrosión.

Cree pequeñas aperturas para ventilación cuando la máquina se almacene en una caja de madera. Evite que penetren insectos, animales o agua en la caja. Consulte la *Figura 2-7 Orificios de ventilación*.

Utilice las listas de comprobación del Capítulo 2 Almacenamiento y del *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

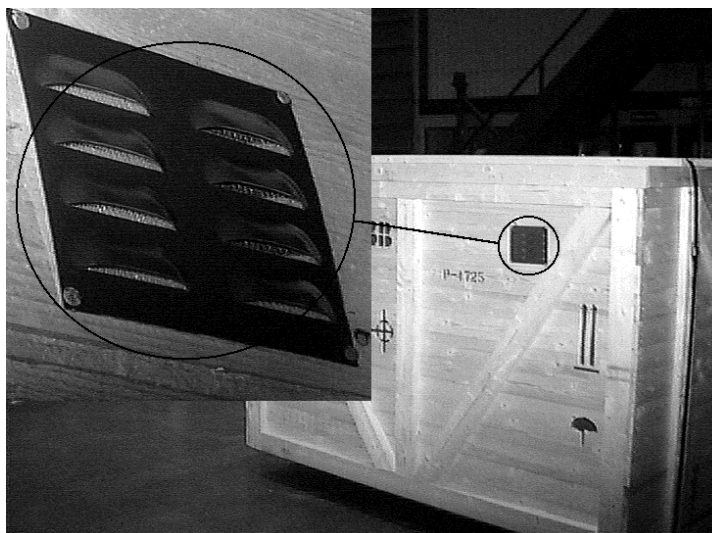


Figura 2-7 Orificios de ventilación

*****Párrafo siguiente para método de refrigeración: Camisa de refrigeración**

Las máquinas con camisa de refrigeración se deben rellenar con una mezcla de agua y glicol con un mínimo del 50% de glicol. En lugar de glicol, puede utilizar otro líquido similar. Asegúrese de que la mezcla de líquidos tolera la temperatura de almacenamiento sin congelarse. Las entradas y salidas de líquido se deben cerrar tras el rellenado.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos****2.6.3 Cojinetes de rodillos**

Aplique las siguientes medidas:

- Los cojinetes de rodillos deben estar bien lubricados durante el almacenamiento. Las grasas aceptables se indican en el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*
- Gire el rotor 10 revoluciones cada tres meses para mantener los cojinetes en buen estado. Retire cualquier posible dispositivo de bloqueo de transporte mientras gira el rotor
- Las máquinas se envían con un dispositivo de bloqueo para proteger a los cojinetes contra los daños que se puedan producir durante el transporte y el almacenamiento. Compruebe el dispositivo de bloqueo de los cojinetes periódicamente. Apriete el dispositivo de bloqueo de transporte según el tipo de cojinete en posición axial. Consulte la *Tabla 2-1 Par de torsión para máquinas horizontales (tornillo lubricado)*.

NOTA: Un par de torsión demasiado elevado en el dispositivo de bloqueo de transporte dañará el cojinete.

NOTA: El tipo de cojinetes utilizados se encuentra en la placa del cojinete. Consulte el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*, así como información sobre el cojinete en posición axial desde el dibujo de dimensiones.

*****Tabla siguiente para tipo de montaje: Horizontal**

Tabla 2-1. Par de torsión para máquinas horizontales (tornillo lubricado)

Tipo de cojinete en posición axial	Par de torsión [Nm]	Par de torsión [pie por libra]
6316	45	33
6317	50	37
6319	60	44
6322	120	90
6324	140	100
6326	160	120
6330	240	180
6334	300	220
6034	140	100
6038	160	120
6044	230	170

*****Tabla siguiente para tipo de montaje: Vertical****Tabla 2-2. Par de torsión para máquinas verticales (tornillo lubricado)**

Tipo de cojinete en posición axial	Par de torsión [Nm]	Par de torsión [pie por libra]
7317	30	22
7319	30	22
7322	60	44
7324	60	44
7326	90	66
7330	160	120
7334	350	260

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico****2.6.4 Cojinetes cilíndricos**

Aplice las siguientes medidas:

- Las máquinas con cojinetes cilíndricos se entregan *sin lubricante*, es decir, aceite. En el interior de los cojinetes debe verificarse la capa de aceite protectora. Tectyl 511 u otra sustancia correspondiente debe rociarse en el cojinete a través del orificio de relleno, si el periodo de almacenamiento es superior a los dos meses. El tratamiento de protección contra la corrosión se debe repetir cada seis meses durante un periodo de dos años. Si el periodo de almacenamiento no es superior a los dos años, tendrá que considerarlo y tratarlo independientemente
- Los cojinetes deberían abrirse e inspeccionar todas sus piezas tras el almacenamiento y antes de la puesta en servicio. Cualquier corrosión debe eliminarse antes con una lija fina. Si el eje posee pequeñas sobreimpresiones en la mitad de la camisa inferior, deberá sustituirse con uno nuevo
- Las máquinas con cojinetes cilíndricos se envían con un dispositivo de bloqueo para proteger a los cojinetes contra los daños que se puedan producir durante el transporte y el almacenamiento. Compruebe el dispositivo de bloqueo de transporte periódicamente. Apriete el dispositivo de bloqueo de transporte según el tipo de cojinete en posición axial. Consulte la *Tabla 2-1 Par de torsión para máquinas horizontales (tornillo lubricado)*.

NOTA: Un par de torsión demasiado elevado en el dispositivo de bloqueo de transporte dañará el cojinete.

Tabla 2-3. Par de torsión (tornillo lubricado). El cojinete en posición axial lleva la fuerza de bloqueo.

Tipo de cojinete en posición axial	Par de torsión [Nm]	Par de torsión [pie por libra]
ZM_LB 7	100	74
EF_LB 9	250	180
EF_LB 11	300	220
EF_LB 14	600	440
EM_LB 14	600	440
EF_LB 18	900	670

2.6.5 Aperturas

Si hay aperturas donde los cables no están conectados a las cajas de terminales, o bridas no conectadas al sistema de tuberías, deberán sellarse. Los refrigeradores y el sistema de tuberías interno de la máquina deberá limpiarse y secarse antes de sellarse. El secado se realiza introduciendo aire caliente y seco a través de las tuberías.

2.7 Inspecciones, registros

NOTA: El periodo de almacenamiento, tomadas las medidas y precauciones, incluyendo las fechas, deberá registrarse. Para las listas de comprobación, consulte el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*

Capítulo 3 Instalación y alineación

3.1 Aspectos generales

Una buena planificación y preparación de las tareas posibilita una instalación sencilla y correcta, al tiempo que garantiza la seguridad de las condiciones de ejecución y la máxima accesibilidad posible.

*****Párrafo siguiente para tipo de protección: Todas las máquinas para áreas peligrosas**

Los estándares relacionados con la conexión y el uso de aparatos eléctricos en áreas peligrosas deben tenerse en cuenta, especialmente los estándares nacionales para la instalación (consulte la norma IEC 60079-14).

NOTA: Siga las instrucciones locales y generales de seguridad laboral durante el proceso de instalación.

NOTA: Garantice la protección de la máquina mientras trabaja cerca de ella.

NOTA: No utilice la máquina como tierra de trabajos de soldadura.

3.2 Diseño de la cimentación

3.2.1 Aspectos generales

El diseño de la cimentación debería asegurarse en condiciones de funcionamiento con la accesibilidad máxima. Debe dejar espacio suficiente alrededor de la máquina para garantizar un fácil acceso para el mantenimiento y la supervisión. El aire de refrigeración debe fluir y salir de la máquina sin obstrucción. Tenga cuidado para garantizar que otras máquinas o equipos cercanos no calientan el aire de refrigeración de la máquina o construcciones como cojinetes.

La cimentación debe ser fuerte, rígida, llana y sin vibración externa. La posibilidad de resonancia de la máquina con la cimentación debe verificarse. Con el fin de evitar las vibraciones de la resonancia con la máquina, la frecuencia natural de la cimentación junto con la máquina no debe estar dentro del margen del $\pm 20\%$ de la frecuencia de velocidad en funcionamiento.

Se prefiere una cimentación de hormigón. Sin embargo, una construcción de acero diseñada correctamente también es aceptable. El sistema de anclaje a la cimentación, la provisión de canales de aire, agua, aceite y cables así como la ubicación de los orificios de cimentación deben considerarse antes de la construcción. La posición de los orificios de cimentación y de la altura de la cimentación debe cumplir con las dimensiones correspondientes del dibujo de dimensiones proporcionado.

La cimentación debe diseñarse para permitir que se puedan usar cuñas de 2 mm (0,8 pulgadas) bajo la base de la máquina con el fin de asegurar un margen de ajuste y facilitar la posible instalación futura de una máquina de sustitución. La altura del eje de la máquina y la ubicación del pie de cimentación muestran una cierta tolerancia de fabricación, que se compensa con cuñas de 2 mm (0,8 pulgadas).

NOTA: ABB no incluye ningún tipo de diseño ni cálculo de la cimentación de la máquina, por lo que la responsabilidad en este respecto recaerá exclusivamente sobre el cliente o terceros. Además, la operación de cimentación suele encontrarse fuera del alcance las responsabilidades de ABB.

3.2.2 Fuerzas para la cimentación

Los tornillos de cimentación y de montaje deben dimensionarse para que soporten un par de torsión mecánico repentino, lo que ocurre cada vez que se arranca la máquina o en un cortocircuito. La fuerza del cortocircuito es una onda sinusoidal amortiguada gradualmente que cambia de dirección. La magnitud de estas fuerzas se menciona en el dibujo dimensional de la máquina.

***Capítulo siguiente para tipo de montaje: Vertical

3.2.3 Bridas para máquinas montadas verticalmente

Las máquinas montadas con bridas en vertical están equipadas con una brida de montaje según la publicación de estándares 60072 de IEC. La brida de la máquina siempre debe montarse a una brida opuesta en la cimentación.

Es aconsejable disponer de un adaptador de montaje para permitir la conexión de acoplamiento sencilla así como la inspección durante el funcionamiento.

3.3 Preparaciones de la máquina antes de la instalación

Prepare la máquina para su instalación tal y como sigue:

- Mida la resistencia de aislamiento del devanado antes de realizar cualquier otra preparación tal y como se describe en el *Capítulo 3.3.1 Mediciones de la resistencia de aislamiento*
- Retire el dispositivo de bloqueo del transporte cuando corresponda. Almacénelo para su uso futuro. Consulte el *Capítulo 3.3.2 Desmontaje del dispositivo de bloqueo de transporte* para obtener más instrucciones
- Verifique que la grasa disponible está acorde a las especificaciones de la placa de datos. Consulte el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*. Si desea consultar más grasas recomendadas, vaya al *Capítulo 7.5.3.5 Grasa para el cojinete*

***Punto siguiente y nota para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico

- Rellene los cojinetes cilíndricos con el aceite apropiado. Para ver los aceites apropiados, consulte el *Capítulo 7.5.2.4 Calidades de los aceites*

NOTA: Los cojinetes cilíndricos siempre se entregan sin aceite.

- Retire el revestimiento anticorrosión de la extensión del eje y de la base de la máquina con espíritu de petróleo
- Instale la mitad del acoplamiento tal y como se describe en el *Capítulo 3.3.4 Montaje de la mitad de acoplamiento*
- Compruebe que los tapones de drenaje situados en la parte inferior de ambos extremos de la máquina están abiertos. Consulte el *Capítulo 3.3.6 Tapones de drenaje*.

3.3.1 Mediciones de la resistencia de aislamiento

Antes de poner en servicio la máquina por primera vez y tras un largo periodo de estar inactiva o dentro del espacio de trabajo general de mantenimiento, debe medir la resistencia de aislamiento de la máquina. Esto incluye la medición del devanado de la talla y todos los dispositivos auxiliares. En el caso de las máquinas equipadas con anillos deslizantes, la medición también incluye el devanado del rotor. Consulte el *Capítulo 7.6.4 Prueba de la resistencia de aislamiento*.

3.3.2 Desmontaje del dispositivo de bloqueo de transporte

Algunas máquinas, y todas las máquinas con cojinetes de rodillos y cilíndricos, poseen dispositivos de bloqueo instalados. Para máquinas con cojinetes de rodillos cilíndricos, el dispositivo de bloqueo de transporte está hecho de una barra de acero adjunta tanto a la protección del cojinete en el extremo de impulsión como al extremo de la extensión del eje.

El dispositivo de bloqueo de transporte debe retirarse antes de la instalación. Debe limpiar el revestimiento anticorrosivo de la extensión del eje. El dispositivo de bloqueo debe almacenarse para su uso futuro.

NOTA: Con el fin de evitar daños en los cojinetes, el dispositivo de bloqueo de transporte debe encajarse en la máquina siempre que ésta se vaya a mover, transportar a otra ubicación o almacenar. Consulte el *Capítulo 2.1 Medidas protectoras antes del transporte*.

3.3.3 Tipo de acoplamiento

*****Párrafo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

Las máquinas con cojinetes de rodillos deben conectarse a la máquina de impulsión con acoplamientos flexibles, por ejemplo acoplamientos por pasadores o por engranajes.

Si el cojinete bloqueado axialmente se encuentra en el extremo sin impulsión (consulte el diagrama de dimensiones), asegúrese de que es posible un movimiento axial sin obstrucciones y continuo entre las mitades del acoplamiento, con el fin de permitir la expansión térmica del eje de la máquina sin dañar los cojinetes. El aumento térmico axial esperado del rotor puede calcularse tal y como se define en el *Capítulo 3.6.4 Corrección para el aumento térmico*.

*****Párrafo siguiente para tipo de montaje: Vertical**

Las máquinas verticales pueden estar diseñadas para llevar cierta carga desde el eje de la máquina impulsada. Si este es el caso, las mitades de acoplamiento deben bloquearse frente al deslizamiento en la dirección axial, mediante una placa de bloqueo situada en el extremo del eje.

NOTA: La máquina no es apropiada para la conexión de correa, cadena o engranajes, salvo que se haya diseñado específicamente para dicho uso. Lo mismo se aplica para aplicaciones de empuje axial elevado.

*****Párrafo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con oscilación axial**

La construcción del cojinete cilíndrico permite que el rotor se mueva axialmente entre los límites de desgaste mecánico. Los cojinetes estándar no soportan ninguna fuerza axial desde la máquina de impulsión. Cualquier fuerza axial desde la carga ocasionará daños en el cojinete. Por consiguiente, las fuerzas axiales deben ser controladas por la máquina de impulsión y el acoplamiento debe ser de un tipo de desgaste axial limitado.

3.3.4 Montaje de la mitad de acoplamiento

3.3.4.1 Equilibrado del acoplamiento

El rotor está equilibrado dinámicamente con media chaveta como estándar. El modo del equilibrio aparece impreso en el extremo del eje:

- H = media chaveta y
- F = chaveta entera

La mitad de acoplamiento debe estar equilibrada en consecuencia.

3.3.4.2 Montaje

Las siguientes instrucciones deben tenerse en cuenta cuando monte la mitad de acoplamiento.

- Siga las instrucciones generales del proveedor del acoplamiento
- El peso de la mitad de acoplamiento puede ser considerable. Puede que necesite un equipo de elevación apropiado
- Limpie la extensión del eje de su revestimiento anticorrosión y compruebe las mediciones de la extensión y del acoplamiento frente a los dibujos proporcionados. Asegúrese también de que los chaveteros del acoplamiento y de la extensión del eje están limpios y libres de buriles
- Revista la extensión del eje y el diámetro interior del centro con una capa fina de aceite para facilitar el montaje de la mitad del acoplamiento. Nunca revista superficies de acoplamiento con bisulfuro de molibdeno (Molykote) o productos similares
- El acoplamiento debe cubrirse con una guarda de contacto.

NOTA: Con el fin de no dañar los cojinetes, no debe aplicar fuerzas adicionales a los cojinetes cuando monte la mitad del acoplamiento.

3.3.5 Transmisión por correa

Las máquinas diseñadas para transmisiones por correa siempre están equipadas con cojinetes de rodillos cilíndricos en el extremo de impulsión. Si se utiliza una transmisión por correa, asegúrese de que tanto la transmisión como las poleas de impulsión y motrices están alineadas correctamente.

NOTA: Siempre debe comprobar que el extremo del eje y los cojinetes funcionan correctamente para la transmisión por correa antes de su uso. No supere la fuerza radial especificada en las definiciones.

3.3.6 Tapones de drenaje

Las máquinas están equipadas con tapones de drenaje en la parte inferior de la máquina. El tapón de drenaje está construido de forma que conserva el polvo fuera de la máquina y permite que el agua de condensación se drene. El tapón de drenaje siempre deberá estar en posición abierta, es decir, la mitad del tapón dentro y la otra mitad fuera. El tapón de drenaje se abre tirando del armazón. En las máquinas AMI, el tapón de drenaje (un tornillo M12) se abre de 6 a 12 mm (de 0,2 a 0,5 pulgadas).

*****Párrafo siguiente para tipo de montaje: Horizontal**

Para máquinas horizontales, dos tapones de drenaje se encajan a ambos extremos de la máquina.

*****Párrafo siguiente para tipo de montaje: Vertical**

Para máquinas verticales, dos tapones de drenaje se encajan en el blindaje del extremo inferior.

La caja de terminales principales posee un tapón de drenaje en la parte inferior de la caja que debe estar cerrado durante el funcionamiento.

*****Capítulo siguiente para tipo de montaje: Horizontal con cimentación de hormigón**

3.4 Instalación en cimentación de hormigón

3.4.1 Alcance de la entrega

La entrega de la máquina no suele incluir la instalación, cuñas, tornillos de montaje, conjunto de la placa de cimentación ni conjunto de la placa de base. Estos elementos se envían atendiendo a pedidos especiales.

Si necesita taladrar nuevos orificios de sujeción, póngase en contacto con ABB para garantizar que sean correctos.

3.4.2 Preparaciones generales

Antes de iniciar el procedimiento de instalación, tenga en cuenta los aspectos siguientes:

- Reserve material de acero para el acuanamiento de la máquina. Los posibles ajustes de alineación necesitan cuñas con grosores de 1, 0,5, 0,2, 0,1 y 0,05 mm (40, 20, 8, 4 y 2 mil.)
- Reserve un martillo de retroceso, tornillos de ajuste o gatos hidráulicos para ajustes horizontales y axiales
- Reserve calibradores indicadores graduados o mejor un analizador óptico láser para conseguir una alineación precisa de la máquina
- Reserve una palanca corriente para girar el rotor durante la alineación
- En instalaciones al aire libre, proporcione protección contra el sol y la lluvia para eliminar los posibles errores de medición durante la instalación.

NOTA: Las máquinas se entrega con tornillos de elevación para el ajuste vertical de cada pie.

3.4.3 Preparaciones de la cimentación

3.4.3.1 Preparaciones del agujero de enlechado y cementación

Los espárragos de cimentación o las placas de la base se utilizan cuando la máquina se ancla a una cimentación de hormigón.

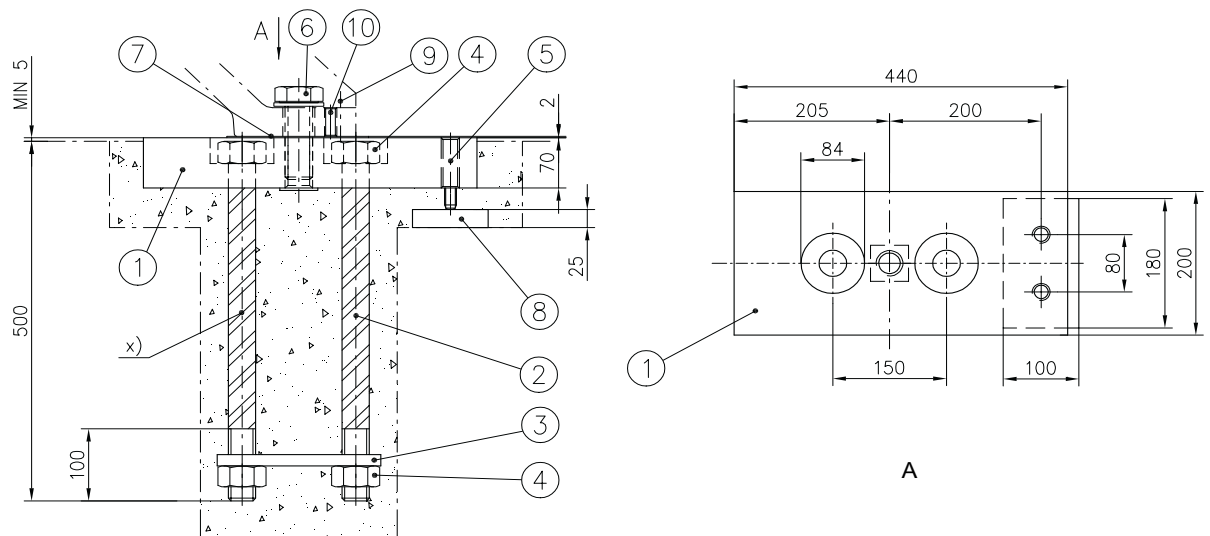
Tenga en cuenta los siguientes aspectos cuando prepare la cimentación:

- La parte superior de la cimentación tiene que estar barrida o aspirada
- Las paredes de los orificios de cimentación deberán ser lo suficientemente resistentes para poder garantizar una buena sujeción. Por el mismo motivo, deben lavarse y aclararse para que no haya polución ni polvo. Raspe las zonas sucias hasta que logre eliminar el aceite o la grasa de las mismas
- Compruebe que la posición de los orificios de cimentación y la altura de la cimentación corresponde con las medidas correctas proporcionadas en el dibujo
- Conecte un cable de acero a la cimentación para indicar la línea central de la máquina. Marque también la posición axial de la máquina.

3.4.3.2 Preparación de los espárragos de cimentación o las placas de la base

Si las cuñas y los espárragos de cimentación forman parte de la entrega, se considerarán elementos independientes. El montaje de estos se realizará en el lugar de trabajo.

NOTA: Para garantizar que los espárragos de cimentación se fijarán satisfactoriamente al hormigón, no deberán contener pintura y deberán estar libres de polución y polvo.



PIEZA	NOMBRE DE LAS PIEZAS	TAMAÑO	CANTIDAD / CONJUNTO
1	PLACA	70x200x440	4
2	POLEA	M36x500/45+100	8
3	BRIDA	10x60x210	4
4	TUERCA	M36	16
5	TORNILLO DE ELEVACIÓN	M24x60	8
6	TORNILLO DE FIJACIÓN	M36x90/90	4
7	CUÑA	2x170x250	4
8	PLACA DE SOPORTE	25x100x180	4
9	PASADOR CÓNICO	10x100	2
10	TORNILLO DE ELEVACIÓN	M16x55	4

El pasador cónico (pieza 9) es necesario sólo en el extremo de impulsión del motor.

x) El perno de anclaje debe montarse en la cimentación.
La polea de cimentación se suministrará como pieza suelta.
Un conjunto incluye piezas para una máquina (4 piezas)

Figura 3-1 Montaje típico de los tornillos de fijación de la cimentación

Con el fin de montar el espárrago de cimentación o el conjunto de la placa base, la máquina debe suspenderse sobre el suelo mediante una grúa. Proceda como sigue. Consulte la *Figura 3-1 Montaje típico de los tornillos de fijación de la cimentación*:

- Limpie las partes protegidas por un revestimiento anticorrosión con espíritu de petróleo
- Atornille los tornillos nivelados engrasados en los espárragos de cimentación (pieza 5) o placas de la base
- Enrolle una capa de cinta alrededor de la parte superior de los pernos de anclaje (pieza 2) según la *Figura 3-1 Montaje típico de los tornillos de fijación de la cimentación*. La cinta evitará que la parte superior del tornillo quede encajada en el hormigón y le permita volverse a apretar una vez se haya solidificado el hormigón
- Encaje el perno de anclaje (pieza 2) en las placas de cimentación (pieza 1) o placas de la base de forma que la parte superior de los pernos quede 1...2 mm (40...80 mil.) por encima de la superficie superior de las tuercas (pieza 4)

- Encaje la brida de anclaje (pieza 3) y la tuerca inferior (pieza 4) a los pernos de anclaje (pieza 2). Arriostre la brida de anclaje (pieza 3) con los pernos soldando y apretando las tuercas. Si dicho arriostramiento no puede hacerse, bloquee la brida de anclaje entre las dos tuercas
- Tras el montaje de las placas de cimentación, la máquina deberá levantarse y suspenderse sobre el suelo. La base de la máquina y las superficies inferiores y laterales de las placas de fundación, así como los pernos de anclaje deberán limpiarse con espíritu de petróleo
- Monte los espárragos de cimentación montados o las placas de la base debajo de la base de la máquina con el tornillo de montaje (pieza 6) y la arandela (pieza 3). Centre el tornillo de montaje (pieza 6) en el orificio de la máquina enrollando, por ejemplo, papel, cartón o cinta en la parte superior del tornillo
- Coloque la cuña de 2 mm (0,8 pulgadas) (pieza 7) entre la base y la placa (pieza 1). Apriete la placa contra el pie con el tornillo de montaje (pieza 6)
- Coloque la placa de nivelado (pieza 8) bajo el tornillo de nivelado (pieza 5)
- Compruebe que el espacio existente entre la placa (pieza 1) y los pernos de anclaje (pieza 2) está tenso. Si el hormigón penetra por esta intersección hasta las tuercas, no podrá volver a apretarlo.

NOTA: La cinta y la placa de acero no están incluidas en la entrega de los espárragos de cimentación.

3.4.4 Elevación de las máquinas

La máquina se eleva con cuidado y se coloca en la cimentación. Para realizar una alineación aproximada, puede utilizar, por ejemplo, un cable de acero instalado previamente o fijarse en la marca de la situación en el eje. Se realiza una alineación vertical con los tornillos de nivelado. Se requiere una precisión de posicionamiento de 2 mm (80 mil.) como máximo.

3.4.5 Alineación

La alineación se realiza como se describe en el *Capítulo 3.6 Alineación*.

3.4.6 Cementación

La cementación de la máquina en la cimentación es una parte muy importante de la instalación. Debe seguir las instrucciones del proveedor del componente de cementación.

Utilice materiales de cementación que no se contraigan y de alta calidad para evitar dificultades con la misma en el futuro. Evite las fisuras en el compuesto de cementación o la fijación incorrecta en el soporte correspondiente.

3.4.7 Instalación final e inspección

Una vez consolidado el hormigón, levante la máquina desde la cimentación y vuelva a apretar los pernos de anclaje. Bloquee las tuercas mediante arriostramiento o golpeándolo con fuerza en el centro. Levante la máquina de nuevo en la cimentación y apriete los tornillos de montaje.

Compruebe la alineación para garantizar que la máquina funcionará con la vibración permitida. Si fuera necesario, realice el ajuste con cuñas y, a continuación, complete el enclavijado según los orificios situados en la base del extremo de impulsión de la máquina.

3.4.7.1 Enclavijado de la base de la máquina

La máquina tiene un orificio para clavija por base o pie en el extremo de impulsión. Profundice los orificios haciendo un agujero a través de la cimentación de acero. Tras esto, los orificios se estrechan cónicamente utilizando una herramienta de avellanado. A continuación, se encajan en los orificios las clavijas cónicas apropiadas para garantizar la alineación exacta y para permitir una sencilla reinstalación, si se produjera la retirada de la máquina.

3.4.7.2 Cubiertas y recintos

Complete la instalación del acoplamiento fijando las mitades de acoplamiento entre sí según las instrucciones de acoplamiento del fabricante.

NOTA: El acoplamiento debe cubrirse con una guarda de contacto.

Compruebe con cuidado que no existan herramientas o elementos extraños dentro de la máquina una vez haya levantado y alineado la máquina e instalado sus accesorios. Limpie el polvo o la suciedad de la máquina.

Compruebe que todas las zonas de impermeabilización se encuentran en perfectas condiciones.

Almacene los accesorios de alineamiento y ensamblaje y los dispositivos de bloqueo de transporte en un mismo lugar para un uso posterior.

*****Capítulo siguiente para tipo de montaje: Horizontal con cimentación de acero**

3.5 Instalación en cimentación de acero

3.5.1 Alcance de la entrega

La entrega de la máquina no suele incluir la instalación, cuñas ni tornillos de montaje. Estos elementos se envían atendiendo a pedidos especiales.

Si necesita taladrar nuevos orificios de sujeción, póngase en contacto con ABB para garantizar que sean correctos.

3.5.2 Comprobación de la base

Antes de levantar la máquina sobre la cimentación, debe realizar las siguientes comprobaciones:

- Limpie la cimentación con cuidado
- Las cimentaciones deberán estar planas y paralelas a 0,1 mm (4 mil.) o mejor
- La cimentación no deberá soportar ninguna vibración externa.

3.5.3 Elevación de las máquinas

La máquina se eleva con cuidado y se coloca en la cimentación.

3.5.4 Alineación

La alineación se realiza como se describe en el *Capítulo 3.6 Alineación*.

3.5.5 Instalación final e inspección

3.5.5.1 Enclavijado de la base de la máquina

La máquina tiene un orificio para clavija por base o pie en el extremo de impulsión. Profundice los orificios haciendo un agujero a través de la cimentación de acero. Tras esto, los orificios se estrechan cónicamente utilizando una herramienta de avellanado. A continuación, se encajan en los orificios las clavijas cónicas apropiadas para garantizar la alineación exacta y para permitir una sencilla reinstalación, si se produjera la retirada de la máquina.

3.5.5.2 Cubiertas y recintos

Complete la instalación del acoplamiento fijando las mitades de acoplamiento entre sí según las instrucciones de acoplamiento del fabricante.

NOTA: El acoplamiento debe cubrirse con una guarda de contacto.

Compruebe con cuidado que no existan herramientas o elementos extraños dentro de la máquina una vez haya levantado y alineado la máquina e instalado sus accesorios. Limpie el polvo o la suciedad de la máquina.

Compruebe que todas las zonas de impermeabilización se encuentran en perfectas condiciones.

Almacene los accesorios de alineamiento y ensamblaje y los dispositivos de bloqueo de transporte en un mismo lugar para un uso posterior.

*****Capítulo siguiente sólo para tipo de montaje: Vertical**

3.5.6 Instalación de máquinas montadas con bridas en cimentaciones de acero

El propósito de una brida montada para máquinas montadas verticalmente consiste en facilitar la instalación y la conexión del acoplamiento, así como una sencilla inspección del acoplamiento durante el funcionamiento. Con el fin de adaptar las máquinas ABB, las bridas de montaje se diseñarán según el estándar de IEC.

La brida de montaje no está incluida en la entrega de ABB.

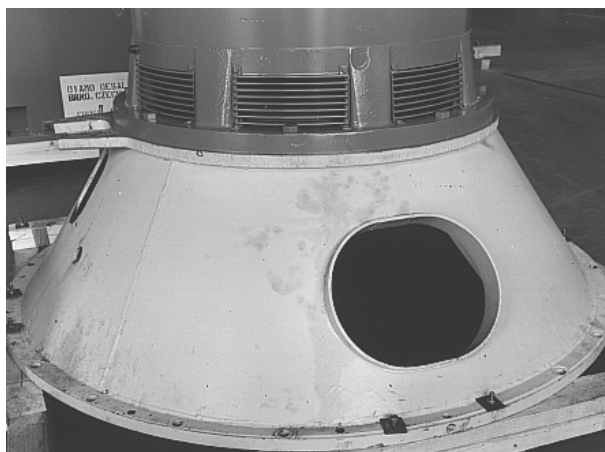


Figura 3-2 Breda de montaje

La máquina se eleva y se coloca en la brida de montaje. Los tornillos de montaje se aprietan ligeramente.

3.6 Alineación

3.6.1 Aspectos generales

Con el fin de garantizar una larga y satisfactoria vida de la máquina de impulsión y motriz, las máquinas tendrán que alinearse correctamente entre sí. Esto significa que tanto la desviación radial como la angular entre los dos ejes de las máquinas deberá minimizarse al máximo. La alineación debe llevarse a cabo con extremo cuidado porque los errores de alineación pueden ocasionar daños en el eje y en el cojinete.

Antes de iniciar el procedimiento de alineación, las mitades de acoplamiento deberán instalarse, para ello consulte el *Capítulo 3.3.4 Montaje de la mitad de acoplamiento*. Las mitades de acoplamiento de las máquinas de impulsión y motriz debe atornillarse conjuntamente con el fin de moverlas con libertad la una respecto a la otra durante la alineación.

El siguiente texto se refiere a la instalación en cimentaciones de hormigón y de acero. La instalación de cuñas o suplementos de ajuste no es necesaria en el caso de cimentación de hormigón, siempre que la alineación y la cementación se hayan realizado correctamente.

3.6.2 Nivelación

Con el fin de facilitar la alineación y permitir el montaje de las cuñas, los tornillos de elevación se encajan en el pie de la máquina. Consulte la *Figura 3-3 Posicionamiento vertical del pie de la máquina*. La máquina se deja reposando en los tornillos de elevación. Observe que la máquina debe reposar en los cuatro pies o bases (tornillos) en un plano paralelo de 0,1 mm (4 mil.) o mejor. Si este no es el caso, el armazón de la máquina se girará o doblará, lo que puede ocasionar daños al cojinete o de otro tipo.

Compruebe que la máquina está nivelada axial, vertical y horizontalmente. Realice los ajustes necesarios colocando cuñas bajo los cuatro pies. El nivel horizontal de la máquina debe comprobarse con un nivel de burbuja de aire.

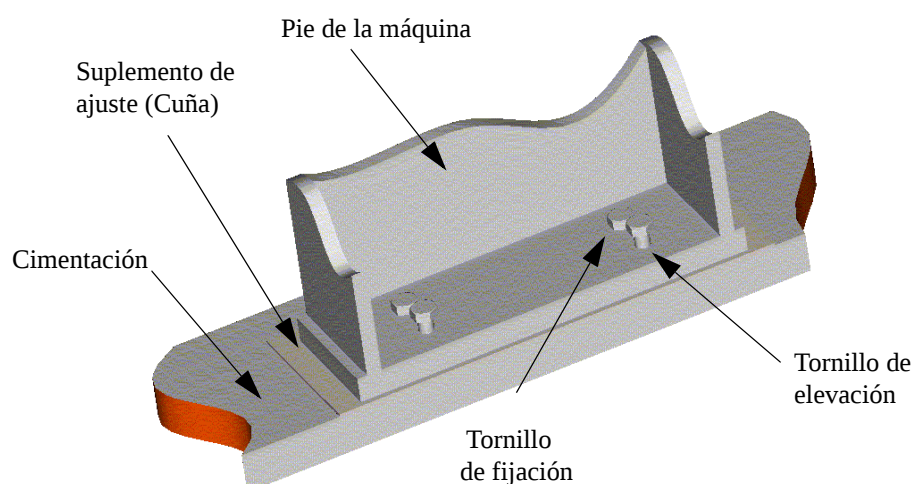


Figura 3-3 Posicionamiento vertical del pie de la máquina

3.6.3 Ajuste aproximado

Con el fin de facilitar la alineación en las direcciones transversal y axial, coloque placas abrazaderas con tornillos de ajuste en las esquinas. Consulte la *Figura 3-4 Posición de las placas abrazaderas*.

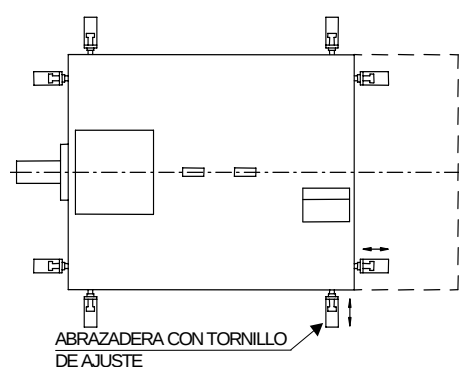


Figura 3-4 Posición de las placas abrazaderas

Las placas abrazaderas se colocan contra el borde de cimentación y se aprietan con tornillos de expansión. Consulte la *Figura 3-5 Montaje de la placa abrazadera*. Mueva la máquina utilizando los tornillos de ajuste hasta que la línea central del eje y el centro de la máquina motriz se alineen ligeramente y se alcance la distancia deseada entre las mitades de acoplamiento. Deje todos los tornillos de ajuste sólo apretados ligeramente.

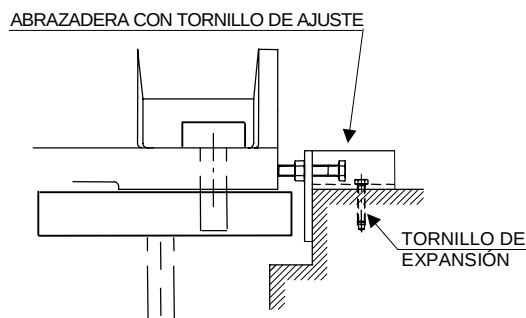


Figura 3-5 Montaje de la placa abrazadera

NOTA: La *Figura 3-5 Montaje de la placa abrazadera* muestra la placa abrazadera montada en la cimentación de hormigón, coloque una placa abrazadera similar en la cimentación de acero.

*****Párrafo y figura siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con oscilación axial**

El cojinete cilíndrico en el extremo de impulsión está equipado con una aguja indicadora para mostrar el centro del funcionamiento, que aparece marcado con una ranura en el eje. El eje también presenta ranuras para los límites de oscilación final mecánica del rotor. La posición es correcta si la punta de la aguja indicadora está alineada con la ranura central mecanizada en el eje. Consulte la *Figura 3-6 Marcas en el eje y en la aguja del centro de funcionamiento*. Observe que el centro de funcionamiento no es necesariamente el mismo que el centro magnético, ya que el ventilador puede tirar del rotor desde el centro magnético.

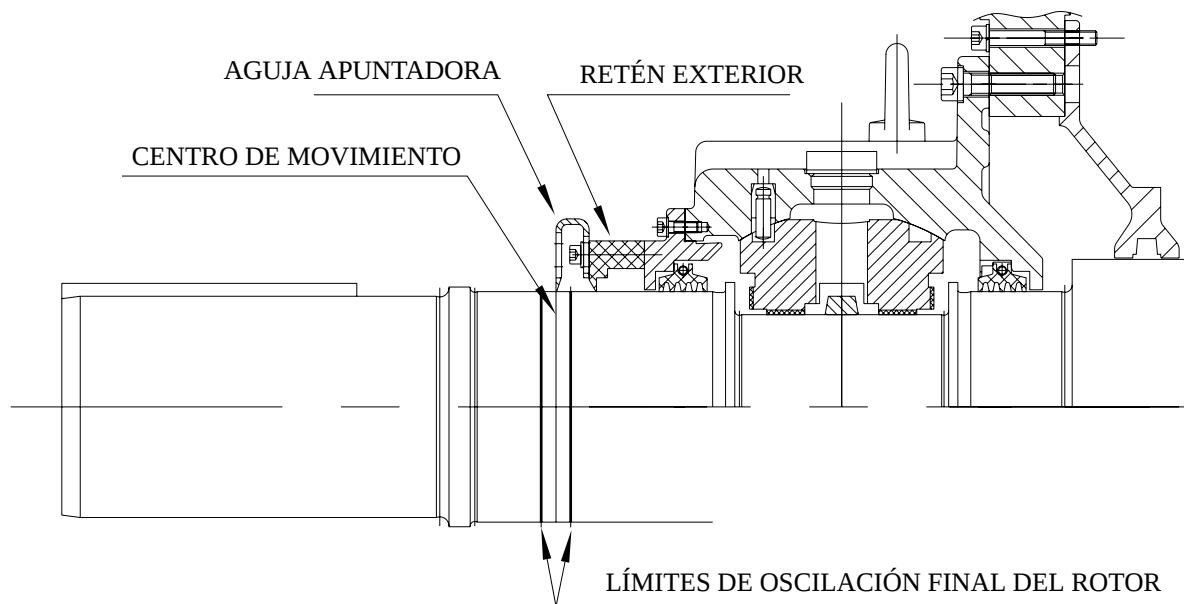


Figura 3-6 Marcas en el eje y en la aguja del centro de funcionamiento

3.6.4 Corrección para el aumento térmico

3.6.4.1 Aspectos generales

Las temperaturas de funcionamiento tienen una influencia considerable en la alineación y por tanto deberían tenerse en cuenta durante la misma. La temperatura de la máquina es inferior durante la elevación que bajo condiciones de funcionamiento. Por este motivo, el centro del eje debe ser mayor, es decir, más alejado de los pies durante el funcionamiento que en reposo.

Por consiguiente, puede que sea necesario utilizar la alineación compensada de calor dependiendo de la temperatura de funcionamiento de la máquina motriz, tipo de acoplamiento, distancias entre máquinas, etc.

3.6.4.2 Aumento térmico ascendente

El aumento térmico de la distancia entre los pies y el centro del eje de la máquina eléctrica puede calcularse aproximadamente según la fórmula:

$$\Delta H = \alpha \times \Delta T \times H \text{ donde}$$

ΔH =aumento térmico[mm]

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta T = 40 \text{ K}$$

H=altura del eje [mm]

NOTA: Considere el aumento térmico de la máquina motriz respecto a la máquina eléctrica con el fin de definir el aumento térmico total.

3.6.4.3 Aumento térmico axial

El aumento térmico axial debe tenerse en cuenta si el movimiento axial del cojinete extremo no conducido está bloqueado. Consulte el dibujo de dimensiones con el fin de determinar el extremo que está bloqueado.

El aumento térmico axial esperado para el rotor es proporcional a la longitud del armazón del estator y se puede calcular aproximadamente según la fórmula:

$$\Delta L = \alpha \times \Delta T \times L \text{ donde}$$

ΔL =aumento térmico[mm]

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

ΔT =50 K (para AMA, AMB, AMK, AMI), 80 K (para AMH, HXR, M3BM, M3GM)

L =longitud del marco [mm]

NOTA: Asegúrese de que es posible realizar un movimiento axial libre entre las mitades de acoplamiento (excluyendo los acoplamientos rígidos) con el fin de permitir la expansión térmica axial del eje de la máquina para no dañar los cojinetes.

3.6.5 Alineación final

3.6.5.1 Aspectos generales

A continuación, la alineación final se realiza con calibradores graduados, aunque en el mercado puede encontrar otro equipo de precisión más exacto. El motivo para usar estos calibradores graduados en este texto es para ofrecer cierta teoría de alineación.

NOTA: Las mediciones deben realizarse sólo tras un acunamiento apropiado y con tuercas de fijación apretadas correctamente.

NOTA: Las mediciones de la alineación final siempre deben grabarse para referencia futura.

3.6.5.2 Desviación de las mitades de acoplamiento

El procedimiento de alineación se inicia midiendo la desviación de las mitades de acoplamiento. Esta medición mostrará cualquier imprecisión del eje o de las mitades de acoplamiento.

Se mide la desviación de la mitad de acoplamiento respecto al alojamiento del cojinete de la máquina. Coloque los calibradores según la *Figura 3-7 Medición de la desviación en la mitad de acoplamiento*. De igual forma, compruebe la desviación de la mitad de acoplamiento de la máquina motriz respecto al alojamiento del cojinete.

Sólo necesita una simple palanca para girar el rotor de una máquina con cojinete cilíndrico.

*****Nota siguiente para tipo de cojinete: Cojinetes cilíndricos**

NOTA: Los cojinetes cilíndricos deben rellenarse con aceite antes de girarlos.

El error de desviación admisible es inferior a 0,02 mm (0,8 mil.).

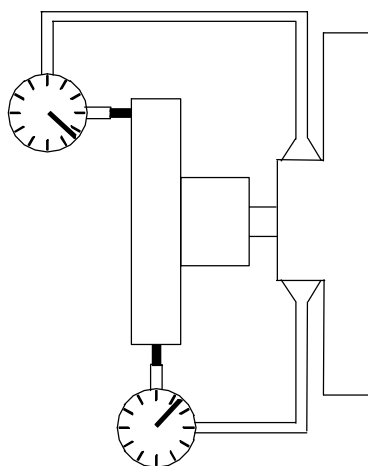


Figura 3-7 Medición de la desviación en la mitad de acoplamiento

3.6.5.3 Alineación paralela, angular y axial

Podrá proceder a la alineación final una vez haya situado la máquina siguiendo las pautas que se especifican en el *Capítulo 3.6.2 Nivelación* y en el *Capítulo 3.6.3 Ajuste aproximado*. Este paso debe realizarse con extremo cuidado. Si se produce un fallo se podrán ocasionar serias vibraciones y daños, tanto en la máquina motriz como de impulsión.

La alineación se efectúa de acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por el fabricante del acoplamiento. Es necesaria la alineación en paralelo, en ángulo y por los ejes de la máquina. Algunas publicaciones de normativas proporcionan recomendaciones para la alineación del acoplamiento como, por ejemplo, BS 3170:1972 " *Acoplamientos flexibles para la transmisión de alimentación*".

De acuerdo con la práctica común, las desalineaciones angulares y paralelas no deben superar los 0,05-0,10 mm y la axial los 0,10 mm. Consulte la *Figura 3-8 Definición de desalineación*. La desviación correspondiente es 0,10-0,20 mm para la desalineación paralela y angular.

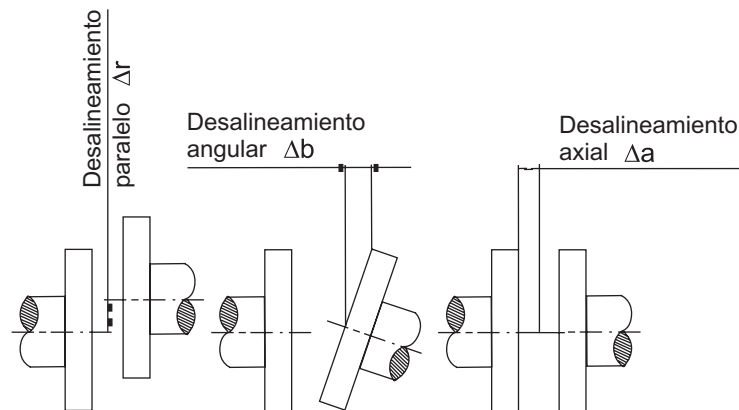


Figura 3-8 Definición de desalineación

3.6.5.4 Alineación

La alineación de la máquina se lleva a cabo de acuerdo con las siguientes directrices.

1. La máquina deberá estar instalada sobre los tornillos de elevación.
2. Gire el rotor y compruebe la paleta del extremo axial. Consulte el *Capítulo 3.6.3 Ajuste aproximado*

*****Nota siguiente para tipo de cojinete: Cojinetes cilíndricos**

NOTA: Los cojinetes cilíndricos deben rellenarse con aceite antes de girarlos.

3. Monte el equipo de alineación. Si se utilizan indicadores, resulta práctico ajustar el indicador del cuadrante de forma que aproximadamente la mitad de la escala esté disponible en cualquier dirección. Compruebe la rigidez de las abrazaderas del indicador para eliminar cualquier posible cesión por parte de éste. Consulte la *Figura 3-9 Comprobación de la alineación con indicadores*

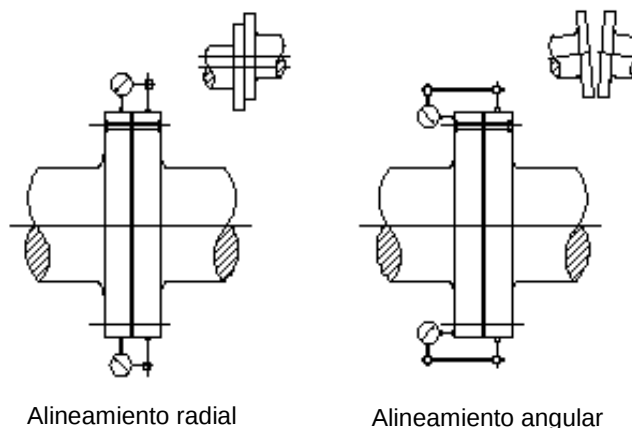


Figura 3-9 Comprobación de la alineación con indicadores

4. Mida y anote las lecturas de los desalineamientos paralelo, angular y axial en cuatro posiciones diferentes: superior, inferior, derecha e izquierda, es decir, cada 90°, mientras giran simultáneamente ambos ejes. Las lecturas se registran
5. Gire los tornillos de elevación o utilice los gatos hidráulicos para alinear la máquina en posición vertical. Los tornillos de elevación están ajustados en los pies de la máquina horizontal para facilitar la alineación en el plano vertical. Consulte la *Figura 3-3 Posicionamiento vertical del pie de la máquina*. La precisión de la alineación de la máquina se ve afectada en ocasiones por la prolongación térmica de su bastidor. Consulte el *Capítulo 3.6.4 Corrección para el aumento térmico*.
6. Mida la distancia existente entre la parte inferior de los pies de la máquina y la placa base e introduzca la cantidad necesaria de suplementos de ajuste o los correspondientes bloques sólidos o cuñas.
7. Fije los bloques sólidos o suplementos de ajuste bajo los pies de la máquina. Afloje los tornillos de elevación y ajuste las tuercas de fijación.
8. Vuelva a comprobar la alineación. Realice las correcciones necesarias, si las hubiera.
9. Anótelas para comprobaciones futuras.
10. Vuelva a ajustar las tuercas y suelde las tachuelas para bloquearlas, o ejecute un fuerte golpe sobre el centro de las mismas.
11. Enclavije los pies de la máquina para una sencilla reinstalación futura de la máquina. Consulte el *Capítulo 3.4.7.1 Enclavijado de la base de la máquina*.

3.6.5.5 Desalineación permitida

Las tolerancias de alineación definitivas son imposibles de definir si hay muchos factores influyendo. Las tolerancias demasiado grandes ocasionarán vibraciones y pueden producir daños en el cojinete y de otro tipo. Por consiguiente, es aconsejable ajustarse a unas tolerancias lo más pequeñas posible. Las desalineaciones máximas permitidas se muestran en la *Tabla 3-1 Desalineaciones permitidas recomendadas*. Para ver las definiciones de desalineación, consulte la *Figura 3-8 Definición de desalineación*.

NOTA: Las tolerancias dadas por los fabricantes del acoplamiento indican tolerancias para el acoplamiento, no para la alineación de la máquina motriz e impulsada. Las tolerancias dadas por el fabricante del acoplamiento deben utilizarse como directrices para la alineación, sólo si son menores que las desalineaciones máximas permitidas, mostradas en la *Tabla 3-1 Desalineaciones permitidas recomendadas*.

Tabla 3-1. Desalineaciones permitidas recomendadas

Información sobre acoplamiento		Desalineación permitida		
Acoplamiento Diámetro	Tipo de acoplamiento	Paralelo Δr	Angular Δb	Axial Δa
100 – 250 mm (4 – 10 pulg.)	Brida rígida	0,02 mm (0,8 mil.)	0,01 mm (0,4 mil.)	0,02 mm (0,8 mil.)
	Engranaje	0,05 mm (2 mil.)	0,03 mm (1 mil.)	0,05 mm (2 mil.)
	Flexible	0,10 mm (4 mil.)	0,05 mm (2 mil.)	0,10 mm (4 mil.)
250 – 500 mm (10 – 20 pulg.)	Brida rígida	0,02 mm (0,8 mil.)	0,02 mm (0,8 mil.)	0,02 mm (0,8 mil.)
	Engranaje	0,05 mm (2 mil.)	0,05 mm (2 mil.)	0,05 mm (2 mil.)
	Flexible	0,10 mm (4 mil.)	0,10 mm (4 mil.)	0,10 mm (4 mil.)

3.7 Cuidado tras la instalación

Si la máquina no va a estar en funcionamiento durante un largo periodo de tiempo tras su instalación, deberán aplicarse las mismas medidas mencionadas anteriormente en el *Capítulo 2.6.1 Almacenamiento a corto plazo (inferior a 2 meses)*. Recuerde que deberá girar el eje 10 revoluciones al menos cada 3 meses y que los cojinetes autolubricados deberán rellenarse con aceite. Si se presenta una vibración extrema, el acoplamiento del eje deberá abrirse y colocar bloques de goma debajo de la base de la máquina.

*****Nota siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

NOTA: La vibración externa dañará las superficies de rodillos del cojinete y, por consiguiente, acortará la vida del cojinete.

*****Nota siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

NOTA: La vibración externa dañará las superficies deslizantes del cojinete y, por consiguiente, acortará la vida del cojinete.

Capítulo 4 Conexiones mecánicas y eléctricas

4.1 Generalidades

Las conexiones mecánicas y eléctricas se realizan tras los procedimientos de instalación y alineación. Las conexiones mecánicas incluyen la conexión de conductos de aire, tuberías de agua y sistema de suministro de aceite donde corresponda.

Las conexiones eléctricas incluyen la conexión de los cables auxiliares y principales, los cables conectados a tierra y los posibles motores de los ventiladores externos.

Con el fin de determinar las acciones apropiadas, consulte el dibujo de dimensiones, el diagrama de conexiones y la hoja de datos proporcionada con la máquina.

NOTA: Los orificios o pasos de instalación adicional nunca deben perforarse a través del armazón, ya que éste podría dañar la máquina.

4.2 Conexiones mecánicas

*****Capítulo siguiente para método de refrigeración: Aire en conductos**

4.2.1 Conexiones del aire de refrigeración

Las máquinas diseñadas para flujo del aire de refrigeración hacia y desde la máquina con conductos de aire poseen bridas de conexión tal y como se especifica en el dibujo de dimensiones.

Limpie los conductos de aire a conciencia antes de conectarlos a la máquina y compruebe posibles obstrucciones en los mismos. Selle las uniones con las juntas apropiadas. Compruebe posibles fugas en los conductos de aire antes de conectarlos.

*****Capítulo siguiente para método de refrigeración: Aire a agua y camisa de refrigeración**

4.2.2 Conexiones del agua de refrigeración

*****Capítulo siguiente para método de refrigeración: Aire a agua**

4.2.2.1 Refrigeradores aire a agua

Las máquinas equipadas con intercambiadores térmicos de aire a agua poseen bridas especificadas en los estándares DIN 633 o ANSI B 16.5. Conecte las bridas y selle las uniones con las juntas apropiadas. Antes de poner la máquina en funcionamiento, debe activar el agua.

*****Capítulo siguiente para método de refrigeración: Camisa de refrigeración****4.2.2.2 Armazones refrigerados por agua**

La construcción refrigerada por agua del armazón de acero sólo se utiliza con una circulación de agua dulce cerrada. Las bridas del circuito de refrigeración de agua se realizan según las especificaciones del cliente y se definen en el dibujo de dimensiones.

El agua de refrigeración circula en conductos integrados en el armazón de la máquina. El material del armazón y de los conductos es acero al carbono, según los estándares EN 10025: S235 JRG2, equivalentes a DIN 17100 - RSt 37-2. Este material es propenso a la corrosión en aguas estancadas y salinas. Los productos de corrosión y los depósitos de incrustaciones pueden bloquear el flujo de agua en los conductos. Por este motivo, es importante utilizar agua pura e inhibida en el sistema de refrigeración.

Los valores estándar para la refrigeración del agua deben utilizarse en el sistema de refrigeración:

• pH	7,0 - 9,0
• Alcalinidad (CaCO ₃)	≥ 1 mmol/kg
• Cloruro (Cl)	< 20 mg/kg
• Sulfato	< 100 mg/kg
• Concentración de KMnO ₄	< 20 mg/kg
• Concentración de Al	< 0,3 mg/kg
• Concentración de Mn	< 0,05 mg/kg

En la mayoría de los casos, el agua de grifo normal, por ejemplo, el agua para consumo doméstico, cumple todos estos requisitos.

El agua de refrigeración también debe inhibirse con un agente que proteja el sistema de refrigeración contra la corrosión, incrustaciones y cuando sea necesario, contra la congelación. Todos los materiales en contacto con el agua de refrigeración (tuberías, intercambiadores térmicos, etc.) deben tenerse en cuenta cuando seleccione un inhibidor apropiado.

Inhibidor recomendado:

Fabricante	ASHLAND
Producto	RD-25

que resulta apropiado para acero, cobre, aluminio y muchos otros materiales.

Utilice sólo piezas de unión de buena calidad y juntas para conectar la máquina con el circuito de agua. Compruebe posibles fugas después de haber conectado las tuberías y las uniones.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico****4.2.3 Suministro de aceite para el cojinete cilíndrico**

Las máquinas con sistema de lubricación en exceso están equipadas con bridas de tuberías de aceite y posiblemente con indicadores de presión e indicadores de flujo. Instale todas las tuberías de aceite necesarias y conecte las unidades de circulación de aceite.

Instale el sistema de suministro de aceite cerca de la máquina y a igual distancia de cada cojinete. Antes de conectar las tuberías de los cojinetes, compruebe el sistema de suministro de aceite haciendo pasar aceite de enjuague a través del mismo. Tras esta operación, retire el filtro de aceite y límpielo.

Instale y conecte las tuberías de entrada de aceite con los cojinetes. Instale las tuberías de salida de aceite en sentido descendente desde los cojinetes, con un ángulo mínimo de 15°, lo que corresponde a una pendiente de 250 a 300 mm/m. El nivel de aceite que hay dentro del cojinete aumentará si la pendiente de las tuberías es demasiado pequeña; el aceite fluirá demasiado lentamente desde el cojinete al contenedor de aceite, lo que puede ocasionar fugas de aceite o perturbaciones en el flujo del aceite.

NOTA: No realice agujeros en el armazón durante la instalación de las tuberías o en cualquier otro equipo, ya que esto podría dañar seriamente a la máquina.

Rellene el sistema de suministro de aceite con el aceite apropiado que disponga de la viscosidad correcta. El tipo correcto de aceite y viscosidad se indica en el dibujo de dimensiones. Si tuviera alguna duda sobre la pureza del aceite, utilice una malla de 0,01 mm (0,4 mil.) para filtrar fragmentos no deseados en el aceite.

Active el suministro de aceite y compruebe si el circuito de aceite presenta posibles fugas antes de poner la máquina en servicio. El nivel normal de aceite se obtiene cuando se cubre la mitad del vidrio transparente de aceite.

NOTA: Los cojinetes se entregan sin lubricante.

NOTA: Manejar la máquina sin lubricante ocasionará un daño inmediato a los cojinetes.

*****Capítulo siguiente para tipo de protección: Ex p**

4.2.4 Conexión de la tubería de aire de purga

La máquina EEx p o Ex p está protegida contra explosión mediante la presurización. Se encuentra equipada con un sistema de control que incluye una unidad de control del aire y una válvula de seguridad. El sistema utiliza aire presurizado sin contaminar, como gas protector. Antes de la puesta en funcionamiento, la máquina se purga para eliminar los gases peligrosos. Mientras se encuentra en funcionamiento se mantiene bajo sobrepresión para evitar que dichos gases puedan introducirse en la máquina.

El suministro de aire en proceso de purga y presurización se conecta a una brida en la unidad de control del aire. La presión del suministro de aire debe encontrarse entre los 4 y 8 bares. La tasa de flujo necesaria durante el proceso de purga y presurización se especifica en el certificado Ex. Para obtener más información detallada del sistema de control, consulte el manual de instrucciones del proveedor.

4.2.5 Montaje de los transductores de vibración

Si los transductores de vibración instalados sobresalen del bastidor de la máquina, se entregan sin instalar para evitar daños durante el transporte.

Para poner en uso los transductores de vibración, haga lo siguiente:

1. Desconecte de sus cables los transductores de vibraciones sueltos.
2. Retire los tapones de protección de los orificios de montaje roscados del cierre hermético del extremo de la máquina.

3. Proteja las superficies de montaje contra la oxidación con un agente anticorrosión adecuado.
4. Monte los transductores de vibración en los orificios de montaje roscados. El par de apriete depende del tipo de transductor utilizado:
 - PYM TRV18: 10 Nm
 - PYM 330400_: 3,3 Nm
 - PYM 330500_: 4,5 Nm
5. Por último, conecte los cables a los transductores de vibración.

4.3 Conexiones eléctricas

4.3.1 Información general

La información de seguridad mostrada en las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual debe estar presente en todo momento.

La instalación eléctrica debe planificarse a conciencia antes de llevar a cabo ninguna acción. Los diagramas de conexión recibidos con la máquina deben estudiarse antes de iniciar el trabajo de instalación. Es importante comprobar que el voltaje y la frecuencia del suministro coinciden con los valores indicados en la placa de datos de la máquina.

El voltaje de la red y la frecuencia deben encontrarse dentro de los límites dados, según los estándares aplicables. Observe las indicaciones de las placas de características y el diagrama de conexión de la caja de bornes. Para obtener información adicional, consulte la hoja de datos de rendimiento de la máquina.

NOTA: Antes del trabajo de instalación, es importante que compruebe que los cables entrantes están separados de la red de suministro y que los cables están conectados a la toma de tierra protectora.

NOTA: Compruebe todos los datos de la placa, especialmente la conexión del devanado y del voltaje.

*****Párrafo siguiente para tipo de rotor: Imanes permanentes**

Estas máquinas sólo se han diseñado para accionamiento velocidad variable, es decir, deben contar con convertidores de frecuencia. El convertidor de frecuencia debe estar diseñado para funcionar con una máquina sincrónica con imanes permanentes. Si existe cualquier duda sobre la compatibilidad entre la máquina sincrónica con imanes permanentes y el convertidor de frecuencias, póngase en contacto con la oficina comercial de ABB.

4.3.2 Seguridad

El trabajo eléctrico deberá llevarlo a cabo sólo personal preparado. Debe aplicar las siguientes reglas de seguridad:

- Desconecte todo el equipo, incluyendo el equipo auxiliar
- Proporcione salvaguarda contra el equipo que reciba potencia
- Verifique que todas las piezas están aisladas de sus respectivas fuentes de alimentación
- Conecte todas las piezas a la toma de tierra protectora y corte los circuitos

- Cubra o proporcione barreras contra las piezas desnudas del área circundante
- Si extiende el circuito secundario del transformador de intensidad, asegúrese de que no pueda cortocircuitarse durante el uso

*****Punto siguiente para tipo de rotor: Rotor magnético permanente**

- Esta máquina sincrónica con imanes permanentes genera tensión cuando el eje está girando. Evite la rotación del eje antes de abrir la caja de terminales. No abra ni toque los terminales desprotegidos mientras el eje de la máquina esté girando. Siga las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual.

4.3.3 Mediciones de la resistencia de aislamiento

Antes de poner en servicio la máquina por primera vez y tras un largo periodo de estar inactiva o dentro del espacio de trabajo general de mantenimiento, debe medir la resistencia de aislamiento de la máquina. Consulte el *Capítulo 7.6.4 Prueba de la resistencia de aislamiento*.

4.3.4 Opciones de la caja de terminales principales

El interior de la caja de terminales principales debe estar libre de suciedad, humedad y desechos. La caja en sí misma, los casquillos y los agujeros de entrada del cable no usados deben cerrarse de modo impermeable y hermético al polvo.

La caja de terminales principales está equipada con un tapón de drenaje situado en la parte inferior de la misma. El tapón deberá estar en posición abierta, es decir, la mitad del tapón dentro y la otra mitad fuera, durante el transporte y el almacenamiento. Durante el funcionamiento de la máquina, el tapón debe conservarse en su posición cerrada, pero abrirse de vez en cuando. Si la caja se gira tras la entrega, la función del tapón de drenaje deberá comprobarse y posiblemente volver a colocarlo en la parte inferior de la caja.

Algunas cajas de terminales principales se pueden girar en movimientos escalonados de 90 grados. Antes de girarla, compruebe que la longitud de los cables entre el devanado del estator y la caja de terminales es suficiente.

4.3.4.1 Entrega sin caja de bornes principal

Si la máquina se entrega sin una caja de bornes principal, los cables de conexión del estátor deben estar cubiertos por una estructura protectora conectada a tierra antes de la puesta en funcionamiento. La estructura debe tener una clasificación de envolvente y certificaciones de área peligrosas iguales o superiores a los de la máquina.

Para evitar averías en los cables, los cables de conexión del estátor deben ser acortados para minimizar el movimiento libre de los cables. El proveedor del organizador de bornes es responsable de asegurarse de que se usen soportes adecuados para los cables de conexión del estátor. El organizador de cables de conexión del estátor debe ser espacioso para evitar el sobrecalentamiento de los cables. Los cables de conexión del estátor no deben entrar en contacto con cantos afilados. El radio mínimo de curvatura del cable de conexión del estátor es de 6 veces el diámetro exterior del cable.

4.3.5 Distancias de aislamiento de las conexiones de alimentación principal

Las conexiones de los cables de alimentación principal deben diseñarse para que soporten estados de funcionamiento exigentes en los que los aislantes puedan someterse a suciedad, humedad y sobrecargas. Con el fin de asegurar un funcionamiento duradero y sin problemas, es importante que la longitud de las distancias de los contactos y del aislante sea suficiente. Las distancias de los contactos y del aislante deben ser iguales o superar las exigencias definidas por:

- Normas locales
- Estándares
- Normas de clasificación
- Clasificación de áreas peligrosas.

Las distancias de los contactos y del aislante se aplican tanto para las distancias de aislamiento entre dos fases diferentes, como para distancias de aislamiento entre una fase y la tierra. La distancia de aislamiento del aire es la distancia más corta por el aire entre dos puentes con potencial eléctrico (voltaje) diferente. La distancia de los contactos de superficie es la distancia más corta a lo largo de superficies cercanas entre dos puntos con potencial eléctrico (voltaje) diferente.

4.3.6 Cables de alimentación principal

El tamaño de los cables de entrada debe cumplir la normativa local aplicable y tener un tamaño adecuado para admitir la carga máxima de corriente. Los terminales de los cables deben ser del tipo y tamaño adecuados. La conexión a todos los dispositivos debe comprobarse.

Las conexiones del cable de alimentación principal deben fijarse correctamente para garantizar un funcionamiento seguro. Para obtener detalles, consulte el *Apéndice Conexiones típicas del cable de alimentación principal*.

*****Nota siguiente para tipo de protección: Todas las áreas peligrosas**

NOTA: Para las máquinas Ex, los casquillos y boquillas del cable para cables de alimentación deben poseer el certificado Ex. Los casquillos o boquillas no están incluidos en la entrega del fabricante.

NOTA: Antes del trabajo de instalación, es importante que compruebe que los cables entrantes están separados de la red de suministro y que los cables están conectados a la toma de tierra protectora.

Los terminales del estator están marcados con las letras U, V y W según IEC 60034-8 o T1, T2 y T3 según NEMA MG-1. El terminal neutro está marcado con N (IEC) o con T0 (NEMA). Siga las instrucciones especificadas por el fabricante para realizar el desforramiento, empalme y aislamiento de los cables de alta tensión.

Los cables deben estar bien sujetos de forma que las barras colectoras no soporten tensión en la caja de terminales.

NOTA: Compruebe la secuencia de la fase desde el diagrama de conexiones.

*****Párrafo siguiente para tipo de rotor: Rotor magnético permanente**

NOTA: Las máquinas sincrónicas con imanes permanentes deben cablearse con cables simétricos apantallados y prensaestopas que proporcionen una conexión de 360° (conocidos también como prensaestopas para compatibilidad electromagnética).

*****Párrafo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

4.3.7 Cables secundarios para conexiones de anillo deslizante

El alojamiento del anillo deslizante en el LOA de la máquina sirve como caja de terminales para los cables secundarios y posee el mismo grado de protección que la máquina.

Los cables se pueden conectar desde cualquier lado. La conexión se realiza a los terminales del rotor en la placa de terminación, que está diseñada para encajar hasta seis talones de cable por fase. Los terminales están marcados con K, L y M según las publicaciones IEC 60034-8.

NOTA: Estudie el diagrama de conexiones entregado con la máquina con cuidado antes de conectar cualquier cable.

4.3.8 Caja de terminales auxiliares

Las cajas de terminales auxiliares se adjuntan al armazón de la máquina de acuerdo con los accesorios y las necesidades del cliente, así como sus posiciones se muestran en el dibujo dimensional de la máquina.

Las cajas de terminales auxiliares están equipadas con bloques de terminales y casquillos de cables. Consulte la *Figura 4-1 Caja de terminales auxiliares típicos*. El tamaño máximo de los conductores está normalmente limitado a 2,5 mm² (0,004 pulgadas cuadradas) y el voltaje está limitado a 750 V. Los casquillos de los cables son apropiados para cables de 10 – 16 mm (0,4–0,6 pulg.) de diámetro.

*****Nota siguiente para tipo de protección: Todas las máquinas para áreas peligrosas**

NOTA: Para las máquinas Ex, los casquillos y boquillas del cable para cables de alimentación deben poseer el certificado Ex. Los casquillos o boquillas no están incluidos en la entrega del fabricante.

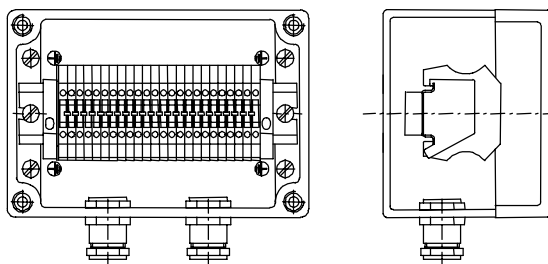


Figura 4-1 Caja de terminales auxiliares típicos

4.3.8.1 Conexión de instrumentos y auxiliares

Conecte los instrumentos y el equipo auxiliar según el diagrama de conexiones.

NOTA: Estudie el diagrama de conexiones entregado con la máquina con cuidado antes de conectar cualquier cable. La conexión y el funcionamiento de los accesorios debe comprobarse antes de la puesta en servicio.

NOTA: Terminales de etiqueta de accesorios, que normalmente están sometidos a voltaje cuando la máquina está apagada en consecuencia.

4.3.8.2 Conexión del motor del ventilador externo

El motor del ventilador externo es normalmente un motor sincrónico de tres fases. Habitualmente hay una caja de conexiones ubicada en el armazón del motor del ventilador. La placa de datos del motor del ventilador externo muestra el voltaje y la frecuencia a utilizar. La dirección de rotación del ventilador se indica mediante una placa de flecha en la brida de la máquina principal.

NOTA: Compruebe visualmente la dirección de rotación del motor del ventilador externo antes de poner en marcha la máquina principal. Si el motor del ventilador está funcionando en la dirección equivocada, la secuencia de fase del motor deberá cambiarse.

4.3.9 Conexiones a tierra

El armazón de la máquina, la caja de terminales principales, la caja de terminales auxiliares y el equipo asociado deben estar conectados a toma de tierra protectora. Las conexiones a toma de tierra protectora y la alimentación eléctrica tienen que proteger el armazón de la máquina del potencial eléctrico (voltaje) dañino o peligroso.

NOTA: La conexión a tierra debe llevarse a cabo de acuerdo con las normas locales antes de que la máquina se conecte al voltaje.

NOTA: La garantía no cubre los cojinetes destruidos debido al cableado o conexión a tierra inadecuada.

Marque la máquina y las cajas de terminales con símbolos de tierra según los estándares nacionales relevantes.

*****Capítulo siguiente para tipo de aplicación: Unidad de velocidad variable**

4.3.10 Requisitos para máquinas alimentadas por convertidores de frecuencia

De acuerdo con la Directiva de compatibilidad electromagnética (89/336/CEE, modificada por la 93/68/CEE) es necesario que una máquina CA alimentada con convertidor de frecuencia se instale con cables apantallados como se especifica a continuación. Para obtener información sobre otros cables equivalentes, póngase en contacto con su representante de ABB local.

4.3.10.1 Cable principal

El cable de alimentación principal entre la máquina y el convertidor de frecuencia debe ser un cable apantallado de tres conductores simétricos, cuyo fin será el de cumplir con los requisitos de emisión radiada establecidos en el estándar de emisión genérica para el entorno industrial, EN 50081-2. Para obtener más información, consulte el manual de ABB *Conexión a tierra y cableado del sistema de impulsión (3AFY 61201998 R0125 REV A)*.

4.3.10.2 Conexión a tierra del cable principal

La conformidad con la Directiva de compatibilidad electromagnética requiere una conexión a tierra de alta frecuencia del cable principal. Esto se logra mediante una conexión a tierra de 360° de las pantallas del cable en las entradas del cable, tanto en la máquina como en el convertidor de frecuencia. La conexión a tierra en la máquina se implementa por ejemplo mediante los tránsitos de cable de compatibilidad electromagnética de sistema ROX para instalaciones blindadas.

NOTA: La conexión a tierra de 360° de las entradas del cable se realiza con el fin de suprimir las perturbaciones electromagnéticas. Además, las pantallas del cable se tienen que conectar a la toma de tierra protectora con el fin de cumplir con las normas de seguridad.

4.3.10.3 Cables auxiliares

Los cables auxiliares deben ser apantallados para que cumplan con los requisitos de compatibilidad electromagnética. Debe utilizar casquillos especiales para la toma de tierra de alta frecuencia de 360° de las pantallas del cable en las entradas del mismo.

Capítulo 5 Puesta en servicio y arranque

5.1 Generalidades

Este informe es de vital importancia para el posterior funcionamiento, mantenimiento y localización de averías de la máquina.

La puesta en servicio no debe considerarse como finalizada hasta haber documentado y entregado un informe de puesta en servicio aceptable.

El informe de puesta en servicio debe estar disponible con cualquier petición asociada a la garantía, como requisito para la obtención de una garantía para la máquina. Para obtener información de contacto, consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

El informe de puesta en servicio aconsejado puede encontrarse en el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

5.2 Comprobación de la instalación mecánica

Compruebe la alineación de la máquina antes de la puesta en marcha:

- Consulte el informe de alineación y asegúrese de que la máquina está alineada correctamente, según las especificaciones de alineación de ABB incluidas en el *Capítulo 3.6 Alineación*
- Procure siempre incluir el protocolo de alineación en el informe de puesta en marcha.

Compruebe que la máquina se encuentra correctamente fijada a la base:

- Realice una comprobación general del estado de la base y compruebe si existen grietas
- Compruebe el apriete de los pernos de montaje.

Comprobaciones adicionales, cuando sea aplicable:

- Compruebe que se pone marcha el sistema de lubricación y que está funcionando antes de activar el rotor
- Gire a mano el rotor, si es posible, y asegúrese de que lo hace con normalidad y sin emitir ningún ruido extraño
- Compruebe el ensamblaje de la caja de terminales principal y del sistema de refrigeración
- Revise, si fuera necesario, la conexión de los tubos de aceite y de agua de refrigeración y compruebe que no se producen fugas durante el funcionamiento
- Compruebe la presión y el flujo para el agua de refrigeración y aceite.

5.3 Mediciones de la resistencia de aislamiento

Antes de poner en servicio la máquina por primera vez y tras un largo periodo de estar inactiva o dentro del espacio de trabajo general de mantenimiento, debe medir la resistencia de aislamiento de la máquina. Consulte el *Capítulo 7.6.4 Prueba de la resistencia de aislamiento*.

5.4 Comprobación de la instalación eléctrica

Los cables de alimentación se pueden conectar permanentemente a los terminales de la caja de terminales principales cuando la resistencia de aislamiento del estator se haya medido, consulte el *Capítulo 7.6.4 Prueba de la resistencia de aislamiento*.

Compruebe la conexión de los cables de corriente eléctrica:

- Compruebe que los pernos de cáncamo de los cables estén apretados con un par correcto
- Compruebe que los cables de alimentación están enrutados correctamente
- Compruebe que se han relajado correctamente las tensiones interiores de los cables de corriente eléctrica
- Compruebe las conexiones del equipo auxiliar.

NOTA: Si la máquina se entrega sin una caja de bornes principal, consulte el *Capítulo 4.3.4.1 Entrega sin caja de bornes principal*.

*****Nota siguiente para tipo de protección: Todas las máquinas para áreas peligrosas**

NOTA: Si se enciende un calefactor anticondensación no autorregulado justo tras el apagado del motor, tome las medidas adecuadas para controlar la temperatura del interior de la carcasa del motor. Las resistencias de calentamiento anticondensación sólo pueden funcionar dentro de un entorno dotado de un control de la temperatura.

5.5 Equipo de control y protección

5.5.1 Aspectos generales

La máquina está equipada con detectores de temperatura para conectarlos a un sistema de protección y supervisión de la temperatura. La ubicación y el tipo, así como los ajustes para estos detectores, se pueden encontrar en el dibujo de dimensiones y en el diagrama de conexiones de la máquina.

El nivel de alarma de la temperatura para los detectores de la temperatura de resistencia (RTD, Pt-100) debe fijarse lo más bajo posible. El nivel puede determinarse en función de los resultados de las pruebas o de la temperatura de funcionamiento notificada. La alarma de la temperatura puede ajustarse en 10K (20 °F) más que la temperatura de funcionamiento de la máquina durante la carga máxima, a la temperatura ambiente más elevada.

Si se utiliza un sistema de supervisión de la temperatura de dos funciones, el nivel inferior se utiliza normalmente como un nivel de alarma y el más elevado como un nivel de salto.

NOTA: En el caso de saltos de la máquina, el motivo puede encontrarse y eliminarse antes de que se reinicie la máquina. En caso de alarma, busque el motivo y corrija la situación. Utilice la guía de solución de problemas, consulte el *Capítulo 8.1 Resolución de problemas*.

*****Nota siguiente para tipo de rotor: Rotor magnético permanente**

NOTA: Las máquinas sincrónicas con imanes permanentes están equipadas con elementos de resistencia y/o termistores Pt100. El uso de estos elementos protectores es obligatorio para evitar el riesgo de sobrecarga de la máquina.

5.5.2 Temperatura de devanado del estator

5.5.2.1 Generalidades

Los devanados del estator se fabrican según el aumento de temperatura clase F, que tiene un límite de temperatura de 155 °C (300 °F). Una temperatura elevada endurece por envejecimiento el aislamiento y acorta la vida del devanado. Por consiguiente, debe prestar especial atención cuando decida los niveles de alarma y de salto de temperatura para el devanado.

5.5.2.2 Detectores de temperatura de la resistencia

Ajustes de temperatura máxima aconsejada:

Para determinar los ajustes de la temperatura, consulte el diagrama de conexiones que se entrega con la máquina. Es aconsejable que aplique el método descrito en el cuando ajuste la alarma de la temperatura.

5.5.2.3 Termistores

Si la máquina está equipada con termistores (PTC), la temperatura de funcionamiento de los termistores podrá encontrarla en el diagrama de conexiones. Puede elegir si desea que el funcionamiento sea una alarma o una señal de salto (disparo). Si la máquina está equipada con seis termistores, tanto la señal de salto como de alarma se pueden utilizar respectivamente.

5.5.3 Control de la temperatura del cojinete

5.5.3.1 Generalidades

Los cojinetes se pueden equipar con detectores de temperatura para supervisar las temperaturas del cojinete. La viscosidad de la grasa o del aceite utilizado será menor cuando la opción de temperatura sea mayor. Si la viscosidad se reduce por debajo de un límite determinado, desaparece la capacidad para formar una película lubricante en el interior del cojinete y puede tener como consecuencia que el eje sufra daños.

Si la máquina está equipada con detectores de temperatura de resistencia, es preferible supervisar la temperatura de los cojinetes continuamente. Si la temperatura de un cojinete comienza a aumentar inesperadamente, la máquina deberá apagarse inmediatamente, ya que el aumento de temperatura podría indicar un fallo en el cojinete.

5.5.3.2 Detectores de temperatura de la resistencia

Ajustes de temperatura máxima aconsejada:

Para determinar los ajustes de la temperatura, consulte el diagrama de conexiones que se entrega con la máquina. Es aconsejable que aplique el método descrito en el *Capítulo 5.5.1 Aspectos generales* cuando ajuste la alarma de la temperatura.

5.5.3.3 Termistores

Si los cojinetes de rodillos están equipados con termistores (PTC), la temperatura de funcionamiento de los termistores podrá encontrarla en el diagrama de conexiones. Puede elegir si desea que el funcionamiento sea una alarma o una señal de salto (disparo). Si los cojinetes de rodillos están equipados con dos termistores, tanto la señal de salto como de alarma se pueden utilizar respectivamente.

5.5.4 Equipo de protección

La máquina debe protegerse contra varias perturbaciones, fallos y sobrecargas que puedan dañar la máquina. La protección debe realizarse de acuerdo con las instrucciones y regulaciones según el país en el que se utilice.

Los valores de los parámetros de la máquina para los ajustes del relé se especifican en el documento “Datos de rendimiento de la máquina” que se incluye en la documentación proporcionada con la máquina.

NOTA: El fabricante de la máquina no se responsabiliza del ajuste del equipo de protección en el lugar de trabajo.

5.6 Primer arranque de prueba

5.6.1 Generalidades

El primer arranque de prueba es un procedimiento estándar que se realiza una vez terminado el procedimiento de instalación y alineación, las conexiones mecánicas y eléctricas se realizan, el procedimiento de puesta en servicio ha finalizado y los dispositivos de protección están activos.

NOTA: Si es posible, el primer arranque se produce con acoplamiento no acoplado entre la máquina de impulsión y motriz. La carga en la máquina debe ser, en cualquier caso, lo más pequeña posible.

5.6.2 Precauciones antes del primer arranque de prueba

Debe realizar una inspección visual de la máquina y su equipo antes del primer arranque de prueba. Se verifica que todas las tareas necesarias, comprobación y ajustes se han realizado.

Antes del arranque de prueba, debe realizar las siguientes comprobaciones:

- Si la mitad de acoplamiento no está ensamblada, la chaveta de extensión del eje estará bloqueada o retirada

*****Punto siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

- Las reservas de aceite del cojinete cilíndrico y los posibles sistemas de suministro de aceite se rellenan con el aceite aconsejado hasta el nivel correcto. El sistema de suministro de aceite se activa.

*****Punto siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

- El rotor se gira manualmente y se verifica que no se producen ruidos anómalos en los cojinetes. Para girar un rotor con los cojinetes cilíndricos, sólo necesitará una simple palanca

*****Punto siguiente para método de refrigeración: Aire a agua**

- En el caso de máquinas refrigeradas por agua, el agua de refrigeración se activa. El ajuste de las bridas y de la unidad de refrigeración se comprueba
- El cableado y las conexiones de los cables y de las barras colectoras se verifican según el diagrama de conexiones
- Las conexiones a tierra y los dispositivos a tierra se verifican
- El arranque, control, protección y relés de alarma de cada dispositivo se inspeccionan
- La resistencia de aislamiento de los devanados y otros equipos se verifican
- Las cubiertas de la máquina se ensamblan y las juntas de los ejes se encajan firmemente
- La máquina y el entorno se limpian

*****Punto siguiente para tipo de protección: Ex p**

- El recinto de la máquina Ex se ha purgado y presurizado. Consulte las instrucciones del sistema de presurización y purga.

5.6.3 Arranque

El primer arranque sólo debe durar un segundo (1), durante el cual la dirección de rotación de la máquina se verifica. La dirección de rotación de posibles motores de ventiladores externos también debe verificarse. También se verifica que las piezas giratorias no entren en contacto con ninguna pieza estacionaria.

NOTA: Si la máquina no posee un cojinete ubicado axialmente y la máquina se arranca no acoplada, es normal que el eje se mueva axialmente antes de la estabilización.

5.6.3.1 Sentido de rotación

La finalidad principal del primer arranque es comprobar la dirección de rotación de la máquina. La máquina debe girar en la misma dirección que se muestra con una flecha ubicada en el armazón o en la cubierta del ventilador. La dirección de rotación del motor del ventilador externo se indica mediante una flecha situada cerca del motor del ventilador. La máquina sólo puede hacerse funcionar en la dirección de rotación especificada. La dirección de rotación se indica en la placa de referencia, consulte el *Apéndice Posición típica de las placas*.

Las máquinas apropiadas para el funcionamiento inverso se etiquetan con una flecha de doble cabezal situada en la placa de datos, así como en el armazón.

Si la dirección de rotación deseada es diferente por algún motivo de la especificada en la máquina, los ventiladores de refrigeración, en el circuito de refrigeración interior o exterior, deben sustituirse, así como los detalles impresos en la placa de datos.

Para cambiar el sentido de rotación, intercambie las fases de alimentación.

*****Capítulo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

5.6.3.2 Arranque de máquinas con anillos deslizantes

Las máquinas con anillos deslizantes no pueden hacerse funcionar sin un arrancador. El arrancador consiste normalmente en una resistencia variable conectada a cada fase del rotor mediante los anillos deslizantes. La selección del arrancador se realiza de acuerdo con la corriente y el par de arranque necesario. El arranque se realiza normalmente con corriente nominal y con par nominal.

Durante el arranque la resistencia del arrancador disminuye y la velocidad para el par de descarga cambia para aumentar de velocidad. La velocidad de la máquina siempre se encuentra entre la velocidad sincrónica y la velocidad del par de descarga real. El funcionamiento entre el par de descarga y parado, o calado durante el arranque, no se permite.

NOTA: Si se produce un fallo al arrancar la máquina sin comprobar los ajustes del engranaje del anillo deslizante completo puede ocasionar daños graves. Las conexiones del arrancador y sus funciones también se verificarán.

NOTA: El dispositivo elevador de escobillas debe encontrarse en la posición de arranque antes de arrancar la máquina.

*****Capítulo siguiente para tipo de protección: Ex p**

5.6.3.3 Arranque de máquinas Ex p

La envolvente de la máquina Ex p está protegida contra explosiones durante el funcionamiento por medio de presurización.. Antes de la presurización, dicho recinto se purgará con aire limpio. Existe a disposición del usuario un manual en el que se detallan las instrucciones para el equipo de purgado y presurización. En caso de fugas de aire detectables desde el interior de la envolvente de la máquina, las uniones que presenten fugas deben ser selladas correctamente.

El sistema de purgado y presurización debe estar incluido en el sistema de interbloqueo de arranque. Conecte las señales de alarma y cambio de estado de la unidad al sistema de control del disyuntor principal. De esta forma, se asegurará de que no sea posible arrancar la máquina antes de que el purgado se haya completado y se haya presurizado la envolvente de la máquina.

5.7 Funcionamiento de la máquina la primera vez

Tras un exitoso primer arranque de prueba, debe realizarse el acoplamiento entre la máquina de impulsión y motriz y la máquina se podrá volver a arrancar.

5.7.1 Supervisión durante el primer funcionamiento

Durante el funcionamiento de la máquina la primera vez, se verifica que la misma funciona como es de esperar. El nivel de vibración, la temperatura de los devanados y los cojinetes, así como otros equipos, se supervisan con frecuencia. Si la máquina funciona como se espera, puede dejarla funcionando durante un periodo de tiempo largo.

Compruebe la carga de funcionamiento de la máquina comparando la corriente de carga con el valor dado en la placa de datos de la máquina.

Registre las lecturas de la temperatura dadas por los detectores de temperatura colocados en el devanado y posiblemente en los cojinetes. Compruebe las temperaturas con frecuencia para garantizar que permanecen por debajo de los límites. Es aconsejable realizar una supervisión continua de la temperatura.

NOTA: Si el detector de la temperatura de resistencia (RTD, Pt-100) o equivalente no está disponible, la temperatura de la superficie del área del cojinete se debe medir, en la medida de lo posible. La temperatura del cojinete es aproximadamente 10 °C (20 °F) mayor que la temperatura de la superficie.

En caso de que se produzcan fallos en el funcionamiento normal esperado, por ejemplo, temperaturas elevadas, ruidos o vibraciones, apague la máquina y encuentre el motivo de los fallos. Si fuera necesario, consulte con el fabricante de la máquina.

NOTA: No desembrague ningún dispositivo protector durante el funcionamiento de la máquina ni mientras busca el motivo del funcionamiento inesperado de la máquina.

5.7.2 Verificaciones durante el funcionamiento de la máquina

Resulta de vital importancia que durante los primeros días de funcionamiento se preste una estrecha vigilancia a la máquina en el caso de que puedan producirse cambios en los niveles de vibración o temperatura o sonidos anómalos.

5.7.3 Cojinetes

Las máquinas eléctricas giratorias fabricadas por ABB están equipadas con cojinetes cilíndricos o de rodillos.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

5.7.3.1 Máquinas con cojinetes de rodillos

En caso de una máquina recién instalada o de una máquina que ha estado en servicio durante más de dos meses, inyecte grasa nueva en los cojinetes justo después del arranque. Se debe inyectar grasa nueva mientras la máquina está funcionando, y se sigue inyectando hasta que la grasa usada o el exceso de grasa nueva salgan a través del canal de lubricación de la parte inferior del alojamiento del cojinete. Consulte la *Figura 5-1 Ejemplo de canal de lubricación a través de la disposición de cojinete de la máquina horizontal*.

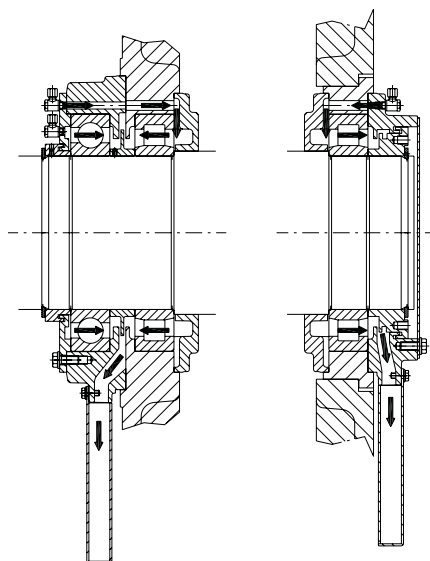


Figura 5-1 Ejemplo de canal de lubricación a través de la disposición de cojinete de la máquina horizontal

NOTA: El intervalo de relubricación nunca será superior a los 12 meses.

El tipo de grasa original utilizada se encuentra en la placa del cojinete en la máquina. Los tipos de grasa aceptables se pueden encontrar en el *Capítulo 7.5.3 Cojinetes de rodillos*.

La temperatura de los cojinetes aumentará inicialmente debido al exceso de grasa. Al cabo de varias horas, el exceso de grasa se descargará a través de la válvula de lubricación y la temperatura del cojinete volverá a su temperatura de funcionamiento normal.

Si es posible, y al cabo de varias horas de funcionamiento de la máquina, mida las vibraciones o los valores SPM desde las boquillas SPM y anote los valores para futuras referencias.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

5.7.3.2 Máquinas con cojinetes cilíndricos

Verifique que ninguna pieza giratoria roza con las piezas estacionarias. Verifique a través del vidrio transparente de aceite que el nivel de aceite dentro del cojinete es el correcto. El nivel correcto de aceite se encuentra en medio del vidrio transparente, pero siempre que el nivel de aceite se encuentre dentro del vidrio transparente de aceite, el nivel será aceptable.

Al principio, compruebe el nivel de aceite y la temperatura de los cojinetes continuamente. Esto resulta particularmente importante para los cojinetes autolubricados. Si la temperatura del cojinete aumenta de repente, debe detener la máquina inmediatamente y encontrar el motivo del aumento de la temperatura antes de volver a arrancar la máquina. Si no encuentra un motivo lógico desde el equipo de medición, es aconsejable que se abra el cojinete y que se verifique su estado. Si la máquina está en garantía, deberá ponerse en contacto con la fábrica donde se produjo antes de realizar ningún tipo de acción.

Para cojinetes autolubricados, la rotación del anillo de aceite se verifica a través de la ventana de inspección situada en la parte superior del cojinete. Si el anillo de aceite no está girando, debe parar la máquina inmediatamente, puesto que un anillo de aceite parado puede ocasionar un fallo en el cojinete.

Para máquinas lubricadas en exceso, la presión de suministro del aceite se ajusta con la válvula y orificio de presión. El suministro normal de presión es de 125 kPa $\pm$ 25 kPa (18 psi $\pm$ 4 psi). Esto da el flujo correcto de aceite al cojinete. Utilizando la presión de suministro más elevada no obtendrá más beneficio, si no que puede ocasionar fugas de aceite del cojinete. El índice del flujo de aceite también se especifica en el dibujo de dimensiones.

NOTA: El sistema de lubricación debería construirse de forma que la presión en el interior del cojinete fuera igual a la presión atmosférica (exterior). La presión de aire que entra en el cojinete desde las tuberías de aceite de entrada o salida puede ocasionar fugas en el aceite del cojinete.

5.7.4 Vibraciones

Para obtener información completa sobre las vibraciones, consulte el *Capítulo 7.4.2 Vibración y ruido*.

5.7.5 Niveles de la temperatura

Las temperaturas de los cojinetes, devanados de estator y aire de refrigeración se deben comprobar cuando la máquina esté en funcionamiento.

Puede que la temperatura del cojinete y del devanado no alcance una temperatura estable hasta que transcurran varias horas (de 4 a 8), cuando se funciona a velocidad máxima.

La temperatura del devanado del estator depende de la carga de la máquina. Si la carga total no se puede obtener durante o justo después de la puesta en marcha, se deben tener en cuenta la carga presente y la temperatura, e incluirse en el informe de puesta en marcha.

Para consultar los ajustes aconsejados para los niveles de salto y alarma, consulte el diagrama de conexiones principal y el *Capítulo 7.4.3.3 Evaluación*.

*****Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: aire a aire y aire a agua**

5.7.6 Intercambiadores térmicos

Antes del arranque, compruebe que las conexiones están tensas y que no hay goteos en el sistema. Tras hacer funcionar la máquina durante algún tiempo, el sistema de refrigeración debería comprobarse. Verifique que el fluido de refrigeración, donde corresponda, y que el aire están circulando sin obstrucción.

*****Capítulo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

5.7.7 Anillos deslizantes

Compruebe que las escobillas de los anillos deslizantes no sueltan chispas.

5.8 Apagado

El apagado de la máquina depende de la aplicación prevista, aunque las instrucciones principales son las siguientes:

- Reduzca la carga del equipo de conducción, si corresponde
- Abra el disyuntor principal

- Active los posibles calentadores anticondensación, si el equipo de conmutación no lo hace automáticamente

*****Punto siguiente para tipo de refrigeración: Aire a agua y camisa de refrigeración**

- En máquinas refrigeradas por agua, desconecte el flujo de agua de refrigeración para evitar la condensación dentro de la máquina.

Capítulo 6 Funcionamiento

6.1 Generalidades

Para asegurar un funcionamiento sin problemas de la máquina, deberá cuidarla y supervisarla con atención.

Antes de poner la máquina en marcha asegúrese de que:

- Los cojinetes están engrasados o impregnados de aceite hasta un nivel correcto, de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante y el dibujo de dimensiones
- El sistema de refrigeración está funcionando
- El recinto de la máquina se ha purgado y presurizado, si es el caso
- No se está realizando mantenimiento
- El personal y el equipo en contacto con la máquina se encuentran preparados para proceder a su puesta en funcionamiento.

Para el procedimiento de puesta en marcha, consulte el *Capítulo 5.6.3 Arranque*.

En caso de que se observen fallos en el funcionamiento normal esperado, por ejemplo, temperaturas elevadas, ruidos o vibraciones, apague la máquina y encuentre el motivo de los fallos. Si fuera necesario, consulte con el fabricante de la máquina.

NOTA: La máquina puede presentar superficies calientes cuando funcione con carga.

*****Nota siguiente para tipo de rotor: Rotor magnético permanente**

NOTA: La sobrecarga de la máquina puede ocasionar la desmagnetación de los imanes permanentes así como daños en el devanado.

6.2 Condiciones de funcionamiento normal

Las máquinas fabricadas por ABB se diseñan de forma individual para que funcionen en condiciones de funcionamiento normales según los estándares de IEC o NEMA, las especificaciones del cliente y los estándares internos de ABB.

Las condiciones de funcionamiento, como la temperatura ambiente máxima y la altura de funcionamiento máxima, se especifican en la hoja de datos de rendimiento enviada como parte de la documentación. La cimentación debe estar libre de todo tipo de vibración externa y el aire circundante libre de polvo, sal y gases o sustancias corrosivas.

NOTA: Las instrucciones de seguridad mostradas en las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual deben estar presentes en todo momento.

6.3 Número de puestas en marcha

El número de puestas en marcha consecutivas permitidas de máquinas con suministro en línea directa depende fundamentalmente de las características de la carga (curva de torsión frente a velocidad rotacional, inercia), así como del tipo de máquina y diseño. Unas puestas en marcha demasiado fuertes o frecuentes pueden ocasionar altas temperaturas y esfuerzos poco habituales en la máquina, acelerando así el proceso de envejecimiento de la misma y ocasionando fallos.

Para obtener información sobre las puestas en marcha anuales o consecutivas permitidas, consulte la hoja de datos de rendimiento o consulte con el fabricante. Las características de la carga de la aplicación son necesarias para determinar la frecuencia de puesta en marcha. Como directriz a seguir, el número máximo de puestas en marcha en una aplicación típica es de 1.000 al año.

Debe usarse un sistema de contadores para controlar el número de arranques. Los intervalos de mantenimiento deben determinarse a partir de las horas de funcionamiento equivalentes. Consulte el *Capítulo 7.3 Programa de mantenimiento*.

NOTA: Las instrucciones de seguridad mostradas en las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual deben estar presentes en todo momento.

6.4 Supervisión

El personal operativo debe inspeccionar la máquina en periodos regulares. Esto significa que deben escuchar, sentir y oler la máquina y el equipo asociado a la misma con el fin de obtener una percepción del estado de funcionamiento normal.

El objeto de la inspección de supervisión consiste en familiarizar al personal con el equipo. Esto es fundamental para detectar y arreglar a tiempo cualquier situación anormal.

La diferencia existente entre supervisión y mantenimiento es prácticamente mínima. La supervisión normal del funcionamiento incluye el registro de los datos de funcionamiento, como la carga, las temperaturas y las vibraciones. Estos datos son una base útil para el mantenimiento y el servicio.

- En el transcurso del primer periodo de funcionamiento (- 200 horas), la supervisión deberá realizarse de manera intensiva. Compruebe periódicamente las temperaturas de los cojinetes y devanados así como la carga, la corriente, la refrigeración, la lubricación y la vibración
- Durante el siguiente periodo de funcionamiento (200 - 1000 horas) bastará una sola revisión diaria. Un registro de las inspecciones de supervisión deberá archivar y guardarse para futuras referencias. El tiempo que transcurra entre las inspecciones deberá ampliarse si el funcionamiento es continuo y estable.

Para las listas de comprobación, consulte el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

6.4.1 Cojinetes

Las temperaturas y lubricación de los cojinetes deberá supervisarse estrechamente. Consulte el *Capítulo 5.7.3 Cojinetes*.

6.4.2 Vibraciones

Los niveles de vibración del sistema de la máquina accionada deberán supervisarse. Consulte el *Capítulo 7.4.3 Vibraciones*.

6.4.3 Temperaturas

Las temperaturas de los cojinetes, devanados de estator y aire de refrigeración se deben comprobar cuando la máquina esté en funcionamiento. Consulte el *Capítulo 5.7.5 Niveles de la temperatura*.

*****Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Aire a aire y aire a agua**

6.4.4 Intercambiador de calor

Compruebe que las conexiones están tensas y que no hay goteos en el sistema. Verifique que el fluido de refrigeración, donde corresponda, y que el aire están circulando sin obstrucción.

*****Capítulo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

6.4.5 Unidad del anillo deslizante

Siga el desgaste de las escobillas de carbón y sustitúyalas antes de que se alcance el límite de desgaste. Verifique que las escobillas no sueltan chispas.

Asegúrese de que las superficies del anillo deslizante son suaves. Si no fuera así, deberá suavizar los anillos deslizantes en un torno. Bajo condiciones ideales, una capa uniforme de pátina parda se formará en los anillos deslizantes durante las primeras horas de funcionamiento.

Compruebe la estanqueidad del alojamiento del anillo deslizante. No debe permitir que penetren agentes como el agua, la grasa, el aceite o el polvo en el alojamiento.

6.5 Seguimiento

El seguimiento del funcionamiento incluye el registro de los datos de funcionamiento como la carga, las temperaturas y las vibraciones. Estos datos son una base útil para el mantenimiento y el servicio.

6.6 Apagado

Cuando la máquina no está en funcionamiento, los calentadores anticondensación deberán encenderse donde corresponda. Esto se hace para evitar el efecto de condensación dentro de la máquina.

*****Párrafo siguiente para método de refrigeración: Aire a agua y camisa de refrigeración**

Para máquinas con refrigeración por agua, desconecte el suministro de agua refrigerante para evitar la condensación en el interior de la máquina.

NOTA: Puede haber tensión conectada a la caja de bornes de la resistencia calefactora.

Capítulo 7 Mantenimiento

7.1 Mantenimiento preventivo

Con frecuencia, una máquina eléctrica giratoria forma parte esencial de una instalación mayor, por lo que su mantenimiento y supervisión deben realizarse correctamente para garantizar un rendimiento óptimo de la máquina.

El propósito del mantenimiento es, por tanto:

- Asegurar que la máquina funcione con fiabilidad sin que se produzcan acciones o intervenciones imprevistas
- Estime y planifique acciones de servicio con el fin de minimizar el tiempo de inactividad.

La diferencia existente entre supervisión y mantenimiento es prácticamente mínima. La supervisión normal del funcionamiento y del mantenimiento incluye el registro de los datos de funcionamiento como la carga, la temperatura, las vibraciones, así como la verificación de la lubricación y la medición de las resistencias de aislamiento.

Tras la puesta en servicio o el mantenimiento, la supervisión debería ser intensiva. Compruebe periódicamente las temperaturas de los cojinetes y devanados así como la carga, la corriente, la refrigeración, la lubricación y la vibración.

Este capítulo muestra recomendaciones relativas al programa de mantenimiento así como instrucciones de trabajo sobre el modo de llevar a cabo tareas de mantenimiento habituales. Estas instrucciones y recomendaciones deberían leerse con cuidado y utilizarse como base cuando planifique el programa de mantenimiento. Observe que las recomendaciones de mantenimiento mostradas en este capítulo representan un nivel mínimo de mantenimiento. Intensificando las actividades de supervisión y mantenimiento, aumentarán la fiabilidad de la máquina y la disponibilidad a largo tiempo.

Los datos obtenidos durante la supervisión y el mantenimiento resultan útiles para estimar y planificar servicios adicionales. En caso de algunos de estos datos indiquen que hay algo fuera de lo común, las guías de solución de problemas en el *Capítulo 8 Resolución de problemas*, le ayudarán a localizar el motivo del problema.

ABB aconseja que consulte con expertos en la creación de los programas de mantenimiento, así como en el desarrollo del mantenimiento actual y posibles soluciones de problemas. El departamento de postventa de ABB estará complacido en ayudarle en estos asuntos. La información de contacto de posventa de ABB puede encontrarla en el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

Una parte esencial del mantenimiento preventivo consiste en tener disponible una selección de las piezas de recambio apropiadas. El mejor modo de tener acceso a las piezas de recambio críticas consiste en tenerlas en almacén. Puede obtener paquetes de piezas de recambio del departamento de posventa de ABB. Consulte el *Capítulo 9.1.2 Piezas de recambio*.

7.2 Precauciones de seguridad

Antes de hacer funcionar el sistema eléctrico de la máquina será preciso tomar una serie de medidas de seguridad y cumplir la normativa local para la prevención de posibles daños personales. Esto debería hacerse según las instrucciones de seguridad personal.

El personal que lleve a cabo el mantenimiento del equipo eléctrico y de las instalaciones debe estar altamente cualificado. El personal debe estar formado y familiarizado con los procedimientos de mantenimiento específicos así como con las pruebas necesarias para rotar las máquinas eléctricas.

*****Tres párrafos siguientes para tipo de protección: Todas las máquinas para áreas peligrosas**

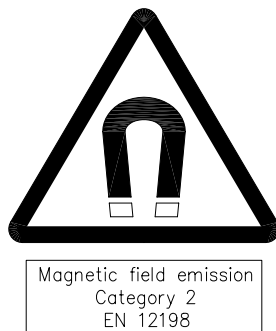
Las máquinas para áreas peligrosas están diseñadas especialmente para cumplir con las normas oficiales relativas a los riesgos de explosión. Si se utilizan incorrectamente, si están mal conectados o sufren alguna modificación, aunque ésta sea menor, pueden perder su fiabilidad.

Los estándares relacionados con la conexión y el uso de aparatos eléctricos en áreas peligrosas deben tenerse en cuenta, especialmente los estándares nacionales para la instalación (consulte las normas IEC 60079-14, IEC 6000-17 e IEC 6007-19). Sólo el personal formado y familiarizado con estos estándares debería manejar este tipo de aparato.

Desconecte y aisle antes de hacer cualquier comprobación en el motor o en el equipo accionado. Asegúrese de que no existe una atmósfera explosiva mientras el trabajo está en progreso.

Para obtener instrucciones generales de seguridad, consulte las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual.

*****Nota siguiente para tipo de rotor: Rotor magnético permanente**



NOTA: Esta máquina sincrónica con imanes permanentes genera tensión cuando el eje está girando. Evite la rotación del eje antes de abrir la caja de terminales. No abra ni toque los terminales desprotegidos mientras el eje de la máquina esté girando. Siga las *Instrucciones de seguridad* al principio del manual.

*****Nota siguiente para tipo de aplicación: Unidad de velocidad variable**

NOTA: Los terminales de una máquina con suministro de convertidor de frecuencia se pueden aumentar de potencia incluso cuando la máquina está parada.

7.3 Programa de mantenimiento

Este capítulo presenta un programa de mantenimiento recomendado para las máquinas ABB. Este programa de mantenimiento es de una naturaleza general y debería considerarse como un nivel mínimo de mantenimiento. El mantenimiento debería intensificarse cuando las condiciones locales son muy exigentes o se requiere una fiabilidad muy alta. También debería observarse que incluso cuando siga este programa de mantenimiento, será necesaria la supervisión normal y la observación de la máquina.

Observe que aunque se hayan personalizado los programas de mantenimiento para que coincidan con la máquina, pueden incluir referencias a accesorios no encontrados en todas las máquinas.

El programa de mantenimiento se basa en cuatro niveles de mantenimiento, que rotan según las horas de funcionamiento. La cantidad de trabajo y el tiempo de inactividad varían, por lo que el nivel 1 incluye principalmente inspecciones visuales rápidas y el nivel 4 incluye más mediciones y sustituciones difíciles. Puede hallar más información sobre los paquetes de piezas de recambio apropiados para estos mantenimientos en el *Capítulo 9.2 Piezas de recambio para máquinas eléctricas giratorias*. El intervalo de mantenimiento aconsejado puede encontrarse en la *Tabla 7-1 Intervalos de mantenimiento*. La recomendación de horas de funcionamiento en este capítulo se da como horas de funcionamiento equivalentes (Eq. h), que se pueden contar mediante la siguiente fórmula:

*****Párrafo siguiente para tipo de aplicación: Unidad de velocidad variable**

Horas de funcionamiento equivalentes (Eq. h) = Horas de funcionamiento real

*****Párrafo siguiente para tipo de aplicación: Unidad de velocidad constante**

Horas de funcionamiento equivalentes (Eq. h) = Horas de funcionamiento real + Número de arranques x 20.

Nivel 1 (L1)

El nivel 1 o L1 consta de inspecciones visuales y un mantenimiento ligero. El propósito de este mantenimiento consiste en realizar una comprobación rápida si los problemas comienzan a desarrollarse antes de que ocasionen fallos e interrupciones de mantenimiento no programadas. También ofrece sugerencias sobre los asuntos de mantenimiento que deben realizarse en el siguiente servicio.

El mantenimiento puede estimarse para que dure entre unas 4 y 8 horas, dependiendo del tipo de instalación de la máquina y de la profundidad de las inspecciones. Las herramientas para este mantenimiento incluyen herramientas de servicio normal, es decir, llaves dinamométricas y destornilladores. Las preparaciones consisten en abrir las cubiertas de inspección. Se recomienda contar al menos con el paquete de piezas de recambio operativas al iniciar este mantenimiento. Los paquetes se muestran en el *Capítulo 9.2.5 Piezas de recambio típicas recomendadas en diferentes conjuntos*.

El mantenimiento del primer nivel 1 debe realizarlo cada 4.000 horas equivalentes de funcionamiento o seis meses después de la puesta en servicio. Por consiguiente, el mantenimiento L1 debería realizarse anualmente entre los mantenimientos de nivel 2. Consulte la *Tabla 7-1 Intervalos de mantenimiento*.

Nivel 2 (L2)

El nivel 2 o L2 consiste principalmente en inspecciones y pruebas y pequeñas tareas de mantenimiento. El propósito de este mantenimiento consiste en averiguar si hay problemas en el funcionamiento de la máquina y en realizar pequeñas reparaciones para garantizar un funcionamiento ininterrumpido.

El mantenimiento puede estimarse para que dure entre unas 8 y 16 horas, dependiendo del tipo de instalación de la máquina y de la cantidad de servicio a realizar. Las herramientas para este mantenimiento incluyen las herramientas de servicio normal, el multímetro, la llave dinamométrica y el probador de resistencia de aislamiento. Las preparaciones consisten en abrir las cubiertas de inspección y los cojinetes si fuera necesario. Los recambios adecuados para este nivel de mantenimiento están incluidos en el paquete de piezas de recambio operativas. Los paquetes se muestran en el *Capítulo 9.2.5 Piezas de recambio típicas recomendadas en diferentes conjuntos*.

El mantenimiento del primer nivel 2 debe realizarlo cada 8.000 horas equivalentes de funcionamiento o un año después de la puesta en servicio. Por consiguiente, el mantenimiento L2 debería realizarse anualmente o cada 8.000 horas equivalentes de funcionamiento. Consulte la *Tabla 7-1 Intervalos de mantenimiento*.

Nivel 3 (L3)

El nivel 3 o L3 consiste en inspecciones amplias, pruebas y grandes tareas de mantenimiento que han surgido durante los mantenimientos L1 y L2. El propósito de este mantenimiento consiste en reparar problemas que surjan y sustituir piezas que han sufrido desgaste.

El mantenimiento puede estimarse para que dure entre unas 16 y 40 horas, dependiendo del tipo e instalación de la máquina y de la cantidad de reparaciones y sustituciones a realizar. Las herramientas para este mantenimiento incluyen las mismas herramientas que para L2 además de un endoscopio y un osciloscopio. Las preparaciones consisten en abrir las cubiertas de inspección, los cojinetes y el refrigerador de agua, si corresponde. Los recambios adecuados para este nivel de mantenimiento están incluidos en el paquete de piezas de recambio recomendadas. Los paquetes se muestran en el *Capítulo 9.2.5 Piezas de recambio típicas recomendadas en diferentes conjuntos*.

El mantenimiento de nivel 3 debería realizarse al cabo de unas 24.000 horas equivalentes de funcionamiento o en intervalos de tres a cinco años. Si se está realizando un mantenimiento L3, éste sustituye a los mantenimientos L1 o L2 que puedan estar planificados y la rotación no se ve afectada. Consulte la *Tabla 7-1 Intervalos de mantenimiento*.

Nivel 4 (L4)

El nivel 4 o mantenimiento L4 consta de amplias inspecciones y tareas de mantenimiento. El propósito de este mantenimiento consiste en restablecer el estado de funcionamiento fiable de la máquina.

El mantenimiento puede estimarse para que dure entre 40 y 80 horas más o menos, dependiendo del estado de la máquina y de las acciones de reacondicionamiento necesarias. Las herramientas para este mantenimiento incluyen las mismas herramientas que para L3 y, además, un extractor del rotor. Los preparativos suponen la apertura de las cubiertas de inspección, los cojinetes y el radiador de agua y, si corresponde, la retirada del rotor.

La cantidad de recambios necesarios para este nivel de mantenimiento debe determinarse antes del mantenimiento. Como mínimo se requieren los recambios recomendados. Los recambios incluidos en el paquete de recambios garantizarían una ejecución rápida y exitosa de este mantenimiento.

El nivel 4 de mantenimiento debería realizarse cada 80.000 horas equivalentes de funcionamiento. Si se está realizando un mantenimiento L4, éste sustituye a los mantenimientos L1, L2 o L3 que puedan estar planificados y la rotación no se ve afectada. Consulte la *Tabla 7-1 Intervalos de mantenimiento*.

7.3.1 Programa de mantenimiento aconsejado

Abreviaturas utilizadas en el programa de mantenimiento:

- V = Comprobación visual
- C = Limpieza
- D = Desmontaje y montaje
- R = Reacondicionamiento o sustitución
- T = Prueba y medición

No todas las opciones corresponden para todas las máquinas.

Tabla 7-1. Intervalos de mantenimiento

Objeto de mantenimiento	INTERVALO DE MANTENIMIENTO				Revisión / Prueba
	En un periodo de tiempo u horas de funcionamiento equivalentes, cualquiera que aparezca en primer lugar				
	L1	L2	L3	L4	
	4.000 Eq. h 12.000 Eq. h 20.000 Eq. h 28.000 Eq. h	8.000 Eq. h 16.000 Eq. h	24.000 Eq.h	80.000 Eq.h	
	Medio año	Anual	De 3 a 5 años	Puesta a punto	

7.3.1.1 Construcción general

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Funcionamiento de la máquina	V/T	V/T	V/T	V/T	Arranque, apagado, medida de vibración, punto de no carga
Montaje y cimentación	V	V/T	V/T	V / T / D	Fisuras, oxidación, alineación
Exterior	V	V	V	V	Oxidación, fuga, estado
Fijaciones	V	V/T	V/T	V/T	Ajuste de todas las fijaciones
Pernos de anclaje	V	V	V/T	V/T	Fijaciones, estado

7.3.1.2 Conexión de alto voltaje

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Cableado de alto voltaje	V	V/T	V/T	V / T / D	Desgaste, fijación
Conexiones de alto voltaje	V	V/T	V/T	V / T / D	Oxidación, fijaciones
Accesorios de la caja de bornes, es decir condensadores contra picos, supresores, transformadores de intensidad	V	V	V	V	Estado general
Tránsitos de cable	V	V	V	V	Estado de los cables que se introducen en la máquina y en el interior de la máquina

7.3.1.3 Estator y rotor

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Núcleo del estátor	V	V	V	V/C	Fijación, fisuras, soldaduras
Aislamiento de devanado estatórico	V	V/T	V / T / C	V / T / C	Desgaste, limpieza, resistencia de aislamiento, prueba de aislamiento de rotación, (prueba de alta tensión)
Obstrucciones en la bobina del estator	V	V	V	V	Averías de aislamiento
Soportes de la bobina del estator	V	V	V	V	Averías de aislamiento
Cuñas de la ranura del estator	V	V	V	V	Desplazamiento, ajuste
Barras del terminal del estator	V	V	V	V	Fijación, aislamiento
Instrumentación	V	V	V	V	Estado de los cables y enlace de cables
Aislamiento de devanado del rotor	V	V/T	V / T / C	V / T / C	Desgaste, limpieza, resistencia de aislamiento
Contrapesos del rotor	V	V	V	V	Movimiento
Centro del eje	V	V	V	V	Fisura, corrosión
Conexiones en el rotor	V	V	V/T	V/T	Fijación, estado general
Escobillas de toma de tierra	V	V	V	V	Funcionamiento y estado general

NOTA: No es aconsejable que máquinas cerradas totalmente se desmonten e inspeccionen internamente más a menudo de 3 a 5 años (L3).

7.3.1.4 Elementos auxiliares

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Elementos Pt-100 (estátor, aire de refrigeración, cojinete)	V	V / T	V / T	V / T	Resistencia
Resistencias anticondensación	V	V / T	V / T	V / T	Funcionamiento, resistencia de aislamiento
Codificadores	V	V	V / T	V / T	Funcionamiento, estado general, alineación
Cajas de bornes auxiliares	V	V / T	V / T	V / T	Estado general, bornes, estado del cableado

*****Tabla siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

7.3.1.5 Unidad del anillo deslizante

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Montaje	V	V/C	V/C	V/C	Montaje, aislamiento
Portaescobillas	v	V/T	V/T	V/T	Alineación
Escobillas	V	V/T	V/T	V/T	Arqueado, holgura
Cableado de anillo deslizante	V	V	V	V	Desgaste, arqueado
Anillos deslizantes	V/T	V/T	V/T	V/T	Desgaste, redondez, pátina
Engranaje de escobillas	V	V/T	V/T	V/T	Resistencia de aislamiento
Elementos de Pt-100	V	V/T	V/T	V/T	Resistencia
Calentadores anticondensación	V	V/T	V/T	V/T	Funcionamiento, resistencia de aislamiento
Codificadores	V	V	V / t	V/T	Funcionamiento, estado general, alineación
Cajas de bornes auxiliares	V	V/T	V/T	V/T	Estado general, bornes, estado del cableado

7.3.1.6 Sistema de lubricación y cojinetes

*****Tabla siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Cojinete durante el funcionamiento	T	T	T / R	T / R	Estado general, ruido extra, vibración
Grasa de residuo	V	V/C	V/C	V/C	Estado, purga
Reengrase	V	V / R	V / R	V / R	Conforme a la placa del cojinete
Retenes	V	V / D	V / D	V / D	Fuga
Aislamiento de cojinete	V/C	V/C	V/C/T	V/C/T	Limpieza de los cierres herméticos de los extremos, resistencia de aislamiento

*****Tabla siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Montaje del cojinete	V	V/T	V/T	V/T	Fijación, estado general
Carcasas del cojinete	V	V	V / T / D	V / T / D	Estado general, desgaste
Juntas y empaquetaduras	V	V	V / T / D	V / T / D	Fuga
Aislamiento de cojinete	V	V/T	V / T / D	V / T / D	Estado, resistencia de aislamiento
Tuberías de lubricación	V	V	V / T / D	V / T / D	Fuga, funcionamiento
Aceite de lubricación	V / R	V / R	V / R	V / R	Cantidad, calidad, flujo
Anillo de lubricación	V	V	V	V	Funcionamiento
Regulador de flujo de aceite	V	V/T	V/T	V / T / D	Funcionamiento
Tanque de aceite	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, fuga
Sistema autoelevable	V	V/T	V/T	V/T	Funcionamiento
Refrigerador/ calentador de aceites	T	T	T	T	Temperatura del aceite

7.3.1.7 Sistema de refrigeración*****Tabla siguiente para tipo de refrigeración: Aire abierto**

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Ventilador/es	V	V	V	V	Funcionamiento, estado
Filtros	V/C	V/C	V / C / R	V / C / R	Limpieza, funcionamiento
Conductos de ventilación	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, funcionamiento

*****Tabla siguiente para tipo de refrigeración: Aire a aire**

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Ventilador/es	V	V	V	V	Funcionamiento, estado
Tubos	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, funcionamiento
Conductos	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, funcionamiento
Aletas	V	V/C	V/C	V/C	Estado general
Amortiguadores de vibración	V	V	V	V	Estado y perfil

*****Tabla siguiente para tipo de refrigeración: Aire a agua**

Objeto de mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Revisión / Prueba
Intercambiador de calor	V	V	V	V	Fugas, funcionamiento, prueba de presión
Ventilador	V	V	V	V	Funcionamiento, estado
Tubos	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, corrosión
Conductos	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, funcionamiento
Cajas finales	V	V/C	V/C	V/C	Fugas, estado
Juntas y empaquetaduras	V	V/C	V/C	V/C	Fugas, estado
Aletas	V	V/C	V/C	V/C	Estado general
Amortiguadores de vibración	V	V	V	V	Estado y perfil
Ánodos de protección			V/C	V/C	Estado, actividad
Regulador de caudal de agua	V/T	V/T	V/T	V/T	Funcionamiento

7.4 Mantenimiento de construcciones generales

Para garantizar una larga vida para la construcción general de la máquina, el exterior de la máquina debe mantenerse limpio y debería inspeccionarse por si presentara oxidación, fugas u otros defectos. La suciedad en el exterior de la máquina expone el armazón a la corrosión y puede afectar a la refrigeración de la máquina.

7.4.1 El ajuste de las fijaciones

El ajuste de todas las fijaciones debería comprobarse con regularidad. Preste especial atención a la cementación, los pernos de anclaje y las piezas del rotor, que deben permanecer correctamente ajustadas en todo momento. Un ajuste defectuoso de estas piezas puede ocasionar que se produzca un serio daño en toda la máquina.

Los valores generales para los pares de torsión se indican en la *Tabla 7-2 Pares de torsión generales*.

Tabla 7-2. Pares de torsión generales

Tamaño	Par de torsión en Nm (pie por libra) Clase 8.8 de propiedad para pernos			
	Aceitado [Nm]	Aceitado [pie por libra]	Seco [Nm]	Seco [pie por libra]
M 4	2,7	2,0	3,0	2,2
M 5	5,0	3,7	5,5	4,1
M 6	9	6,6	9,5	7,0
M 8	22	12	24	18
M 10	44	32	46	34
M 12	75	55	80	59
M 14	120	88	130	96
M 16	180	130	200	150
M 20	360	270	390	290
M 24	610	450	660	490
M 27	900	660	980	720
M 30	1.200	890	1.300	960
M 36	2.100	1.500	2.300	1.700
M 39	2.800	2.100	3.000	2.200
M 42	3.400	2.500	3.600	2.700
M 48	5.200	3.800	5.600	4.100

NOTA: Los valores de la *Tabla 7-2 Pares de torsión generales* son generales y no se aplican a varios elementos, como diodos, aislantes de soporte, cojinetes, terminales de cables o ajustes de polos, terminales de barras colectoras, disipadores de sobrevoltajes y condensadores, transformadores de corriente, puentes de tiristores y rectificadores o si cualquier otro valor se proporciona en cualquier parte de este manual.

7.4.2 Vibración y ruido

Los niveles altos o en aumento de la vibración indican cambios en el estado de la máquina. Los niveles normales varían ampliamente en función de la aplicación, tipo y cimentación de la máquina. Las medidas de la vibración y los niveles se tratan en detalle en el *Capítulo 7.4.3 Vibraciones*. Algunos motivos típicos que pueden ocasionar niveles de ruido o vibración alta son:

- Alineación, consulte el *Capítulo 3 Instalación y alineación*
- Desgaste o daños en el cojinete
- Vibración desde la maquinaria conectada, consulte el *Capítulo 7.4.3 Vibraciones*
- Tornillos de anclaje o ajustes sueltos, consulte el *Capítulo 3 Instalación y alineación*
- Desequilibrio del rotor
- Acoplamiento.

7.4.3 Vibraciones

Estas instrucciones forman parte de las dos normas ISO siguientes: ISO 10816-3: 1998 Vibración mecánica: evaluación de la vibración en maquinaria por mediciones realizadas en partes no giratorias. Parte 3: Máquinas industriales con potencia nominal superior a 15 kW y velocidades nominales entre 120 rpm y 15.000 rpm medidas in situ y la norma ISO 8528-9:1995 Equipos de generación de corriente alterna accionados por motor alternativo de combustión interna: Parte 9: Medida y evaluación de vibraciones mecánicas.

7.4.3.1 Procedimientos de medida y condiciones de funcionamiento

Equipo de medición

El equipo de medición debe ser capaz de medir el valor eficaz de la vibración de banda ancha con una respuesta plana en un rango de frecuencias de 10 Hz, como mínimo, hasta 1.000 Hz, de acuerdo con los requisitos estipulados en la ISO 2954. En función de los criterios de vibración, puede que se requieran las mediciones de desplazamiento o velocidad, o combinaciones de éstas (consulte la ISO 10816-1). Sin embargo, para máquinas cuyas velocidades se aproximen o sean inferiores a las 600 rpm, el límite inferior del rango de frecuencia de respuesta plana no será superior a 2 Hz.

Emplazamientos de las mediciones

Las mediciones se realizan habitualmente en partes de la máquina que están al descubierto y a las que es fácil acceder. Es necesario prestar atención al asegurarse de que las mediciones representan de manera razonable la vibración de la carcasa del cojinete y no presentan resonancia ni amplificación locales. Los emplazamientos y las direcciones para realizar las mediciones de la vibración deben proporcionar la sensibilidad adecuada a las fuerzas dinámicas de la máquina. Normalmente, para realizar este proceso es necesario instalar dos emplazamientos de las mediciones radiales y ortogonales en cada sombrerete o pedestal del cojinete, tal y como se muestra en la *Figura 7-1 Puntos de medición*. Los transductores se pueden situar en cualquier posición angular en las carcasas o pedestales del cojinete. Las direcciones vertical y horizontal se suelen preferir para máquinas montadas en horizontal.

Para máquinas verticales o inclinadas, se utilizará el punto que proporcione la máxima lectura de vibración, que suele encontrarse en la dirección del eje elástico, será uno de los utilizados. En algunos casos, se recomienda que también se mida en la dirección axial. Los emplazamientos y direcciones específicos se registrarán junto con la medición.

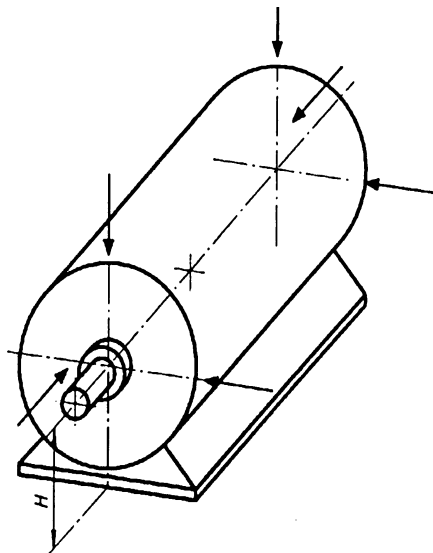


Figura 7-1 Puntos de medición

7.4.3.2 Clasificación en función de la flexibilidad del soporte

Para clasificar la flexibilidad del montaje del soporte se utilizan dos condiciones en las direcciones específicas:

- Soportes rígidos
- Soportes flexibles

Estas condiciones de soporte están determinadas por la relación existente entre las flexibilidades de la base y de la máquina. Si la frecuencia natural más baja combinada de la máquina y el sistema de soporte en la dirección de medida es superior a su frecuencia de excitación principal (que suele ser la frecuencia giratoria), al menos en el 25%, el sistema de soporte puede considerarse rígido en esa dirección concreta. El resto de sistemas de soporte se pueden considerar flexibles.

7.4.3.3 Evaluación

La ISO 10816-1 proporciona una descripción general de los dos criterios de evaluación usados para calcular la intensidad de la vibración en varias clases de máquinas. Un criterio considera la magnitud de la vibración de banda ancha observada; el segundo considera los cambios ocurridos en la magnitud, independientemente de si han aumentado o disminuido.

Zonas de evaluación

Las siguientes zonas de evaluación se definen para permitir una evaluación cualitativa de la vibración de máquina y para proporcionar las instrucciones sobre las posibles acciones.

Zona A: la vibración de las máquinas recién puestas en marcha suele considerarse dentro de esta zona.

Zona B: máquinas cuya vibración se considera aceptable para un funcionamiento prolongado no restringido.

Zona C: máquinas cuya vibración no se considera satisfactoria para un funcionamiento prolongado y continuo. Por norma general, la máquina debe funcionar durante un período limitado en esta situación hasta que presente una oportunidad apropiada para tomar una medida de rehabilitación.

Zona D: los valores de vibración se consideran con intensidad suficiente como para dañar la máquina.

Límites de funcionamiento

Para funcionamiento a largo plazo es una práctica común establecer límites de vibración del funcionamiento. Estos límites toman la forma de ALARMAS y SALTOS (DISPAROS).

Ajuste de las ALARMAS

Los valores de ALARMA pueden oscilar considerablemente arriba o abajo para máquinas distintas. Normalmente, los valores seleccionados se ajustan en función de un valor de base determinado a partir de la experiencia para la dirección o posición de medición para dicha máquina en particular.

Se recomienda que el valor de ALARMA sea mayor que la base en una proporción igual al 25% del límite superior de la zona B. Si la base es baja, la ALARMA puede encontrarse bajo la zona C.

Ajuste de los SALTOS (DISPAROS)

Los valores de DISPARO tienen que ver generalmente con la integridad mecánica de la máquina y dependen de funciones de diseño especiales introducidas para permitir que la máquina aguante fuerzas dinámicas anómalas. Por consiguiente, estos valores serán generalmente los mismos para todas aquellas máquinas de diseño similar, aunque no serán valores de base de régimen permanente usados para el ajuste de las ALARMAS.

Tabla 7-3. Clasificación de las zonas de intensidad de vibración para máquinas grandes con potencia de régimen superior a los 300 kW y no inferior a los 50 MW; máquinas eléctricas cuya altura del eje sea de H/315 mm o mayor.

Clase de soporte	Límite de zona	Velocidad R.m.s [mm/s]
Rígido	A/B B/C C/D	2,3 4,5 7,1
Flexible	A/B B/C C/D	3,5 7,1 11,0

7.5 Mantenimiento del sistema de lubricación y de los cojinetes

Este capítulo cubre las tareas de mantenimiento más importantes realizadas en los cojinetes y en el sistema de lubricación.

*****Capítulos siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico**

7.5.1 Cojinetes cilíndricos

En condiciones de funcionamiento normales, los cojinetes de manguito requieren un pequeño mantenimiento. Para garantizar un funcionamiento fiable, el nivel de aceite y la cantidad de fugas de aceite deberían verificarse con regularidad.

7.5.1.1 Nivel de aceite

El nivel de aceite de un cojinete cilíndrico autolubricado tiene que verificarse regularmente. Verifique a través del vidrio transparente de aceite que el nivel de aceite dentro del cojinete es el correcto. El nivel correcto de aceite se encuentra en medio del vidrio transparente, pero siempre que el nivel de aceite se encuentre dentro del vidrio transparente de aceite, el nivel será aceptable.

Si fuera necesario, rellene con lubricante apropiado. Consulte el *Capítulo 7.5.2.4 Calidades de los aceites*.

El nivel correcto de aceite de un cojinete cilíndrico lubricado por exceso es el mismo que para el cojinete autolubricado. En los cojinetes lubricados por exceso, el vidrio debería cambiarse por una brida de salida de aceite.

7.5.1.2 Temperatura del cojinete

Las temperaturas del cojinete se miden mediante detectores de temperatura de resistencia Pt-100. Puesto que una subida de temperatura por encima del límite de alarma puede estar ocasionada por pérdidas crecientes en el cojinete o por capacidad de refrigeración decreciente, normalmente indica un problema en alguna parte de la máquina o en el sistema de lubricación y por tanto debería supervisarse con mayor atención.

Los motivos de que se produzca temperatura del cojinete anómala varían, pero encontrará algunos motivos posibles en el *Capítulo 7.5.2 Lubricación de cojinetes cilíndricos* o el *Capítulo 8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes*. Si el aumento de temperatura viene seguido de un aumento en los niveles de vibración, el problema también puede estar relacionado con la alineación de la máquina (consulte el *Capítulo 3 Instalación y alineación*) o con posibles daños en carcasas del cojinete, en cuyo caso el cojinete tendrá que desmontarse y verificarse.

7.5.2 Lubricación de cojinetes cilíndricos

Las máquinas están equipadas con cojinetes cilíndricos con una vida de servicio muy larga siempre que la lubricación funcione de continuo y que el tipo y calidad del aceite utilizados sean los aconsejados por ABB y que se sigan las instrucciones de cambio de aceite.

7.5.2.1 Temperatura de lubricación del aceite

La temperatura correcta de lubricación del aceite es esencial para mantener el cojinete en su temperatura de funcionamiento correcto y para asegurar el efecto de lubricación suficiente así como la viscosidad correcta del aceite de lubricación. Para máquinas equipadas con suministro de aceite, el funcionamiento defectuoso del calentador o refrigerador de aceite así como el flujo incorrecto de aceite puede ocasionar problemas de temperatura del aceite. Para todos los cojinetes, la calidad y cantidad correcta de aceite deberá verificarse si aparecen problemas de temperatura. Para obtener información de contacto, consulte el *Capítulo 7.5.2.3 Valores de control recomendados para el aceite de lubricación* y el *Capítulo 7.5.2.4 Calidades de los aceites*.

NOTA: La temperatura ambiente mínima para el arranque (sin calentador de aceite) es de 0 °C (32 ° F).

7.5.2.2 Control del lubricante

Durante el primer año de funcionamiento, es aconsejable que tome muestras del aceite de lubricante al cabo de las primeras 1.000, 2.000 y 4.000 horas de funcionamiento. La muestra debería enviarse al proveedor de aceite para su análisis. En función de los resultados, es posible determinar un intervalo de cambio de aceite apropiado.

Después del primer cambio de aceite, el mismo deberá analizarse en mitad y al final del intervalo de cambio del aceite.

7.5.2.3 Valores de control recomendados para el aceite de lubricación

El aceite de lubricación debe verificarse en función de los siguientes aspectos:

- Compruebe el aceite visualmente respecto al color, turbidez y depósitos en una botella de prueba. El aceite debe estar limpio y apenas turbio. La turbidez puede no estar causada por el agua
- El contenido del agua no debe superar el 0,2%
- La viscosidad original debe conservarse dentro de una tolerancia del $\pm 15\%$
- El aceite debe estar libre de suciedad y limpiarse según ISO 4406 clase 18/15 o NAS 1638 clase 9

- La cantidad de impurezas en el metal debe ser inferior a 100 PPM. Una tendencia en aumento del valor indica que el cojinete se está desgastando
- El valor ácido total (VAT) no debe exceder de 1 mg. KOH por gramo de aceite. Observe que el valor VAT no es el mismo que el valor VBT (valor base total)
- Huela el aceite. El olor a quemado o a ácido fuerte no es aceptable.

Debe realizar una verificación del aceite varios días después de este primer funcionamiento de la máquina, justo antes del primer cambio de aceite y, por consiguiente, como se requiere. Si cambia el aceite justo después de la puesta en servicio, podrá utilizarlo de nuevo cuando retire partículas de desgaste mediante el filtrado o centrifugado.

En casos dudosos, una muestra de aceite puede enviarse al laboratorio para determinar la viscosidad, el número de ácido, la tendencia a formar espuma, etc.

7.5.2.4 Calidades de los aceites

Los cojinetes se han diseñado para una de las calidades de aceites enumeradas a continuación.

Los aceites enumerados a continuación incluyen los siguientes aditivos:

- Inhibidores de oxidación y herrumbre
- Agente antiespumante
- Aditivo antidesgaste.

NOTA: Verifique la calidad de aceite correcta en la placa del cojinete y en el dibujo de dimensiones.

	ISO VG 22 Viscosidad 22 cSt a 40 °C	ISO VG 32 Viscosidad 32 cSt a 40 °C	ISO VG 46 Viscosidad 46 cSt a 40 °C	ISO VG 68 Viscosidad 68 cSt a 40 °C	ISO VG 100 Viscosidad 100 cSt a 40 °C
Aceites inocuos para el medio ambiente:					
Aral	Vitam EHF 22	-	Vitam EHF 46	-	-
Mobil	-	EAL Hydraulic Oil 32	EAL Hydraulic Oil 46	-	-
Shell	-	Naturelle HF-E 32	Naturelle HF-E 46	Naturelle HF-E 68	-
Aceites minerales:					
Aral	Vitam GF 22	Vitam GF 32	Vitam GF 46	Vitam GF 68	Degol CL 100 T
BP	Energol CS 22	Energol CS 32	Energol CS 46	Energol CS 68	Energol CS 100
Castrol	Hyspin AWS 22	Hyspin AWS 32	Hyspin AWS 46	Hyspin AWS 68	Hyspin AWS 100
Chevron	Texaco Rando HDZ 22	Texaco Rando HDZ 32	Texaco Rando HDZ 46	Texaco Rando HDZ 68	Texaco Rando HDZ 100
Esso	Nuto H 22	Terrestic T 32	Terrestic T 46	Terrestic T 68	-
Klüber		LAMORA HLP 32	LAMORA HLP 46	LAMORA HLP 68	CRUCOLAN 100
Mobil	Velocite Oil No. 10	DTE Oil Light	DTE Oil Medium	DTE Oil Heavy Medium	DTE Oil Heavy
Shell	Tellus S 22	Tellus S 32	Tellus S 46	Tellus S 68	Tellus S 100
Total	Azolla ZS 22	Azolla ZS 32	Azolla ZS 46	Azolla ZS 68	Azolla ZS 100

7.5.2.5 Programa de cambio de aceite por aceites minerales

Para cojinetes autolubricados se aconsejan los intervalos de limpieza con cambios de aceite de aproximadamente cada 8.000 horas de funcionamiento y de 20.000 horas para cojinetes con sistemas de circulación de aceite.

Los intervalos de cambio de aceite cortos pueden ser necesarios en caso de arranques frecuentes, temperaturas de aceite elevadas o contaminación excesivamente alta debido a influencias externas.

El intervalo correcto de cambio de aceite se indica en la placa del cojinete y el diagrama de dimensiones. Consulte el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

7.5.3 Cojinetes de rodillos

7.5.3.1 Diseño de rodamientos

En condiciones de funcionamiento normales, los cojinetes de rodillos requieren un pequeño mantenimiento. Para garantizar el funcionamiento fiable, los cojinetes deben volver a engrasarse con regularidad con grasa para cojinetes de rodillos de calidad elevada.

7.5.3.2 Placa del cojinete

Todas las máquinas vienen con placas del cojinete adjuntas al amarrón de la máquina. Las placas del cojinete proporcionan información del mismo, como:

- Tipo de cojinete
- Lubricante usado
- Intervalo de engrase
- Cantidad de engrase

Para obtener más detalles sobre la placa del cojinete, consulte el *Capítulo 2.1.2 Placa de cojinete*.

NOTA: Es esencial que la información proporcionada en la placa del cojinete se tenga en cuenta cuando utilice y mantenga la máquina.

7.5.3.3 Intervalos de reengrase

Los cojinetes de rodillos de las máquinas eléctricas se deben reengrasar a intervalos regulares. El intervalo de reengrase se encuentra en la placa del cojinete.

NOTA: Independientemente del intervalo de reengrase, los cojinetes se deben reengrasar al menos una vez al año.

Los intervalos de reengrase se calculan para una temperatura de funcionamiento de 70°C (160°F). Si la temperatura de funcionamiento es inferior o mayor de la asumida, el intervalo de reengrase tendrá que alterarse en consecuencia. La temperatura de funcionamiento mayor disminuye el intervalo de reengrase.

NOTA: Un incremento en la temperatura ambiente eleva la temperatura de los cojinetes en consecuencia. Los valores para el intervalo de reengrase deben reducirse a la mitad por cada aumento de 15 °C (30 °F) de la temperatura del cojinete y pueden doblarse una vez por una disminución de 15 °C (30 °F) de la temperatura del cojinete.

Intervalos de reengrase para unidades convertoras de frecuencia

El funcionamiento de velocidad elevada, por ejemplo, en aplicaciones convertoras de frecuencia o de velocidad baja con carga pesada requerirá intervalos de lubricación más cortos o un lubricante especial. Consulte con el departamento de postventa de la fábrica de ABB en dichos casos.

NOTA: La velocidad máxima de construcción de la máquina no debe superarse. Debe comprobar si el funcionamiento a alta velocidad de los cojinetes es apropiado.

7.5.3.4 Reengrase

Todos los cojinetes de rodillos de máquinas eléctricas giratorias tienen que reengrasarse. Consulte el *Capítulo 7.5.3.3 Intervalos de reengrase*. El reengrase puede realizarse bien manualmente o mediante un sistema automático. En cualquier caso, tendrá que comprobar que una cantidad apropiada de la grasa correcta ha entrado en el cojinete a los intervalos precisos.

NOTA: La grasa puede ocasionar irritación de la piel e inflamación de los ojos. Siga todas las precauciones de seguridad especificadas por el fabricante de la grasa.

Reengrase manual de los cojinetes

Las máquinas preparadas para el reengrase manual están equipdas con boquillas para grasa. Con el fin de evitar que entre suciedad en los cojinetes, las boquillas para grasa, así como el área circundante deberá limpiarse a conciencia antes del reengrase.

Reengrase manual mientras la máquina está funcionando

Reengrase mientras la máquina está funcionando:

- Verifique que la grasa a utilizar es la apropiada
- Limpie las boquillas para grasa y la zona circundante
- Compruebe que el canal de lubricación esté abierto. Si cuenta con un asa, ábralo
- Introduzca la cantidad especificada y el tipo de grasa en el cojinete
- Deje que la máquina funcione durante 1 a 2 horas con el fin de garantizar que toda la grasa en exceso sale del cojinete. La temperatura del cojinete puede aumentar durante este tiempo
- Si cuenta con un asa, ciérrelo.

NOTA: Tenga en cuenta todas las piezas giratorias durante el reengrase.

Reengrase manual mientras la máquina está parada

Preferiblemente, reengrase la máquina mientras está funcionando. Si no es posible o lo considera peligroso, debe realizar el reengrase cuando la máquina esté parada. En este caso:

- Verifique que la grasa a utilizar es la apropiada
- Detenga la máquina
- Limpie las boquillas para grasa y la zona circundante
- Compruebe que el canal de lubricación esté abierto. Si cuenta con un asa, ábralo
- Introduzca sólo la mitad de la cantidad de grasa del tipo especificado en el cojinete
- Haga funcionar la máquina a velocidad máxima durante unos minutos
- Detenga la máquina
- Después de detener la máquina, introduzca la cantidad especificada de la grasa correcta en el cojinete
- Deje que la máquina funcione durante 1 a 2 horas con el fin de garantizar que toda la grasa en exceso sale del cojinete. La temperatura del cojinete puede aumentar durante este tiempo
- Si cuenta con un asa, ciérrelo.

Reengrase automático

El mercado ofrece una gran variedad de sistemas para la relubricación automática. Sin embargo, ABB aconseja que sólo utilice sistemas de relubricación electromecánicos. La calidad de la grasa que entra en el cojinete debe verificarse al menos una vez al año: la grasa debe tener aspecto y parecer nueva. Cualquier separación del aceite base del jabón no es aceptable.

NOTA: Si utiliza un sistema de reengrase automático, doble la cantidad de grasa indicada en la placa del cojinete.

7.5.3.5 Grasa para el cojinete

Es esencial utilizar grasa de buena calidad y con el jabón base correcto. Esto garantizará la vida larga y sin problemas de los cojinetes.

La grasa utilizada para el reengrase debería tener las siguientes propiedades:

- Ser grasa de cojinete de rodillo especial
- Ser de buena calidad con un jabón complejo de litio y con aceite mineral o PAO
- Que tenga una viscosidad de aceite base de 100 a 160 cSt a 40 °C (105 °F)
- Que tenga un grado de consistencia NLGI entre 1,5 y 3. Para máquinas montadas en condiciones verticales o en caliente, se aconseja NLGI grado 2 ó 3
- Que tenga un rango de temperatura continua entre -30 °C (-20 °F) y al menos +120 °C (250 °F).

Los principales fabricantes de lubricantes tienen grasas con las propiedades correctas a su disposición. Si la marca de grasa cambia y la compatibilidad no es segura, consulte con la fábrica de ABB. Consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

NOTA: Las diferentes marcas de grasa no deben mezclarse, a menos que se haya comprobado la compatibilidad.

NOTA: Se aconsejan aditivos de grasa. No obstante, debería obtener una garantía escrita del fabricante de lubricante que indique que los aditivos no dañan los cojinetes o las propiedades de la grasa en el campo de la temperatura de funcionamiento. Esto es especialmente importante para aditivos EP.

NOTA: Los lubricantes que contienen mezclas de EP no se aconsejan.

Grasa aconsejada para cojinetes de rodillos

ABB recomienda cualquiera de las siguientes grasas de alto rendimiento:

- Esso Unirex N2, N3 (base compleja de litio)
- Mobilith SHC 100 (base compleja de litio)
- Shell Albida EMS 2 (base compleja de litio)
- Klüber Klüberplex BEM 41-132
- Lubcon Turmogrease Li 802 EP
- Total Multiplex S 2 A
- FAG Arcanol TEMP 110

Los intervalos de reengrase para las grasas que cumplen con las propiedades requeridas distintas de las mencionadas anteriormente deberían hacerse a la mitad.

Grasa del cojinete de rodillos para temperaturas extremas

Si la temperatura de funcionamiento sobrepasa los 100 °C (210 °F), consulte con la fábrica de ABB para obtener grasas apropiadas.

7.5.3.6 Mantenimiento del cojinete

La vida de los cojinetes es normalmente más corta que la de la máquina eléctrica. Por consiguiente, los cojinetes tendrán que cambiarse periódicamente.

El mantenimiento de los cojinetes de rodillos necesita un cuidado especial, herramientas y arreglos de forma que se asegure una larga vida de los cojinetes recién encajados.

Durante el mantenimiento del cojinete, asegure que:

- No entra suciedad ni agentes extraños en los cojinetes en ningún momento durante el mantenimiento
- Los cojinetes se lavan, secan y preengrasan con la grasa de cojinetes de rodillos de alta calidad y apropiada antes del montaje
- El desmontaje y montaje de los cojinetes no daña a los mismos. Los cojinetes deben retirarse utilizando tiradores y encajarlos mediante calor o usando herramientas especiales para dicho fin.

Si necesita cambiar los cojinetes, póngase en contacto con el departamento de posventa de ABB. Consulte la información de contacto del servicio de posventa en el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

7.5.4 Comprobación del aislamiento del cojinete y la resistencia de aislamiento del cojinete

La comprobación de la resistencia de aislamiento del cojinete es una función de mantenimiento realizada principalmente en fábrica durante el montaje y las comprobaciones finales. También puede hacerse durante las regeneraciones completas de la máquina. Un buen aislamiento es necesario para eliminar la posibilidad de corrientes de cojinete circulantes, que puedan estar inducidas por voltajes del eje. El aislamiento del cojinete del extremo no impulsado corta el recorrido de la corriente del cojinete y elimina el riesgo de daños en el cojinete debido a corrientes del mismo.

Ninguno de los extremos del eje debe estar aislado del armazón, debido a que dejar el eje flotante eléctricamente podría dar lugar a un potencial eléctrico desconocido respecto del entorno y por tanto podría ser una posible fuente de daños. Sin embargo, para facilitar la prueba del aislamiento del cojinete del extremo no impulsado, el cojinete impulsado se suele aislar también. Este aislamiento se cortocircuita mediante un cable de toma de tierra durante el funcionamiento normal. Consulte la *Figura 7-2 Cable de toma de tierra del cojinete del extremo de impulsión*.

NOTA: No todas las máquinas están equipadas con cojinetes aislados.

NOTA: Las máquinas con cojinetes aislados poseen una pegatina que indica el cojinete aislado.

7.5.4.1 Procedimiento

Para máquinas con un cojinete de extremo impulsado aislado, el cable de tierra de cortocircuito debe retirarse antes de comenzar la prueba de resistencia de aislamiento del cojinete del extremo no impulsado. Si el cojinete del LA no está aislado y es necesario realizar una prueba de resistencia de aislamiento del cojinete del LOA, es necesario desmontar los casquillos del cojinete del LA o el casquillo del cojinete y elevar a continuación el eje. De esta forma, se garantiza que no existirá ningún contacto entre el eje y cualquier otra pieza, es decir el bastidor o el alojamiento del cojinete.

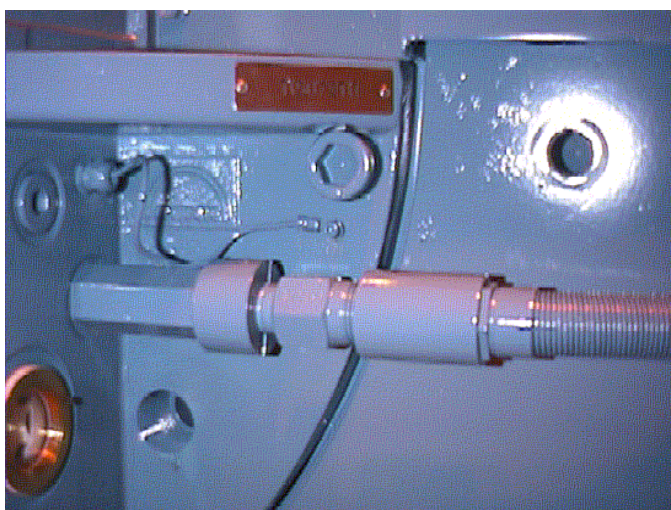


Figura 7-2 Cable de toma de tierra del cojinete del extremo de impulsión

Para todas las máquinas cualquier escobilla de toma de tierra del eje opcional, escobilla de fallo de toma de tierra del rotor y acoplamiento (si está fabricada con material conductor) deben eliminarse. Mida la resistencia de aislamiento desde el eje a la toma de tierra utilizando no más de 100 V CC. Consulte la *Figura 7-3 Medición de la resistencia de aislamiento de un cojinete cilíndrico* y la *Figura 7-4 Medición de la resistencia de aislamiento de un cojinete de rodillos*. Los puntos de medición sobre el aislamiento del cojinete aparecen señalados con un círculo en las figuras.

La resistencia de aislamiento es aceptable si el valor de la resistencia es mayor de 10 k Ω .



Figura 7-3 Medición de la resistencia de aislamiento de un cojinete cilíndrico



Figura 7-4 Medición de la resistencia de aislamiento de un cojinete de rodillos

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de rodillos**

7.5.4.2 Limpieza del aislamiento del cojinete

Los aislamientos de los cojinetes se instalan en los cierres herméticos de los extremos. Para evitar una reducción de la resistencia de aislamiento a causa de la acumulación de agentes extraños (sal, suciedad) en la superficie de aislamiento, es necesario comprobar periódicamente la limpieza del aislamiento de los cojinetes y de la superficie que los rodea en los cierres herméticos de los extremos, limpiándolos en caso necesario. Consulte la *Figura 7-5 Aislamiento de cojinetes y superficies de escudos* para conocer las zonas que deben comprobarse periódicamente y mantenerse limpias. Estas zonas aparecen marcadas con un círculo y el aislamiento del cojinete aparece señalado por una flecha en la figura.

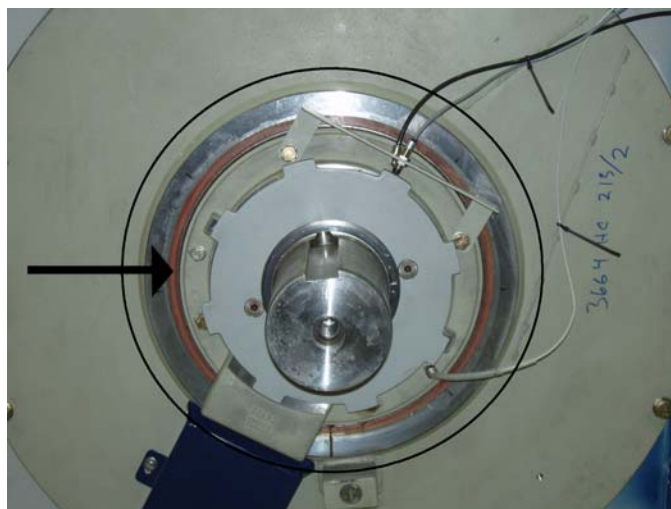


Figura 7-5 Aislamiento de cojinetes y superficies de escudos

7.6 Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator

Los devanados de las máquinas eléctricas giratorias están sujetos a tensiones térmicas, mecánicas y eléctricas. Los devanados y el aislamiento se envejecen y se deterioran gradualmente debido a estas tensiones. Por tanto, la vida de una máquina suele depender de la duración del aislamiento.

Muchos procesos que producen daños pueden evitarse o al menos ralentizarse con el mantenimiento apropiado y la prueba regular. Este capítulo ofrece una descripción general del modo en el que realizar pruebas y mantenimientos básicos.

En muchos países, el servicio de ABB ofrece paquetes de mantenimiento de servicio completos que incluyen pruebas amplias.

Antes de hacer realizar cualquier trabajo de Mantenimiento en los devanados eléctricos será preciso tomar una serie de medidas eléctricas de seguridad y cumplir la normativa local para la prevención de posibles accidentes. Consulte el *Capítulo 7.2 Precauciones de seguridad* para obtener más información.

Las instrucciones de mantenimiento y de prueba independientes también se pueden encontrar en los siguientes estándares internacionales:

1. IEEE Std. 43-2000, IEEE Práctica recomendada para la resistencia de aislamiento de prueba de las máquinas giratorias.
2. IEEE Std. 432-1992, IEEE Guía para mantenimiento de aislamiento para maquinaria eléctrica giratoria (desde 5 hp hasta menos de 10.000 hp).

7.6.1 Instrucciones de seguridad particulares para el mantenimiento del devanado

Algunos trabajos dañinos para el mantenimiento del devanado incluyen:

- Manejo de disolventes, barnices y resinas peligrosas. Las sustancias peligrosas son necesarias para la limpieza y el rebarnizado de los devanados. Estas sustancias pueden ser dañinas si se inhalan, ingieren o si tienen algún tipo de contacto con la piel u otros órganos. Busque atención médica apropiada en caso de accidente
- Trato con disolventes y barnices inflamables. El manejo y uso de estas sustancias siempre debería realizarlo personal autorizado así como deberían seguirse los procedimientos de seguridad apropiados
- Prueba a alto voltaje (HV). Las pruebas a alto voltaje sólo debe realizarlas personal autorizado así como deberían seguirse los procedimientos de seguridad apropiados.

Las sustancias peligrosas usadas en el mantenimiento del devanado son:

- Espíritu de petróleo: disolvente
- 1.1.1-tricloroetano: disolvente
- Acabado del barniz: disolvente y resina
- Resina adhesiva: resina epoxy.

NOTA: Hay instrucciones especiales para el manejo de sustancias peligrosas durante el trabajo de mantenimiento. Estas instrucciones deben seguirse.

Algunas medidas de seguridad generales durante el mantenimiento del devanado son las siguientes:

- Evite respirar humos: asegure la circulación de aire apropiada en el lugar de trabajo o utilice máscaras de respiración
- Vista material de seguridad como gafas, zapatos, casco y guantes así como ropa protectora apropiada para proteger la piel. Siempre debe utilizar cremas protectoras
- Rocíe el equipo con barniz, el armazón de la máquina y los devanados deberían conectarse a tierra durante dicho rociado
- Tome las precauciones necesarias cuando trabaje en fosos o andamios
- Solo el personal formado en trabajos de alta tensión podrá realizar pruebas de voltaje
- No fume, coma ni beba en el lugar de trabajo.

Para realizar un registro de prueba del mantenimiento del devanado, consulte el *Apéndice INFORME DE PUESTA EN SERVICIO*.

7.6.2 Las sincronización del mantenimiento

Hay tres principios fundamentales para la sincronización del mantenimiento del devanado:

- El mantenimiento de los devanados debería organizarse según el resto del mantenimiento de la máquina
- El mantenimiento debe realizarse sólo cuando sea necesario
- Las máquinas importantes deben tener su servicio más a menudo que las menos importantes. Esto también se aplica a devanados que se contaminan rápidamente y a unidades pesadas.

NOTA: Como regla fundamental, la prueba de resistencia de aislamiento debe realizarse una vez al año. Esto debería ser suficiente para la mayoría de las máquinas en la mayor parte de las condiciones de funcionamiento. Otras pruebas sólo deben realizarse si surgen problemas.

Un programa de mantenimiento para toda la máquina, incluyendo devanados, se muestra en el *Capítulo 7.3 Programa de mantenimiento*. Este programa de mantenimiento, sin embargo, debería adaptarse a las circunstancias particulares del cliente, es decir, el servicio de otras máquinas, las condiciones de funcionamiento así como los intervalos de servicio recomendados no se deben superar.

7.6.3 La temperatura de funcionamiento correcta

La temperatura correcta de los devanados se asegura manteniendo las superficies exteriores de la máquina limpias observando el funcionamiento correcto del sistema de refrigeración y supervisando la temperatura del agente refrigerante. Si el agente refrigerante es demasiado frío, puede que el agua se condense dentro de la máquina. Esto puede humedecer el devanado y deteriorar la resistencia de aislamiento.

*****Párrafo siguiente para tipo de refrigeración: Aire abierto**

Para máquinas refrigeradas por aire, es importante supervisar la limpieza de los filtros de aire. La limpieza y el intervalo de cambio de los filtros de aire debería planificarse según el entorno de trabajo local.

Las temperaturas de funcionamiento del estator deben supervisarse con detectores de temperatura de resistencia. Las diferencias de temperatura significativas entre los detectores pueden ser un signo de daño en los devanados. Asegúrese de que los cambios no están ocasionados por un problema con el canal de medición.

7.6.4 Prueba de la resistencia de aislamiento

Durante el trabajo de mantenimiento general y antes de arrancar la máquina por primera vez o tras un largo periodo de tiempo de parada, la resistencia de aislamiento de los devanados del estator y del rotor deben medirse.

La medición de la resistencia de aislamiento proporciona información sobre la humedad y la suciedad del aislamiento. En función de esta información, puede determinar acciones de secado y de limpieza correctas.

Para máquinas nuevas con devanados secos, la resistencia de aislamiento es muy elevada. La resistencia puede, no obstante, ser extremadamente baja si la máquina ha estado sometida a un transporte y un almacenamiento incorrecto así como a humedad, o si la máquina no se maneja correctamente.

NOTA: Los devanados deberían conectarse a tierra brevemente justo después de realizar la medición, con el fin de evitar riesgos de descargas eléctricas.

7.6.4.1 Conversión de valores de resistencia de aislamiento medidos

Con el fin de comparar los valores de resistencia de aislamiento medidos, los valores se establecen en 40 °C. El valor real medido se convierte por tanto a un valor de 40 °C correspondiente con la ayuda del siguiente diagrama. El uso de este diagrama debería estar limitado a las temperaturas apenas cercanas al valor estándar de 40 °C, ya que las grandes desviaciones del mismo podrían ocasionar errores.

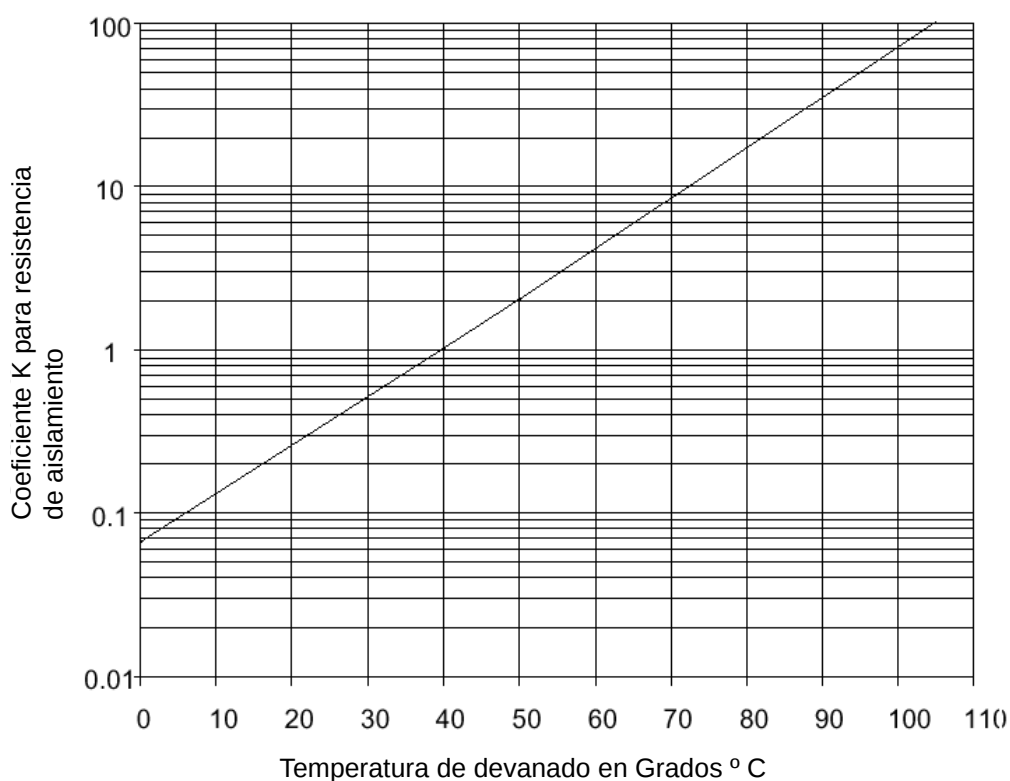


Figura 7-6 Correlación entre la resistencia de aislamiento y la temperatura

R = Valor de la resistencia de aislamiento a una temperatura específica

R40 = Resistencia de aislamiento equivalente a 40 °C

$$R_{40} = k \times R$$

Ejemplo:

$R = 30 \text{ M}\Omega$ medida a 20°C

$k = 0,25$

$R_{40} = 0,25 \times 30 \text{ M}\Omega = 7,5 \text{ M}\Omega$

Tabla 7-4. Valor de la temperatura en grados centígrados (°C) y en Fahrenheit (°F)

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
°F	32	50	68	86	104	122	140	158	176	194	212	230

7.6.4.2 Consideraciones generales

Debe observar la siguiente consideración antes de tomar ninguna acción en función de las pruebas de resistencia de aislamiento:

- Si el valor medido se considera demasiado bajo, el devanado deberá limpiarse o secarse. Si estas medidas no son suficientes, debe requerir ayuda de expertos
- Las máquinas, de las que se sospecha que puedan tener un problema de humedad, deben secarse con cuidado independientemente del valor de resistencia de aislamiento medido
- El valor de resistencia de aislamiento disminuirá cuando aumente la temperatura del devanado
- La resistencia se reduce a la mitad por cada 10 ... 15 K de aumento de temperatura.

NOTA: La resistencia de aislamiento indicada en el informe de prueba es normalmente bastante más elevada que los valores medidos in situ.

7.6.4.3 Valores mínimos para la resistencia de aislamiento

Criterios para devanados en un estado normal:

Generalmente, los valores de resistencia del aislamiento para los devanados en seco deberían superar los valores mínimos significativamente. Es imposible dar valores definitivos porque la resistencia varía en función del tipo de máquina y condiciones locales. Además, la resistencia de aislamiento se ve afectada por el envejecimiento y el uso de la máquina. Por tanto, los valores siguientes sólo se pueden considerar como directrices.

Los límites de resistencia del aislamiento, que se dan a continuación, son válidos a 40 °C y cuando se ha aplicado el voltaje de prueba durante un minuto o más.

- Rotor

Para máquinas de inducción con rotores bobinados: $R_{(1-10 \text{ min a } 40 \text{ °C})} > 5 \text{ M}\Omega$

NOTA: Polvo de carbón en anillos deslizantes y superficies de cobre desnudas disminuyen los valores de resistencia del aislamiento del rotor.

- Estator

Para nuevos estatores: $R_{(1-10 \text{ min a } 40 \text{ °C})} > 1.000 \text{ M}\Omega$. Si las condiciones de medición son extremadamente cálidas y húmedas, $R_{(1-10 \text{ min a } 40 \text{ °C})}$ y sus valores sobre 100 MΩ se pueden aceptar.

Para estatores usados: $R_{(1-10 \text{ min a } 40 \text{ °C})} > 100 \text{ M}\Omega$

NOTA: Si los valores dados aquí no se alcanzan, debería determinar el motivo para la resistencia de aislamiento bajo. Un valor bajo de resistencia de aislamiento se debe con frecuencia a un exceso de humedad o suciedad, aunque el aislamiento en sí esté intacto.

7.6.4.4 Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del estator

La resistencia del aislamiento se mide utilizando un medidor de resistencia de aislamiento. El voltaje de prueba es de 1.000 V CC. El tiempo de prueba es de 1 minuto, tras el cual se graba el valor de resistencia de aislamiento. Antes de realizar la prueba de resistencia de aislamiento, debe realizar las siguientes acciones:

- Compruebe que las conexiones secundarias de los transformadores de corriente (CT), incluyendo los núcleos de recambio no están abiertos Consulte la *Figura 7-7 Conexiones de los devanados del estator para mediciones de resistencia de aislamiento*
- Verifique que todos los cables de suministro están desconectados
- Verifique que el armazón de la máquina y el devanado del estator no en prueba están conectados a tierra
- La temperatura de devanado se mide
- Todos los detectores de temperatura de resistencia se conectan a tierra
- Posible toma de tierra de los transformadores de voltaje (no habituales) deben retirarse.

La medición de la resistencia de aislamiento debería llevarse a cabo en la caja de terminales. La prueba suele realizarse a todo el devanado como grupo, en cuyo caso el medidor se conecta entre el armazón de la máquina y el devanado. Consulte la *Figura 7-7 Conexiones de los devanados del estator para mediciones de resistencia de aislamiento*. El armazón se conecta a toma de tierra y las tres fases del devanado del estator permanecen conectadas al punto neutro. Consulte la *Figura 7-7 Conexiones de los devanados del estator para mediciones de resistencia de aislamiento*.

Si la resistencia de aislamiento medida de todo el devanado es inferior a la especificada y los devanados de fase se pueden desconectar fácilmente entre sí, cada fase también se podrá medir por separado. Esto no es posible para todas las máquinas. En esta medición, el verificador se conecta entre el armazón y de la máquina y uno en de los devanados. El armazón y las dos fases no medidas se conectan a tierra. Consulte la *Figura 7-7 Conexiones de los devanados del estator para mediciones de resistencia de aislamiento*.

Cuando las fases se miden por separado, todos los puntos iniciales del sistema de devanado deben eliminarse. Si el punto de estrella del componente no se puede eliminar, como en un transformador trifásico de voltaje, todo el componente debe retirarse.

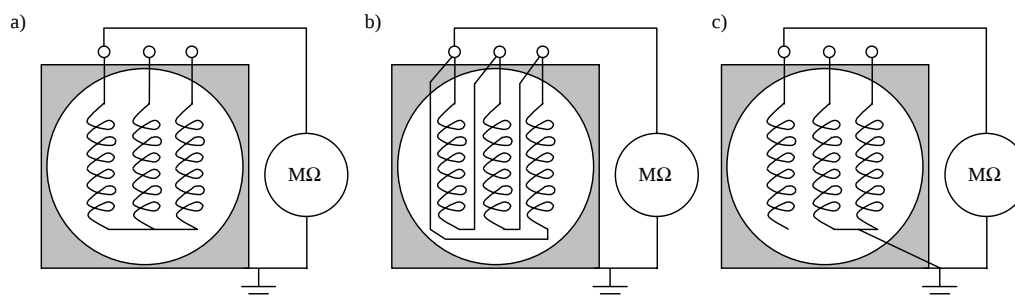


Figura 7-7 Conexiones de los devanados del estator para mediciones de resistencia de aislamiento

a) Medición de resistencia de aislamiento para devanado conectado en estrella.

a) Medición de resistencia de aislamiento para devanado conectado en delta.

c) Medición de resistencia de aislamiento para una fase del devanado. La 'MΩ' representa el medidor de resistencia de aislamiento.

Tras la medición de la resistencia de aislamiento, las fases de devanado deben conectarse a tierra brevemente para descargarlas.

***Capítulo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes

7.6.4.5 Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del rotor

La resistencia de aislamiento del devanado del rotor se mide con un medidor de resistencia de aislamiento. El voltaje de prueba de los devanados del rotor debe ser 1.000 V CC. Notas y mediciones requeridas:

- Verifique que todos los cables de alimentación están desconectados de la fuente de alimentación principal
- Verifique que los cables de conexión de la unidad del anillo deslizante están desconectados de su fuente de alimentación
- Verifique que el armazón de la máquina y el devanado del estator están conectados a tierra
- El eje está conectado a tierra
- Las fases de devanado del rotor no probadas están conectadas a tierra. El devanado del rotor puede conectarse internamente en una conexión en estrella o en delta. Si este es el caso, no será posible medir las fases individualmente
- Las conexiones de las escobillas se verifican para que estén en buen estado
- El dispositivo de medición se verifica
- Las temperaturas de devanado del estator se miden y se consideran como valor de referencia para la temperatura de devanado del rotor.

El medidor de resistencia de aislamiento se conecta entre todo el devanado del rotor y el eje de la máquina. Consulte la *Figura 7-8 Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del rotor*. Tras realizar mediciones en el devanado del rotor, las fases del devanado del mismo deben conectarse brevemente a tierra con el fin de descargar los devanados.

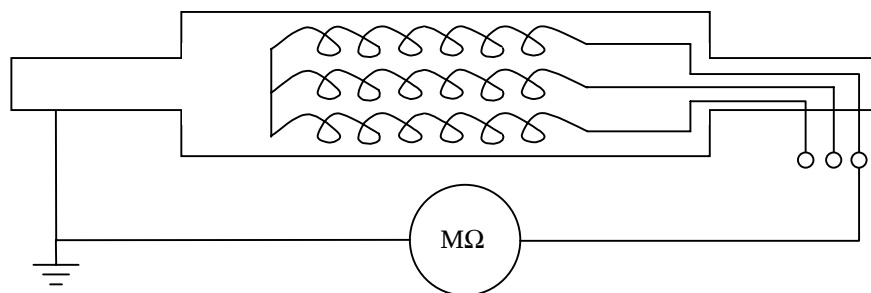


Figura 7-8 Medición de la resistencia de aislamiento del devanado del rotor

En la figura anterior el rotor está conectado en estrella.

7.6.5 Medición de resistencia de aislamiento para elementos auxiliares

Para garantizar el correcto funcionamiento de las protecciones de las máquinas y otros elementos auxiliares, su estado podría determinarse mediante una prueba de resistencia de aislamiento. El procedimiento se describe en detalle en el *Capítulo 7.6 Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator*. El voltaje de prueba para el calentador de espacio debería ser de 500 V CC y para los demás elementos auxiliares de 100 V CC. La medición de la resistencia de aislamiento para los detectores Pt-100 no es aconsejable.

7.6.6 El índice de polarización

Para realizar la prueba del índice de polarización, se mide la resistencia de aislamiento tras haber aplicado el voltaje durante 15 segundos y un 1 minuto (o 1 minuto y 10 minutos). La prueba del índice de polarización depende menos de temperatura que de la resistencia de aislamiento. Cuando la temperatura de devanado está por debajo de los 50 °C (122 °F), puede considerarse independiente de la temperatura. Las altas temperaturas pueden ocasionar cambios impredecibles en el índice de polarización, por tanto la prueba no debe utilizarse a temperaturas que superen los 50 °C (122 °F).

La suciedad y la acumulación del devanado normalmente reduce la resistencia de aislamiento y el índice de polarización así como su dependencia de la temperatura. Así, la línea en la *Figura 7-6 Correlación entre la resistencia de aislamiento y la temperatura* se hace menos pronunciada. Los devanados con distancias abiertas entre los contactos son muy sensibles a los efectos de la suciedad y la humedad.

Hay varias normas para determinar el valor mínimo aceptable con el que la máquina se puede arrancar con seguridad. Para el índice de polarización (PI), los valores suelen encuadrarse entre 1 y 4. Los valores cercanos a 1 indican que los devanados son húmedos y sucios.

El valor mínimo del PI para los devanados del estator de clase F es mayor de 2.

NOTA: Si la resistencia de aislamiento del devanado se encuentra en el rango de varios miles de MΩ, el índice de polarización no representa un criterio significativo en el estado del aislamiento y se puede dejar de lado y no considerarlo.

$$PI = \frac{R_{1\min}}{R_{15s}} \text{ or } \left(\frac{R_{10\min}}{R_{1\min}} \right)$$

7.6.7 Otras operaciones de mantenimiento

Normalmente, los devanados realizados por ABB no presentan problemas y además de la supervisión periódica, sólo requieren una limpieza y secado ocasional según se ha descrito anteriormente. Si se producen circunstancias extraordinarias y se requiere otro mantenimiento, es mejor solicitar ayuda profesional. La organización del departamento de posventa de ABB estará complacida de ayudarle en preguntas relacionadas con el mantenimiento del devanado mecánico. Para obtener información de contacto, consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

***Capítulos siguientes para tipo de rotor: Anillos deslizantes

7.7 Mantenimiento de los anillos deslizantes y del engranaje de escobillas

Una máquina con engranaje de escobillas funcionará correctamente sólo si los anillos deslizantes y las escobillas se inspeccionan y se someten a un mantenimiento regular.

7.7.1 Cuidado de los anillos deslizantes

Las superficies deslizantes de estos anillos deben mantenerse suaves y limpias. Los anillos deslizantes deben inspeccionarse y las superficies de aislamiento limpiarse. El desgaste de las escobillas produce polvo de carbón que crea puentes conductivos con facilidad entre las superficies de aislamiento. Las descargas eléctricas pueden tener lugar entre los anillos deslizantes y puede aparecer un centelleo, lo que llevará a la interrupción en el funcionamiento de la máquina. La superficie de contacto de los anillos deslizantes forma una pátina, o película, junto con las escobillas. La pátina puede verse como una superficie coloreada, es un comportamiento habitual y en muchos casos un beneficio para el funcionamiento de la escobilla, por lo que la pátina no debe considerarse como un fallo en el funcionamiento y debería limpiarse.

7.7.1.1 Periodo de parada

Cuando se produce un periodo de parada largo, las escobillas deben levantarse. Durante el transporte, almacenamiento, instalación o interrupciones largas, las superficies deslizantes de los anillos deslizantes deben mancharse o cubrirse con suciedad, etc. Antes de reiniciar la máquina, las superficies deslizantes deben inspeccionarse y limpiarse.

7.7.1.2 Desgaste

En caso de que los anillos deslizantes se hayan vuelto ásperos o irregulares, deberían conectarse a tierra o tratarlos en un torno. La asimetría de todo el diámetro del anillo debe ser inferior a 1 mm, pero por una poca distancia, un valor máximo de 0,2 mm está permitido. En caso de que los anillos deslizantes se gasten o estén quemados, debe montar unos nuevos.

Mida la excentricidad de los anillos deslizantes usando un calibrador indicador graduado. Deje que el punto de medición descansa en el anillo deslizante o en la superficie exterior de la

escobilla. Se registran los valores más altos y más bajos durante un giro del eje. La diferencia entre los valores máximo y mínimo no debe ser mayor de 1 mm y localmente no mayor de 0,2 mm. La diferencia de los diámetros exteriores de los dos anillos deslizantes no debe ser preferiblemente superior a 2 mm.

7.7.2 Cuidado del engranaje de escobillas

El engranaje de escobillas deben inspeccionarse y las superficies de aislamiento limpiarse.

El desgaste de las escobillas produce polvo de carbón que crea puentes conductivos con facilidad entre las superficies de aislamiento. El polvo de carbón se elimina mejor aspirando el engranaje de escobillas.

7.7.2.1 Presión de las escobillas

La presión de las escobillas debe distribuirse regularmente sobre toda la superficie de contacto, es decir, la escobilla debe adaptarse a la curvatura del anillo deslizante. La presión de las escobillas es uno de los factores más importantes del funcionamiento de las escobillas. La presión debe ser de 18-20 mN/mm² (180-200 g/cm²). Utilice una balanza de resorte para medir la presión de las escobillas. Fije una balanza de resorte a la punta de la palanca presionando las escobillas y tirando en dirección radial hasta que no haya presión en las escobillas. Coloque un pedazo de papel entre las escobillas y la palanca de presión para detectar si ya no hay más presión. Consulte la *Figura 7-9 Comprobación de la presión de las escobillas con balanza de resorte*.

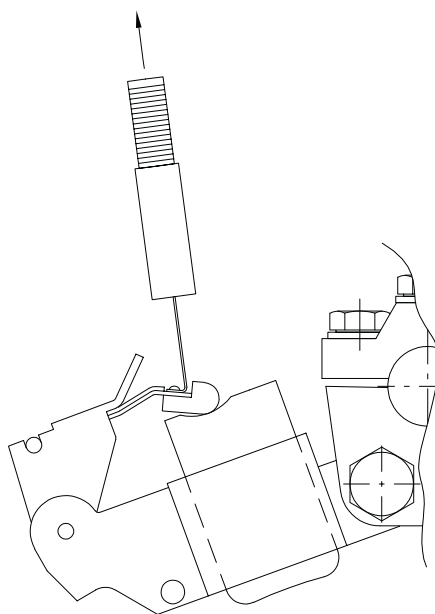


Figura 7-9 Comprobación de la presión de las escobillas con balanza de resorte

*****Capítulos siguientes para tipo de refrigeración: Aire abierto, aire a agua y aire a aire**

7.8 Mantenimiento de las unidades de refrigeración

Las unidades de refrigeración suelen requerir un pequeño mantenimiento aunque es aconsejable que compruebe su estado con regularidad con el fin de garantizar un funcionamiento sin problemas.

*****Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Aire abierto**

7.8.1 Instrucciones de mantenimiento para máquinas con refrigeración de aire abierto

El aire de refrigeración suele circular mediante un ventilador o un rotor. El ventilador puede estar montado en el eje o impulsado por un motor independiente. Una conexión a la presión de aire externa también se puede dar. En función de diseño de la máquina, la circulación puede ser axialmente simétrica o asimétrica. El aire de refrigeración debe ser lo más limpio posible, puesto que cualquier suciedad entraría en la máquina ocasionando contaminación y reduciendo la eficacia de la refrigeración.

Las cubiertas superiores de las máquinas protegidas contra el tiempo estándares se entrega con o sin filtros según especificaciones. Mediante un pedido especial, la cubierta superior está equipada con un interruptor de presión diferencial que permite supervisar el estado de los filtros.

SI el devanado o los detectores de temperatura del aire de refrigeración muestran una temperatura anómala, tendrá que realizar una comprobación del sistema de refrigeración. Los dos asuntos de mantenimiento consisten en comprobar el estado de los filtros de aire y en garantizar la buena circulación de aire dentro de la máquina. El interior de la máquina debe limpiarse y comprobarse durante los servicios y si surgieran problemas.

Otras causas posibles de un rendimiento pobre del sistema de refrigeración podría incluir temperatura ambiente elevada o temperatura de aire de entrada elevada. Además, el funcionamiento defectuoso del cojinete o de la lubricación podría conducir a una temperatura elevada del cojinete.

También puede producirse una temperatura alta aparentemente ocasionada por un problema en el sistema de medición de la temperatura. Consulte el *Capítulo 8.3.2 Detectores de temperatura por resistencia Pt-100*.

7.8.1.1 Limpieza de los filtros

Los filtros deben limpiarse con regularidad. El intervalo de limpieza depende de lo limpio que sea el aire del entorno circundante. Los filtros tienen que limpiarse cuando los detectores de temperatura del devanado muestren una temperatura anómala o se aproximen al nivel de alarma.

Si se está utilizando un sistema de presión diferencial de filtro, los filtros deben cambiarse justo después de que se produzca una alarma de presión. El nivel de alarma es tal que el 50% de la superficie del filtro de aire está obstruida. El personal encargado del manejo también debe inspeccionar manualmente los filtros con frecuencia.

Retire los filtros de aire para su limpieza. Si el aire circundante es bastante limpio, los filtros podrán cambiar durante este funcionamiento. Se deben limpiar con regularidad aspirando primero desde el lado de aguas arriba y luego desde el lado de descarga. Periódicamente, debe realizar un lavado con agua limpia para eliminar toda la suciedad que no ha salido tras el aspirado. Cuando encuentre grandes concentraciones de grasa, debe lavar los filtros con una solución detergente. Esta solución debe aclararse a conciencia antes de volver el filtro a su servicio. Tenga cuidado de instalar los filtros de aire en la dirección correcta, es decir, con las flechas del armazón del filtro de aire indicando la dirección del flujo de aire. Algunos filtros se pueden instalar en cualquier dirección. Consulte también la información proporcionada por el fabricante de los filtros de aire.

*****Capítulos siguientes para tipo de refrigeración: Aire a agua**

7.8.2 Instrucciones de mantenimiento para intercambiadores térmicos de aire a agua

Si los detectores de temperatura muestran la temperatura de funcionamiento normal y los detectores de fugas no detectan ninguna, no será necesaria normalmente ningún tipo de supervisión adicional para el sistema de refrigeración.

*****Capítulos siguientes para tipo de refrigeración: Aire a aire**

7.8.3 Instrucciones de mantenimiento para intercambiadores térmicos de aire a aire

La unidad de refrigeración se instala en la máquina. Los tubos de aire del intercambiador térmico suelen estar fabricados en aluminio.

7.8.3.1 Circulación de aire

El aire interior suele circular mediante un ventilador o un rotor. El ventilador puede estar montado en el eje o impulsado por un motor independiente. En función de diseño de la máquina, la circulación puede ser axialmente simétrica o asimétrica.

El flujo de aire exterior suele crearlo un ventilador montado en el eje o impulsado por un motor independiente. Una conexión a la presión de aire externa también se puede dar.

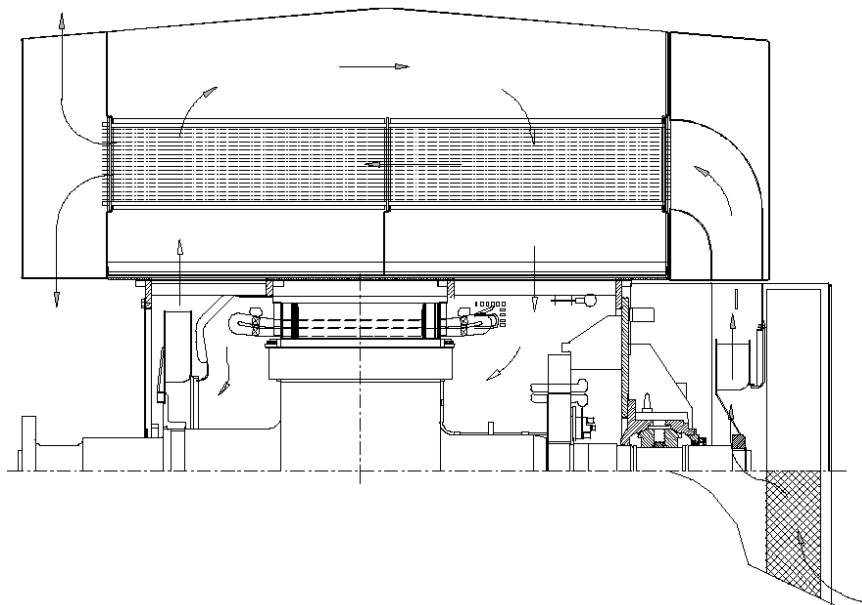


Figura 7-10 Flujo del aire de refrigeración (construcción asimétrica típica)

La máquina puede estar equipada con detectores de temperatura para la supervisión del aire de refrigeración interno. Si los detectores de temperatura muestran la temperatura normal, no será necesario un mantenimiento adicional a la inspección de la supervisión para el sistema de refrigeración.

Si los detectores de temperatura muestran una temperatura anómala o cercana al nivel de alarma en el devanado o en el aire de refrigeración, el sistema de refrigeración tendrá que verificarse. Si los refrigeradores tienen que limpiarse, consulte las instrucciones siguientes.

7.8.3.2 Limpieza

Al final se producirá algún tipo de fallo de la superficie de refrigeración y de la pared de la tubería. Este fallo reduce la capacidad de refrigeración. El intercambiador térmico debe limpiarse a intervalos regulares, para determinarse de caso en caso, en función de las propiedades del aire de refrigeración. Durante el periodo inicial de funcionamiento, el intercambiador térmico debe inspeccionarse con frecuencia.

Limpie el intercambiador térmico con aire comprimido o límpielo con un cepillo apropiado. No utilice un cepillo de acero en las tuberías de aluminio ya que las dañaría, utilice un cepillo de alambre de cobre suave y redondo en su lugar.

7.8.4 Mantenimiento de motores de ventiladores externos

Los motores de ventiladores externos son unidades que no necesitan mantenimiento, por ejemplo, los cojinetes de los motores de los ventiladores externos están engrasados de por vida. Se aconseja disponer de un motor de ventilador externo de recambio. El mantenimiento del motor del ventilador se realiza según el manual del motor.

7.9 Reparaciones, desmontaje y montaje

Todas las acciones relacionadas con reparaciones, desmontaje y montaje deben ser realizadas por personal de servicio técnico cualificado. Para obtener más información, póngase en contacto con el servicio de posventa. Consulte el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

*****Nota siguiente para tipo de protección: Todas las máquinas para áreas peligrosas**

NOTA: El servicio técnico de las máquinas de áreas peligrosas sólo debe ser realizado por talleres homologados y autorizados por ABB.

*****Nota siguiente para tipo de rotor: Imanes permanentes**

NOTA: Los trabajos de servicio técnico de las máquinas sincrónicas de imanes permanentes sólo deben ser realizados por talleres homologados y autorizados por ABB. Para obtener más información acerca de los motores de imanes permanentes, póngase en contacto con ABB.

Capítulo 8 Resolución de problemas

8.1 Resolución de problemas

Este capítulo se ha diseñado como ayuda en caso de fallos de funcionamiento con una máquina eléctrica giratoria suministrada por ABB. Las tablas de resolución de problemas que aparecen a continuación pueden ayudarle a encontrar y solucionar problemas mecánicos, eléctricos y térmicos, así como problemas asociados al sistema de lubricación. Las comprobaciones y acciones correctoras mencionadas deben ser realizadas siempre por personal cualificado. En caso de duda, debe ponerse en contacto con el servicio posventa de ABB para obtener más información o asistencia técnica sobre la resolución de problemas y el mantenimiento.

8.1.1 Rendimiento mecánico

Solución de problemas

Rendimiento mecánico

Disfunción experimentada			
Vibración	Ruido	Causa posible	Acción Correctiva
•	•	Disfunción de lubricación	Revisar la calidad y cantidad de lubricante y la función del sistema de lubricación
•	•	Disfunción del cojinete	Piezas del cojinete averiadas
•	•	Montaje de cojinete defectuoso	Revisar el estado del cojinete y sustituir las piezas del mismo
•	•	Disfunción a causa de ventilador(es) de refrigeración desequilibrados o ventilador(es) averiados	Revisar y reparar los ventilador/es de refrigeración
•	•	Disfunción en el sistema de refrigeración	Inspeccionar y reparar el sistema de refrigeración
•	•	Desalineación de la máquina	Revisar la alineación de la máquina
•	•	Desequilibrio del rotor o el eje	Volver a equilibrar el rotor
•	•	Vibración procedente de la maquinaria conectada	Revisar el equilibrio de la maquinaria conectada y el tipo de acoplamiento
•	•	Carga axial procedente de la maquinaria conectada	Revisar la alineación y función y tipo de acoplamiento
•	•	Acoplamiento incorrectamente ensamblado o defectuoso	Revisar la función de acoplamiento
•	•	Potencia de cimentación insuficiente	Reforzar la cimentación según las instrucciones de ABB
•	•	Fallo de devanado	Compruebe los devanados
•	•	Desequilibrio excesivo en la red	Revisar que el equilibrado de red cumpla los requisitos
•	•	Material extraño, humedad o suciedad en el interior de la máquina	Revisar y limpiar el interior de la máquina, secar los devanados

8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes

***Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete de bolas

8.1.2.1 Sistema de lubricación y cojinetes de rodillos

Solución de problemas

Sistema de lubricación y cojinetes de rodillos

suministro de lubricante y autolubricación

Disfunción experimentada					
Alta temperatura del cojinete	Fugas de lubricante	Ruido o vibración del cojinete	Causa posible		Acción correctiva
•		•	Lubricación insuficiente	Cantidad de grasa insuficiente	Revisar el estado del cojinete, añadir grasa
•	•	•	Viscosidad o calidad de la grasa inapropiada		Revisar las recomendaciones de ABB sobre la grasa, cambiar la grasa
•			Fuerzas axiales excesivas	Montaje o acoplamiento defectuoso	Revisar acoplamiento, montaje y alineamiento
•		•	Calidad de grasa reducida	Periodo de reengrase incorrecto	Revisar las recomendaciones de ABB,
•		•		Estado de funcionamiento defectuoso	Revisar las recomendaciones ABB sobre funcionamiento y grasa
•	•		Lubricación excesiva		Limpiar el cojinete y añadir una correcta cantidad de lubricante
•		•	Componentes del cojinete	Impurezas en la grasa	Cambiar la grasa, revisar el estado del cojinete
•		•		Corrientes de cojinete	Revisar el estado del cojinete y del aislamiento
•		•		Fallo del cojinete completo	Sustituir el cojinete
•		•		Deterioro normal	Sustituir las piezas del cojinete deterioradas
•			Instrumentación	Detector de temperatura defectuoso	Revisar el sistema de medida de temperatura
	•	•	Juntas herméticas de cojinete defectuosas		Revisar las juntas herméticas de cojinete y la calidad del lubricante
•			Cojinete incorrectamente ensamblado		Sustituir el cojinete y asegurar un ensamblaje correcto.
•		•	Anillo exterior girando debido al desequilibrio de la carga		Volver a equilibrar la máquina, reparar el
		•	Ruido del cojinete debido a la deformación de un elemento del rodillo		Sustituir el cojinete
		•	Materia extraña en el interior del cojinete		Limpiar el montaje de cojinete, revisar el estado de la junta hermética y sustituir el cojinete

***Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico

8.1.2.2 Sistema de lubricación y cojinetes cilíndricos

***Tabla siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con autolubricación

Solución de problemas

Sistema de lubricación y cojinetes cilíndricos autolubricación

Disfunción experimentada							
Alta temperatura de cojinete	Fugas de aceite	Aceite en el interior de la máquina	Ruido o vibración de cojinete	Calidad del aceite visiblemente mala	Causa posible		Acción correctiva
•			•	•	Lubricación insuficiente	Nivel de aceite bajo	Revisar las posibles fugas en el cojinete, añadir aceite
•	•	•		•	Calidad del aceite inapropiada		Revisar las recomendaciones de ABB sobre el aceite
•			•		Se reduce la calidad del aceite	Periodo de cambio de aceite incorrecto	Limpiar el cojinete y cambiar el aceite
•	•		•	•	Carga axial excesiva	Montaje o acoplamiento defectuoso	Revisar el acoplamiento, montaje y alineamiento
•	•		•		Desalineamiento de la máquina		Volver a alinear la máquina
•			•		Cojinete incorrectamente ensamblado		Verificar el ensamblaje y ajuste correcto del cojinete
•	•	•			Cantidad excesiva de aceite		Limpiar el cojinete y añadir una correcta cantidad de lubricante
•			•	•	Carcasas de cojinete averiadas	Impurezas en el aceite	Cambiar el aceite, revisar el estado del cojinete, sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Corrientes de cojinete	Restaurar el aislamiento del cojinete, sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Fallo completo del cojinete	Sustituir las piezas del cojinete
•			•			Deterioro normal	Sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Velocidad de funcionamiento demasiado lenta	Revisar el rango de la velocidad de funcionamiento del cojinete
•					Instrumentación defectuosa	Detector de temperatura defectuoso	Revisar el sistema de medida de temperatura del cojinete
	•				Juntas herméticas averiadas o desgastadas		Sustituir las juntas herméticas del cojinete
	•				Vacío externo	Equipamiento de rotación cercano	Revisar los niveles de presión, reubicar el equipamiento de rotación
	•	•			Sobrepresión interna	Fallo en la compensación de la presión	Eliminar la causa de la sobrepresión interna
		•			Junta hermética de la máquina averiada		Sustituir o reparar la junta hermética de la máquina
•					Mal funcionamiento del anillo de lubricación o de disco		Abrir el cojinete y ajustar el funcionamiento
			•	•	Materia extraña en el interior del cojinete		Limpiar el cojinete y revisar el estado de la junta

***Tabla siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro

Solución de problemas

Sistema de lubricación y cojinetes cilíndricos

lubricación en exceso

Disfunción experimentada					Causa posible	Acción correctiva	
Alta temperatura de cojinete	Fugas de aceite	Aceite en el interior de la máquina	Ruido o vibración de cojinete	Calidad del aceite visiblemente mala			
•			•	•	Lubricación insuficiente	Disfunción del flujo de aceite	Revisar la bomba de aceite, la válvula de reducción de aceite y filtro de aceite
•						Viscosidad del aceite demasiado alta	Revisar la temperatura del aceite y el tipo de aceite
•	•	•		•	Calidad del aceite inapropiada		Revisar las recomendaciones de ABB sobre el aceite
•					Temperatura de entrada de aceite demasiado alta		Revisar el sistema de lubricación y ajustar la temperatura del aceite
•			•		Se reduce la calidad del aceite	Periodo de cambio de aceite incorrecto	Limpiar el cojinete y cambiar el aceite
•	•		•	•	Carga axial excesiva	Montaje o acoplamiento defectuoso	Revisar acoplamiento, montaje y alineamiento
•	•		•		Desalineamiento de la máquina		Volver a alinear la máquina
•			•		Cojinete incorrectamente ensamblado		Verificar el ensamblaje y ajuste correcto del cojinete
•			•	•	Carcasas de cojinete	Impurezas en el aceite	Cambiar el aceite, revisar el estado del cojinete, sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Corrientes de cojinete	Restaurar el aislamiento del cojinete, sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Fallo completo del cojinete	Sustituir las piezas del cojinete
•			•			Deterioro normal	Sustituir las carcasas de cojinete
•			•			Velocidad de funcionamiento demasiado lenta	Revisar el rango de la velocidad de funcionamiento del cojinete
•					Instrumentación defectuosa	Detector de temperatura defectuoso	Revisar el sistema de medida de temperatura del cojinete
	•				Juntas herméticas de cojinete	averiadas o desgastadas	Sustituir las juntas herméticas del cojinete
	•				Flujo del aceite demasiado alta	Ajustes del regulador defectuosos	Revisar y corregir el flujo de aceite
	•				Problema en el flujo de retorno de aceite	Tubo de aceite defectuoso	Revisar la inclinación del tubo de retorno de aceite
	•				Vacío externo	Equipamiento de rotación cercano	Revisar los niveles de presión, reubicar el equipamiento de rotación
	•	•			Sobrepresión interna	Fallo en la compensación de la presión	Eliminar la causa de la sobrepresión interna
		•			Junta hermética de la máquina averiada		Sustituir o reparar la junta hermética de la máquina
	•				Disfunción en el tubo de lubricación mantenido o ensamblado		Revisar las conexiones de tubería y el ajuste del filtro de aceite
			•	•	Materia extraña en el interior del cojinete		Limpiar el cojinete y revisar el estado de la junta hermética

NOTA: En caso de fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos, consulte el *Capítulo 8.2 Fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos*.

8.1.3 Rendimiento térmico

***Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Aire abierto o aire por conducto

8.1.3.1 Rendimiento térmico, sistema de refrigeración por aire

Solución de problemas

Rendimiento térmico

Sistema de refrigeración al aire

Disfunción experimentada			
Temperatura excesiva en el devanado	Temperatura excesiva en el aire de refrigeración	Causa posible	Acción correctiva
•	•	Temperatura ambiente excesiva	Aumente la ventilación para reducir la temperatura ambiente
•	•	Reaspiración del aire expulsado	Garantizar un espacio libre suficiente alrededor de la máquina
•	•	Fuente de calor cercana	Alejar las fuentes de calor, comprobar la ventilación
•	•	Interior de la máquina sucio	Limpiar las piezas de la máquina y los entrehierros
•	•	Disposición errónea de la refrigeración	Inspeccionar el estado de la disposición de la refrigeración y su montaje correcto
•	•	Entradas de aire bloqueadas	Eliminar los posibles restos de las entradas de aire
•	•	Filtro de aire obturado	Limpiar o sustituir los filtros de aire
•	•	Ventiladores de refrigeración dañados	Sustituir los ventiladores
•	•	Giro del ventilador de refrigeración en el sentido incorrecto	Sustituya los ventiladores o invierta el sentido de giro del ventilador externo
•	•	Sobrecarga	Ajuste del sistema de control
•	•	Velocidad excesiva	Comprobar los controles de la máquina y eliminar la sobrecarga
•	•	Desequilibrio de red	Comprobar la velocidad real y las recomendaciones de velocidad de ABB
•	•	Instrumentación o sistema de medición defectuosos	Comprobar que el equilibrio de la red cumple los requisitos
•	•	Instrumentación o sistema de medición defectuosos	Comprobar las mediciones, los sensores y el cableado
•	•	Avería de devanado	Comprobar los devanados

NOTA: En caso de altas temperaturas en los cojinetes, consulte la *Tabla 8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes*.

***Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Aire-aire

8.1.3.2 Rendimiento térmico, sistema de refrigeración de aire-aire

Solución de problemas

Rendimiento térmico

Sistema de refrigeración aire-aire

Disfunción experimentada				
Temperatura excesiva en el devanado	Temperatura excesiva en el aire de refrigeración			
		Causa posible		Acción correctiva
●	●	Bajo rendimiento en el circuito primario de refrigeración	Ventiladores de refrigeración dañados	Sustituir los ventiladores
●	●		Giro del ventilador en el sentido incorrecto	Sustituir los ventiladores
●	●		Interior de la máquina sucio	Limpiar las piezas de la máquina y los entrehierros
●	●	Bajo rendimiento en el circuito secundario de refrigeración	Ventilador externo dañado	Sustituir el ventilador
●	●		Giro del ventilador en el sentido incorrecto	Cambiar el ventilador fijado al eje o corregir el funcionamiento del motor de los soplates exteriores
●	●		Fugas en el radiador	Reparar el radiador
●	●	Temperatura excesiva en el aire aspirado	Temperatura ambiente excesiva	Aumente la ventilación para reducir la temperatura ambiente
●	●		Reaspiración del aire expulsado	Garantizar un espacio libre suficiente alrededor del radiador
●	●		Fuente de calor cercana	Alejar las fuentes de calor, comprobar la ventilación
●		Sobrecarga	Ajuste del sistema de control	Comprobar los controles de la máquina y eliminar la sobrecarga
●	●	Velocidad excesiva		Comprobar la velocidad real y las recomendaciones de velocidad de ABB
●		Desequilibrio de red		Comprobar que el equilibrio de la red cumple los requisitos
●	●	Instrumentación o sistema de medición defectuosos		Comprobar las mediciones, los sensores y el cableado
●		Demasiados arranques		Esperar a que la máquina se enfríe antes de rearmar
●		Avería de devanado		Comprobar los devanados

NOTA: En caso de altas temperaturas en los cojinetes, consulte la *Tabla 8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes*.

***Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Aire-agua

8.1.3.3 Rendimiento térmico, sistema de refrigeración de aire-agua

Solución de problemas

Rendimiento térmico

Sistema de refrigeración agua-aire

Disfunción experimentada				
Temperatura excesiva en el devanado	Temperatura excesiva en el aire de refrigeración	Alarma de fuga de agua		
			Causa posible	Acción correctiva
•	•		Bajo rendimiento en el circuito primario de refrigeración	Ventilador de refrigeración dañado Sustituir el ventilador
•	•			Giro del ventilador en el sentido incorrecto Cambiar el ventilador fijado al eje o corregir el funcionamiento del motor de los soplates exteriores
•	•			Interior de la máquina sucio Limpiar las piezas de la máquina y los entrehierros
•	•		Bajo rendimiento en el circuito secundario de refrigeración	Tubos de refrigerante obturados Abrir el radiador y limpiar los tubos
•	•			Bomba de refrigerante defectuosa Comprobar y reparar la bomba
•	•			Ajuste incorrecto del regulador de caudal Comprobar y ajustar el caudal de refrigerante
•	•	•		Fugas en el cabezal del radiador Sustituir el cabezal del radiador
•	•			Aire dentro del radiador Purgar el radiador con el tomillo de purgado
•	•			Portilla de refrigeración de emergencia abierta Cierre y deje bien apretada la portilla de refrigeración de emergencia
•	•		Temperatura excesiva en la entrada de agua de refrigeración	Ajustar la temperatura del agua de refrigeración
•			Sobrecarga	Ajuste del sistema de control Comprobar los controles de la máquina y eliminar la sobrecarga
•			Desequilibrio de red	Comprobar que el equilibrio de la red cumple los requisitos
•	•	•	Instrumentación o sistema de medición defectuosos	Comprobar las mediciones, los sensores y el cableado
•			Demasiados arranques	Esperar a que la máquina se enfríe antes de rearmar
•			Avería de devanado	Comprobar los devanados

NOTA: En caso de altas temperaturas en los cojinetes, consulte la *Tabla 8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes*.

***Capítulo siguiente para tipo de refrigeración: Refrigeración por aletas

8.1.3.4 Rendimiento térmico, refrigeración por aletas

Solución de problemas

Rendimiento térmico

Refrigeración por aletas

Disfunción experimentada		
	Causa posible	Acción correctiva
•	Sobrecarga	Revisar los controles de la máquina, eliminar la sobrecarga
•	Ajuste del sistema de control	
•	Exceso de velocidad	Revisar la velocidad actual y las recomendaciones de ABB sobre la velocidad
•	Desequilibrio de red	Revisar que el equilibrado de red cumpla los requisitos
•	Sistema de instrumentación o de medida defectuoso	Revisar medidas, sensores y cableado
•	Exceso de arranques	Dejar enfriar la máquina antes de volver a arrancarla
•	Fallo de devanado	Revisar los devanados
•	Exterior de la máquina sucio	Limpiar el exterior de la máquina
•	Flujo de aire reducido	Eliminar las obstrucciones. Garantizar un flujo de aire suficiente. Consultar <i>Dibujo de dimensiones de la máquina</i> .

NOTA: En caso de alta temperatura en el cojinete, consulte el *Capítulo 8.1.2 Sistema de lubricación y cojinetes*.

*****Capítulos siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico****8.2 Fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos**

Debido a su diseño, es muy difícil evitar completamente las fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos, y por tanto deben tolerarse las fugas en pequeñas cantidades.

Sin embargo, las fugas de aceite también pueden aparecer debido a motivos distintos del diseño de los cojinetes, como una viscosidad incorrecta del aceite, sobrepresión dentro del cojinete, presión negativa en el exterior del cojinete o altos niveles de vibración en el cojinete.

Si observa una fuga excesiva, compruebe y verifique lo siguiente:

- Asegúrese de que el aceite utilizado cumpla las especificaciones
- Apriete de nuevo las mitades de la carcasa del cojinete y la cubierta del sello de laberinto. Esto resulta especialmente importante si la máquina ha permanecido parada durante un periodo prolongado
- Mida las vibraciones del cojinete que presenta fugas, midiendo en las tres direcciones con la carga máxima. Si el nivel de vibraciones es elevado, es posible que la carcasa del cojinete se haya "aflojado" lo suficiente como para que el aceite haya lavado el sellante aplicado entre las mitades de la carcasa
- Abra el cojinete, limpie las superficies y aplique sellante nuevo entre las mitades de la carcasa del cojinete
- Asegúrese de que no exista ninguna situación que pueda causar una presión negativa junto al cojinete. Por ejemplo, un eje o una carcasa de acoplamiento pueden haber sido diseñadas de una forma que provoca presiones negativas cerca del cojinete
- Asegúrese de que no exista una presión excesiva en el interior del cojinete. La presión excesiva puede estar entrando en el cojinete a través del tubo de salida de aceite de la unidad de aceite lubricante. Aplique purgadores o ventilaciones en la carcasa del cojinete con el fin de aliviar la presión excesiva del cojinete
- Si utiliza un sistema de lubricación de cojinetes por chorro, compruebe que la pendiente de los tubos de salida de aceite sea la suficiente.

Si detecta un volumen de fuga de aceite excesivo incluso a pesar de que haber comprobado y verificado los aspectos mencionados anteriormente y a continuación, rellene el formulario Fugas de aceite en los cojinetes cilíndricos RENK y envíelo al departamento de servicio posventa y asistencia al mercado.

8.2.1 Aceite

Para que los cojinetes funcionen de la forma esperada, el aceite debe cumplir determinados criterios, como la viscosidad y la limpieza. Consulte el *Capítulo 7.5.2.2 Control del lubricante* y el *Capítulo 7.5.2.3 Valores de control recomendados para el aceite de lubricación*.

Viscosidad

Los cojinetes se diseñan para funcionar con aceites de una viscosidad determinada, que se indica en la documentación proporcionada con la máquina eléctrica.

Una viscosidad incorrecta dará lugar a fallos de lubricación y puede causar daños en los cojinetes, así como en el eje.

8.2.2 Cojinetes cilíndricos

Los cojinetes cilíndricos utilizados en las máquinas eléctricas giratorias con frecuencia 'cojinetes estándar' que pueden usarse en varias aplicaciones diferentes. Por tanto, el diseño del cojinete en sí no suele ser la causa de las fugas y el motivo de la fuga debe buscarse en otros puntos.

Sin embargo, el cojinete se monta a partir de varias piezas y las uniones entre ellas pueden presentar fugas debido a un montaje incorrecto o la falta de un compuesto sellante.

Carcasa del cojinete

La carcasa del cojinete se compone de una mitad superior y una inferior, unidas la una a la otra. Además, se montan sellos de laberinto en la parte de la carcasa del cojinete en la que se introduce el eje. Esta construcción no es completamente hermética y por tanto deben tolerarse las fugas muy reducidas.

Una cantidad de fuga tolerable en los cojinetes autolubricados es aquella cuya existencia no hace necesario rellenar el cojinete entre los intervalos de cambio de aceite.

El aceite puede fugarse del cojinete de dos formas:

- A través de los sellos de laberinto
- A través de la línea de división de la carcasa del cojinete.

Sellante

Para impedir las fugas de aceite del cojinete a través de las líneas de división, se aplica sellante en las líneas de división. ABB recomienda el compuesto sellante Hylomar Blue Heavy. También puede usarse Curil T u otros compuestos similares.

8.2.3 Verificación de los cojinetes

En el caso de que se sospeche que la fuga de aceite proviene de la propia carcasa del cojinete, puede tomar las medidas siguientes:

1. Vuelva a apretar la carcasa del cojinete.

Esto resulta especialmente importante durante la puesta en servicio de la máquina o si ésta ha permanecido parada durante un periodo prolongado, dado que las piezas pueden haberse movido.

Si las mitades de la carcasa del cojinete no están bien apretadas entre sí, el aceite podría lavar el sellante de la línea de división. A su vez, esto causará fugas de aceite.

2. Abra la carcasa del cojinete

Es posible abrir la carcasa del cojinete y aplicar sellante nuevo en las líneas de división. Es necesario tener cuidado para que no penetre suciedad ni materia extraña en el cojinete durante este procedimiento. Las líneas de división deben ser desengrasadas completamente antes de aplicar una fina capa de sellante.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro****8.2.4 Depósito de aceite y tubos**

El depósito de aceite separado y los tubos sólo se utilizan en el caso de los cojinetes lubricados por chorro.

Depósito de aceite

El depósito de aceite puede ser un depósito independiente o, en algunos casos, el cárter de un motor diésel. En ambos casos, el depósito debe estar situado claramente por debajo de los cojinetes, con el fin de que el aceite fluya hacia el depósito desde el cojinete.

El contenedor de aceite debe diseñarse de forma que no pueda existir ninguna presión desde el depósito hacia el tubo de retorno de aceite que proviene del cojinete.

Tubos de aceite

La función de los tubos de retorno de aceite es permitir el retorno del aceite al depósito de aceite con el mínimo de fricción posible. Normalmente, esto se consigue eligiendo un diámetro de tubo con un diámetro lo suficientemente grande como para que el flujo de aceite de la línea de retorno no supere los 0,15 m/s (6 pulg./s) basándose en la sección transversal del tubo.

Instale los tubos de salida de aceite en sentido descendente desde los cojinetes, con un ángulo mínimo de 15°, lo que corresponde a una pendiente de 250 a 300 mm/m (3 a 3½ pulg./pie).

El montaje de los tubos debe realizarse de forma que la pendiente indicada anteriormente exista en todos los puntos de los tubos.

*****Capítulo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro****8.2.5 Verificación del depósito de aceite y de los tubos**

En el caso de que se sospeche que la fuga de aceite proviene del diseño del depósito de aceite o de los tubos de aceite, puede tomar las medidas siguientes:

Presión del depósito de aceite

Debe verificar la presión atmosférica del interior del contenedor de aceite. La presión no puede ser superior a la presión en el exterior del cojinete. Si es el caso, debe instalar un purgador en el depósito de aceite.

Tubos de aceite

Debe verificarse que los tubos tengan un diámetro suficiente, que no estén obstruidos y que la pendiente tenga sentido descendente y sea suficiente en todos los tubos de retorno de aceite.

8.2.6 Utilización

Aparte de las causas relacionadas con la instalación, algunas causas de las fugas en los cojinetes están relacionadas con el uso.

*****Párrafos siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro**

Presión de aceite

La presión de entrada de aceite de cada cojinete se calcula de acuerdo con el caudal de aceite deseado y por tanto la presión del aceite debe ajustarse de la forma correspondiente durante la puesta en servicio.

El valor de presión de aceite específico de cada máquina debe verificarse en la documentación suministrada con la misma.

*****Párrafo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con autolubricación**

Nivel de aceite

El nivel de aceite de un cojinete cilíndrico autolubricado debe comprobarse regularmente. Consulte el *Capítulo 7.5.1.1 Nivel de aceite*.

Temperatura del aceite

La temperatura correcta del aceite lubricante resulta esencial para mantener el cojinete funcionando a la temperatura de funcionamiento correcta y para mantener un efecto de lubricación suficiente y una viscosidad correcta en el aceite lubricante. Consulte el *Capítulo 7.5.2.1 Temperatura de lubricación del aceite*.

Vibraciones

Todas las máquinas están sometidas a vibraciones y se diseñan para resistirlas. Las vibraciones elevadas pueden hacer que las distintas partes del cojinete funcionen de una forma distinta de la esperada.

Las vibraciones intensas pueden provocar distintos fenómenos en la película de aceite creada entre el eje y el metal antifricción. Sin embargo, sólo en ocasiones relativamente raras dan lugar a fugas aunque sí causan averías en los cojinetes.

Las vibraciones intensas pueden hacer que las partes de la carcasa del cojinete se desplacen y que se aflojen lo suficiente como para permitir que penetre aceite en la superficie de división entre las mitades superior e inferior del cojinete. Las vibraciones pueden hacer que las partes de la carcasa del cojinete se desplacen entre sí. Esto puede dar lugar a un efecto de 'bombeo' de forma que se bombee aceite hacia el interior y hacia el exterior a través de la superficie de división. Con el tiempo, esto hará que se elimine el sellante y que los cojinetes presenten fugas.

Presión de aire en el interior del cojinete

La carcasa del cojinete no es un compartimento hermético y por tanto la presión excesiva en su interior escapará del cojinete a través de los sellos de laberinto. Al escapar, el aire puede transportar neblina de aceite, dando lugar a fugas en el cojinete.

La presión excesiva en el cojinete suele estar causada por componentes distintos del propio cojinete. El motivo más común para la presión excesiva en el interior del cojinete es la existencia de una presión excesiva en los tubos de retorno de aceite.

Presión de aire en el exterior del cojinete

De un modo parecido a la presión excesiva en el interior del cojinete, la existencia de presión negativa en el exterior del cojinete 'aspirará' aire del interior del cojinete y arrastrará aceite, haciendo que el cojinete presente una fuga.

La presión negativa dentro del cojinete no suele estar causada por el propio cojinete, sino por piezas ajenas a él.

La presión negativa junto a la carcasa del cojinete aparece cuando las piezas giratorias desplazan el aire que las rodea, formando con ello una presión negativa junto al punto en que el eje sale del cojinete.

8.2.7 Verificación de uso

Aceite

Debe verificarse la calidad del aceite.

*****Párrafos siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro**

La presión de entrada del aceite debe verificarse y ajustarse según corresponda.

El valor normal de la presión del aceite es de $125 \text{ kPa} \pm 25 \text{ kPa}$ ($1,25 \text{ bares} \pm 0,25 \text{ bar}$), pero debe verificarse el valor de presión de aceite específico de cada máquina en la documentación suministrada con la misma.

*****Párrafos siguientes para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con autolubricación**

Se debe verificar el nivel de aceite del cojinete.

Se debe verificar la temperatura del aceite. Una temperatura excesiva hará que la viscosidad del aceite se reduzca, lo que hace que sea más fácil que escape del cojinete.

NOTA: Los cojinetes que sólo cuentan con un detector de temperatura Pt-100 suelen medir la temperatura del cojinete, pero no la del aceite. La temperatura del aceite es aproximadamente $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($20 \text{ }^{\circ}\text{F}$) inferior a la temperatura del cojinete.

*****Párrafo siguiente para tipo de cojinete: Cojinete cilíndrico con lubricación por chorro**

La temperatura normal del aceite en la entrada se encuentra en el rango de $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $75 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (de $150 \text{ }^{\circ}\text{F}$ a $170 \text{ }^{\circ}\text{F}$), pero se debe verificar en la documentación suministrada junto con la máquina.

Vibraciones

Las lecturas de vibración de las carcasas de los cojinetes deben tomarse en tres direcciones: axial, transversal (horizontal) y vertical. Consulte el *Capítulo 7.4.3 Vibraciones*.

Presión de aire en el interior del cojinete

Se deben verificar las presiones de aire en el interior y el exterior de los cojinetes.

Como se indicaba anteriormente, la presión excesiva suele deberse a la existencia de presiones excesivas en el depósito de aceite. A continuación, la presión excesiva del depósito de aceite se transmite al cojinete a través de los tubos de retorno de aceite.

La mejor forma de medir la presión en el interior de un cojinete es hacerlo en la entrada de relleno de aceite o en la mirilla de inspección de la parte superior del cojinete.

En caso de detectarse una presión excesiva en el interior del cojinete, se deben tomar las medidas siguientes y en el orden indicado:

- Si es posible, monte un purgador en el depósito de aceite. Esta medida no es válida en el caso del cárter de un motor diésel
- Asegúrese de que el tubo de retorno de aceite penetre en el depósito de aceite por debajo del nivel del aceite. Esto resulta esencial en el caso del cárter de un motor diésel
- Cree un 'sifón' con forma de U en el tubo de retorno de aceite
- Instale un purgador en la parte superior de la carcasa del cojinete.

Presión de aire en el exterior del cojinete

Se debe verificar la presión de aire junto al punto en que el eje sale del cojinete. Esto resulta especialmente importante si el cojinete está unido a la máquina mediante una brida o si el eje está montado dentro de una cubierta u otra construcción que podría dar lugar a un 'ventilador centrífugo' de forma conjunta con el eje.

Los cojinetes unidos mediante brida cuentan con dos canales entre la carcasa del cojinete y la brida, lo que normalmente basta para compensar cualquier presión negativa existente en el punto en el que el eje sale de la carcasa del cojinete. Sin embargo, si por algún motivo existe una presión negativa muy elevada cerca de esta zona, los dos canales pueden no bastar y se aspira cierta cantidad de aire adicional desde el interior del cojinete. Esto es especialmente probable en el caso de los cojinetes cilíndricos dotados de segmentos de empuje axial, dado que el flujo de aceite en estos cojinetes es mayor que en los cojinetes axiales puros.

Si se observa o sospecha una presión negativa elevada, es necesario medir la presión del aire cerca del punto en el que el eje sale de la carcasa del cojinete.

Con el fin de verificar que la presión negativa en el exterior del cojinete es capaz de causar la fuga, es necesario medir también la presión en el exterior del cojinete (p_0) y en el interior del cojinete (p_2), y la presión en la zona situada entre el escudo y el sello de la máquina (p_1). Durante la medición (p_1), el tubo debe estar insertado con la máxima profundidad posible y los canales deben ser cerrados temporalmente. Consulte la *Figura 8-1 Verificación de la presión de aire dentro y fuera de un cojinete cilíndrico*.

Para poder analizar la situación, las mediciones de los puntos p_1 y p_2 deben ser comparadas con la del punto p_0 , que debe ser medida sin que existan alteraciones o turbulencias cerca de la máquina. Pueden darse las situaciones siguientes:

- $p_0 = p_1 = p_2$. Si todas las lecturas de presión son iguales, la fuga no se debe a diferencias de presión. Sin embargo, recuerde lo que se indicaba anteriormente acerca de los motores diésel
- $p_2 > p_1 (= p_0)$. Si la presión en el interior del cojinete es mayor que la presión exterior, sólo hay una situación con presión excesiva dentro del cojinete
- $p_2 (= p_0) > p_1$. Si la presión en el exterior del cojinete es menor que la presión en otros puntos, existe una presión negativa cerca del cojinete
- $p_2 > p_0 > p_1$. Si todas las lecturas de presión son diferentes, puede existir una situación en la que exista tanto una presión excesiva dentro del cojinete como una presión negativa en el exterior del cojinete.

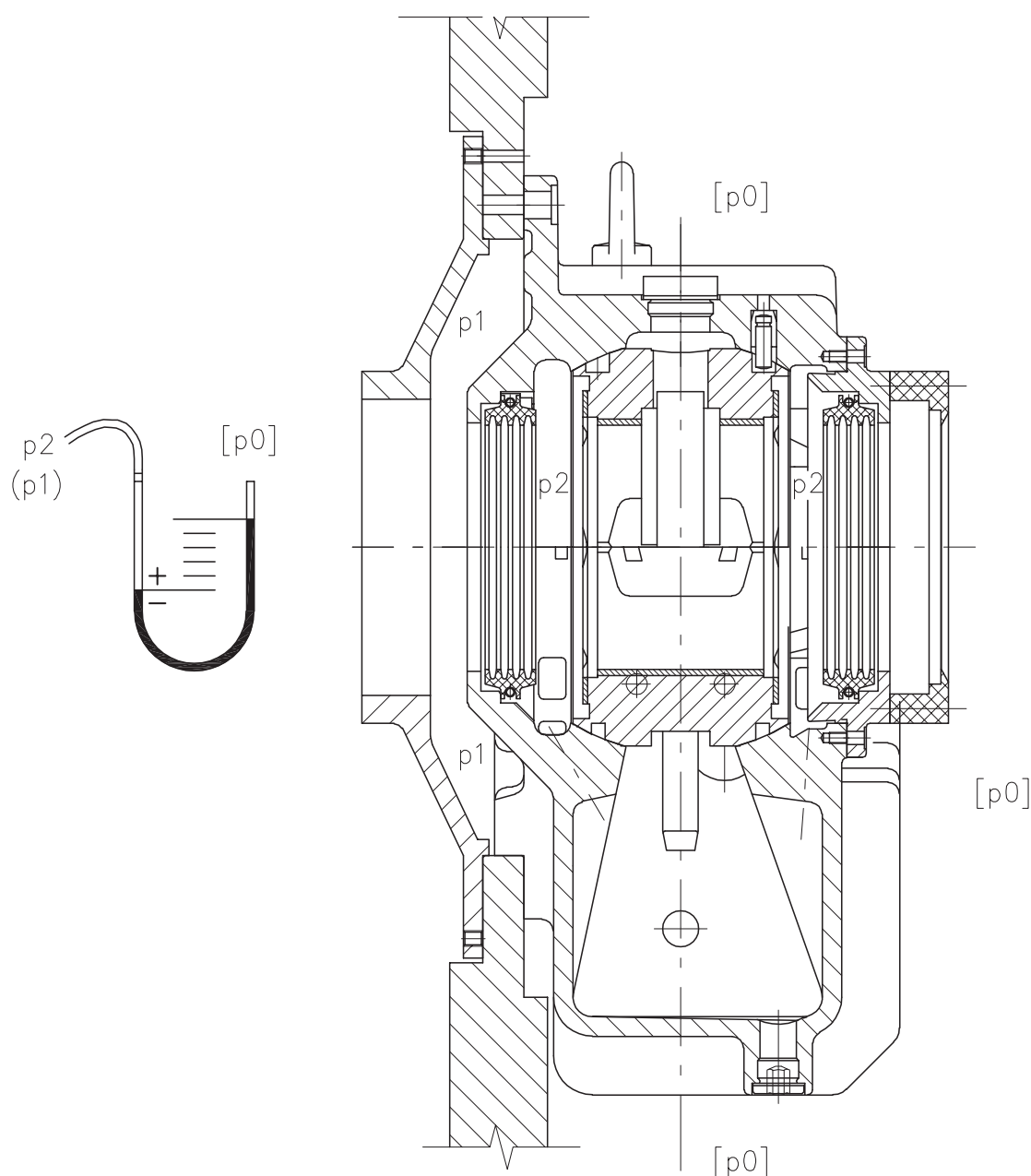


Figura 8-1 Verificación de la presión de aire dentro y fuera de un cojinete cilíndrico

Si se detecta una presión negativa elevada en el interior de la máquina, por ejemplo entre el escudo y el sello de la máquina, la situación es complicada. Normalmente suele resultar muy difícil retirar el sello de la máquina y volverla a sellar.

NOTA: Bajo ningún concepto debe instalarse un purgador para solucionar la presión negativa en el cojinete, dado que sólo empeoraría la fuga.

8.3 Rendimiento eléctrico, excitación, control y protección

El rendimiento eléctrico de una máquina eléctrica giratoria suele depender en la mayoría de los casos del estado de los devanados del rotor y del estator y del funcionamiento del sistema de excitación, si lo hay. El mantenimiento del devanado principal de la máquina se describe en el *Capítulo 7.6 Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator*. Este capítulo se centra en la resolución de problemas de los sistemas de excitación, control y protección.

8.3.1 Disyuntores de protección

La máquina debe estar protegida por alarmas y disyuntores ante situaciones de funcionamiento anómalas, tanto de tipo eléctrico como mecánico. Algunas de estas protecciones pueden ser restablecidas y la máquina puesta en marcha de nuevo directamente tan pronto cuando se detecta el fallo.

A continuación se enumeran algunas de las protecciones que requieren un estudio más detallado en caso de alarma o salto:

- Protección de diodo ante averías
- Altas temperaturas en los cojinetes, consulte el *Capítulo 7.5 Mantenimiento del sistema de lubricación y de los cojinetes*
- Altas temperaturas en el devanado o en el aire de refrigeración, consulte el *Capítulo 7.6 Mantenimiento de los devanados del rotor y del estator* y el *Capítulo 8.5 Rendimiento térmico y sistema de refrigeración*
- Sobrecorriente, desequilibrios de corriente y voltaje, voltaje en la barra de bus
- Protección ante vibraciones, consulte el *Capítulo 7.4.2 Vibración y ruido*.

8.3.2 Detectores de temperatura por resistencia Pt-100

Los detectores de temperatura por resistencia Pt-100 son una parte esencial del sistema de monitorización de estado y protección de la máquina. Se utilizan para medir las temperaturas de los devanados y cojinetes y la del aire de refrigeración. Para medir la temperatura, el detector Pt-100 utiliza un fino filamento de platino que puede sufrir daños por ejemplo si es manejado incorrectamente o en caso de una vibración excesiva.

Los síntomas siguientes pueden sugerir la existencia de un problema en un detector Pt-100:

- Resistencia infinita o cero a través del detector
- Desaparición de la señal de medición durante el arranque o después del mismo
- Valor de resistencia significativamente diferente en un solo detector

Si se sospecha la avería de un detector Pt-100, las observaciones deben confirmarse siempre en la caja de conexiones, mediante la medición de la resistencia en el detector con sus cables desconectados. Las observaciones deben anotarse. Para saber cuál es la corriente de medición correcta, consulte la documentación del detector Pt-100 correspondiente. Para conocer los valores de resistencia esperados a distintas temperaturas, consulte la *Tabla 8-1 Valores de temperatura de los elementos Pt-100*.

Tabla 8-1. Valores de temperatura de los elementos Pt-100

PT100 RES Ω	TEMP °C	TEMP °F	PT100 RES Ω	TEMP °C	TEMP °F	PT100 RES Ω	TEMP °C	TEMP °F
100.00	0	32.00	127.07	70	158.00	153.58	140	284.00
100.78	2	35.60	127.84	72	161.60	154.32	142	287.60
101.56	4	39.20	128.60	74	165.20	155.07	144	291.20
102.34	6	42.80	129.37	76	168.80	155.82	146	294.80
103.12	8	46.40	130.13	78	172.40	156.57	148	298.40
103.90	10	50.00	130.89	80	176.00	157.31	150	302.00
104.68	12	53.60	131.66	82	179.60	158.06	152	305.60
105.46	14	57.20	132.42	84	183.20	158.81	154	309.20
106.24	16	60.80	133.18	86	186.80	159.55	156	312.80
107.02	18	64.40	133.94	88	190.40	160.30	158	316.40
107.79	20	68.00	134.70	90	194.00	161.04	160	320.00
108.57	22	71.60	135.46	92	197.60	161.79	162	323.60
109.35	24	75.20	136.22	94	201.20	162.53	164	327.20
110.12	26	78.80	136.98	96	204.80	163.27	166	330.80
110.90	28	82.40	137.74	98	208.40	164.02	168	334.40
111.67	30	86.00	138.50	100	212.00	164.76	170	338.00
112.45	32	89.60	139.26	102	215.60	165.50	172	341.60
113.22	34	93.20	140.02	104	219.20	166.24	174	345.20
113.99	36	96.80	140.77	106	222.80	166.98	176	348.80
114.77	38	100.40	141.53	108	226.40	167.72	178	352.40
115.54	40	104.00	142.29	110	230.00	168.46	180	356.00
116.31	42	107.60	143.04	112	233.60	169.20	182	359.60
117.08	44	111.20	143.80	114	237.20	169.94	184	363.20
117.85	46	114.80	144.55	116	240.80	170.58	186	366.80
118.62	48	118.40	145.31	118	244.40	171.42	188	370.40
119.40	50	122.00	146.06	120	248.00	172.16	190	374.00
120.16	52	125.60	146.81	122	251.60	172.90	192	377.60
120.93	54	129.20	147.57	124	255.20	173.63	194	381.20
121.70	56	132.80	148.32	126	258.80	174.37	196	384.80
122.47	58	136.40	149.07	128	262.40	175.10	198	388.40
123.24	60	140.00	149.83	130	266.00	175.84	200	392.00
124.01	62	143.60	150.57	132	269.60	176.57	202	395.60
124.77	64	147.20	151.33	134	273.20	177.31	204	399.20
125.54	66	150.80	152.04	136	276.80	178.04	206	402.80
126.31	68	154.40	152.83	138	280.40	178.78	208	406.40

Hay dos soluciones posibles en caso de daños en un detector Pt-100. Si el núcleo del estator cuenta con detectores libres que funcionan correctamente, pueden ponerse en servicio. Si ya se están utilizando todos los detectores montados en la fábrica, es posible montar un nuevo detector en el lado del devanado.

*****Capítulo siguiente para tipo de rotor: Anillos deslizantes**

8.4 Anillos deslizantes y escobillas

8.4.1 Desgaste de escobillas

Si las escobillas se desgastan rápidamente o de forma desigual, deben observarse los puntos siguientes:

- ¿Está dentro del rango especificado la presión de las escobillas? Consulte el *Capítulo 7.7.2.1 Presión de las escobillas*.
- ¿Están bien conectados los cables con conectores?
- ¿Están deterioradas las superficies de deslizamiento de los anillos deslizantes?
- ¿Es posible que las escobillas de carbono hayan absorbido aceite o humedad?
- ¿Es la calidad de las escobillas la especificada para la máquina?

Siempre que sea posible:

- Asegúrese de que las escobillas se encuentran en buen estado y de que puedan moverse libremente en sus portaescobillas.
- Compruebe que los cables con conectores que están unidos a las escobillas se encuentren en buen estado y que estén conectados de forma fiable.
- Elimina el polvo de carbono con ayuda de un aspirador.

8.4.2 Chispas en las escobillas

La posible aparición de chispas en las escobillas puede observarse a través de una ventana situada en la envolvente de los anillos deslizantes. Con frecuencia, la aparición de chispas inicia un funcionamiento inadecuado. Es necesario tomar medidas inmediatamente para prevenir la aparición de chispas. Deben eliminar los motivos de la aparición de chispas y restaurarse el funcionamiento sin alteraciones. Causas posibles de la aparición de chispas:

- Situación de carga inadecuada
- Escobillas adheridas a sus portaescobillas
- Escobillas demasiado sueltas en sus portaescobillas
- Conexión suelta de un borne de escobilla
- Contacto imperfecto de las escobillas
- Presión de las escobillas incorrecta o desigual
- Deterioro en las superficies de deslizamiento de los anillos deslizantes
- Tipo de escobillas no aceptable para las condiciones de funcionamiento
- Desalineación de los acoplamientos de eje

- Máquina no equilibrada
- Rodamientos desgastados, con consecuencia de entrehierros desiguales

8.5 Rendimiento térmico y sistema de refrigeración

Hay dos causas fundamentales que pueden causar un aumento de la temperatura de la máquina:

- El sistema de refrigeración ha perdido eficacia.
- La máquina está produciendo una cantidad excesiva de calor.

Si la temperatura de la máquina sobrepasa los valores normales, se deben hacer mediciones para determinar cuál de las causas mencionadas arriba es la causa predominante de un incidente determinado.

NOTA: Una producción excesiva de calor puede deberse a un problema de devanado o a desequilibrios de la red. En estos casos, las acciones correctoras en el sistema de refrigeración no serían eficaces o podrían ser perjudiciales.

Si los detectores de temperatura del devanado y del aire de refrigeración indican una temperatura anormal, debe realizarse una comprobación del sistema de refrigeración. Hay dos aspectos de mantenimiento separados que afectan al sistema de refrigeración. El aspecto más evidente es garantizar el funcionamiento correcto e ininterrumpido del intercambiador de calor. Esto se consigue mediante una limpieza periódica y la comprobación de si el funcionamiento del intercambiador de calor es el esperado.

También es necesario comprobar el flujo de aire o agua a través del intercambiador de calor. Si el refrigerador está equipado con un ventilador externo, también es necesario comprobar su funcionamiento.

El aspecto menos evidente pero igualmente importante es garantizar una buena circulación del aire en el circuito de refrigeración principal del interior de la máquina. Esto se realiza mediante la limpieza y la comprobación del interior de la máquina durante las tareas de mantenimiento o si ésta presenta problemas.

Otras causas posibles para un rendimiento insuficiente del intercambiador de calor son una temperatura ambiente elevada, una temperatura elevada en el aire o agua de entrada y un caudal insuficiente de aire o agua.

Además, las averías del sistema de lubricación o de los cojinetes pueden dar lugar a altas temperaturas en estos últimos. Las temperaturas aparentemente excesivas pueden deberse también a problemas en el sistema de medición de temperaturas. Consulte el *Capítulo 8.3.2 Detectores de temperatura por resistencia Pt-100*.

Capítulo 9 Servicio de soporte de posventa y piezas de recambio

9.1 Servicio posventa

El servicio de soporte de postventa para máquinas eléctricas giratorias fabricadas por ABB y Strömberg se encuentra en Helsinki, Finlandia, desde 1889.

9.1.1 Servicios in situ

El departamento de servicios in situ proporciona:

- Instalación y puesta en servicio
- Mantenimiento e inspecciones
- Solución de problemas y servicio
- Actualización y modificaciones.

9.1.2 Piezas de recambio

El departamento de piezas de recambio:

- Coordina los paquetes de piezas de recambio enviados con la máquina
- Vende piezas de recambio originales una vez se haya entregado la máquina.

Para obtener más información sobre paquetes de piezas de recambio, consulte el *Capítulo 9.2 Piezas de recambio para máquinas eléctricas giratorias*.

9.1.3 Asistencia y garantías

El departamento de asistencia:

- Gestiona los asuntos relacionados con la garantía dentro del periodo de garantía a partir de peticiones escritas
- Determina las acciones pertinentes en virtud de la garantía
- Elige las acciones correctivas
- Proporciona asistencia técnica.

9.1.4 Soporte para centros de servicios

El soporte para centros de servicios ofrece ayuda a los centros de servicios autorizados en sus preguntas acerca de la construcción mecánica, así como aspectos técnicos electromagnéticos o de aislamiento.

9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa

Póngase en contacto con el departamento de posventa por estos medios:

- Teléfono de 7 a 17 horas (GMT +2): +358 (0)10 22 11
- Línea de asistencia de 24 horas: +358 (0)10 22 27100
- Fax: +358 (0)10 22 22544
- Correo electrónico para piezas de recambio: aftersales.machines@fi.abb.com
- Correo electrónico para servicios in situ: siteservice.machines@fi.abb.com
- Correo electrónico para garantías y soporte técnico: support.machines@fi.abb.com

NOTA: Si lo tiene, añada el número de serie de la máquina (siete dígitos, a partir de 45#####) a su mensaje de correo electrónico, como información de referencia.

9.2 Piezas de recambio para máquinas eléctricas giratorias

9.2.1 Consideraciones sobre las piezas de recambio generales

Las máquinas fabricadas por ABB se han diseñado y fabricado para proporcionar un funcionamiento fiel y sin problemas durante décadas. Esto requiere, sin embargo, que las máquinas se mantengan y manejen correctamente. Este mantenimiento incluye el cambio de piezas sujetas a un desgaste normal.

Siempre existe una determinada incertidumbre relacionada con el desgaste. Los índices de desgaste de estas piezas varían ampliamente según su aplicación, entorno y condiciones particulares. Por consiguiente, el estado de estas piezas debe comprobarse regularmente y se debe guardar en el almacén una cantidad suficiente de las mismas. Estas piezas de recambio le ayudarán a minimizar el tiempo si se presenta la necesidad. La amplitud de esta reserva se decidirá en función de la importancia de la aplicación, la disponibilidad de la pieza de recambio particular y la experiencia del personal de mantenimiento local.

9.2.2 Sustituciones de piezas periódicas

Siempre se produce un desgaste mecánico cuando dos superficies en movimiento entran en contacto entre sí. En las máquinas eléctricas, la mayor parte del desgaste mecánico se produce entre el eje de rotación y las piezas estacionarias. Las piezas de los cojinetes, como los cojinetes de rodillos, los casquillos del cojinete y los anillos de engrase en los cojinetes cilíndricos, se desgastarán finalmente y tendrán que sustituirse, incluso si se conserva la lubricación apropiada. Otras piezas de desgaste son las juntas que se encuentran en permanente contacto con el eje de rotación y las escobillas, las porta escobillas y los anillos deslizantes de la unidad correspondiente.

Las piezas mencionadas conforman una lista amplia, pero no completa, de las piezas de desgaste mecánico. Estas piezas poseen una duración estimada, pero tal y como se ha mencionado anteriormente, su duración real puede variar significativamente. Por este motivo, al menos, estas piezas deberán conservarse en el almacén. También debe observar que la sustitución de estas piezas, debido al desgaste normal, no la cubre la garantía.

9.2.3 Necesidad de piezas de recambio

Pueden producirse otro tipo de desgastes debido a temperaturas elevadas, perturbaciones eléctricas y reacciones químicas. El desgaste de los diodos en el puente rectificador suele estar relacionado con las condiciones de funcionamiento eléctrico anormal. Normalmente se trata de un proceso lento, pero depende directamente de las condiciones de funcionamiento de las máquinas y de las perturbaciones del sistema.

Los filtros de aire, que protegen el interior de la máquina de la contaminación, se saturan con impurezas del aire y se tienen que sustituir para garantizar el funcionamiento correcto de la unidad de refrigeración, así como la protección continua de piezas sensibles de la máquina.

Los devanados eléctricos de las máquinas ABB poseen una buena protección contra el desgaste, pero sólo si se respetan las condiciones de funcionamiento y mantenimiento correctas. La temperatura de funcionamiento correcta no debe superarse y los devanados deben limpiarse de suciedad con regularidad. El devanado también puede estar sujeto a un desgaste acelerado debido a una gran cantidad de perturbaciones eléctricas.

Hay detectores de temperatura Pt-100 de devanado del estator, ubicados dentro de las ranuras del núcleo del estator, que no se pueden sustituir. Por tanto, la práctica de ABB consiste en agregar detectores Pt-100 de recambio al núcleo del estator. Estos detectores no se consideran piezas de recambio habituales porque actúan como sustitutos en caso de que se produzca un fallo del elemento Pt-100 del estator durante la puesta en servicio. Sin embargo, estos elementos se pueden utilizar durante el funcionamiento si falla el detector primario. Si falla el elemento de recambio, la posible acción correctiva consiste en agregar elementos Pt-100 al extremo de devanado del estator.

9.2.4 Selección del paquete de piezas de recambio más apropiado

ABB ofrece tres niveles de paquetes de piezas de recambio preparadas. El personal mejor informado sobre las condiciones de funcionamiento de la máquina debe seleccionar el paquete más apropiado en función de la gravedad sufrida en la aplicación y del riesgo financiero relacionado con la duración del tiempo improductivo y de la pérdida de producción.

Paquete de piezas de recambio operativas para la puesta en servicio y para garantizar el uso:

- Estas son las piezas de recambio más esenciales que siempre deben estar disponibles.

Paquete de piezas de recambio recomendadas para resolución de problemas y mantenimiento planificado:

- Estas piezas debe estar disponibles durante el mantenimiento medio. Estas piezas también permiten una recuperación rápida en caso de que se produzca un fallo en los accesorios.

Piezas de recambio fundamentales para reducir el tiempo de reparación en caso de daños importantes:

- Estas piezas de recambio se aconsejan cuando la máquina es una parte de un proceso fundamental. Estas piezas también permiten una recuperación rápida en caso de que se produzca un fallo de importancia.

9.2.5 Piezas de recambio típicas recomendadas en diferentes conjuntos

A continuación se detalla una recomendación general de las piezas de recambio típicas para los diferentes paquetes. Para recibir in presupuesto de piezas de repuesto sobre una máquina específica, póngase en contacto en la organización del Servicio de posventa de ABB.

Observe que aunque ABB haya personalizado los conjuntos de las piezas de recambio para que coincidan con la máquina, pueden incluir referencias a accesorios no encontrados en todas las máquinas.

*****Capítulos siguientes para familia de productos: HXR**

9.2.5.1 Paquete de piezas de recambio operativas

Pieza de recambio	Cantidad
Cojinete RTD	1 unidad

Alternativa para las máquinas con cojinetes de rodillos:

Cojinete de rodillos	2 unidades
----------------------	------------

Alternativa para las máquinas con cojinetes cilíndricos:

Carcasa de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Carcasa de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Sellos de laberinto de cojinete para extremo de impulsión	2 unidades
Sellos de laberinto de cojinete para extremo sin impulsión	2 unidades

9.2.5.2 Paquete de piezas de recambio recomendadas

Pieza de recambio	Cantidad
Paquete de piezas de recambio operativas	1 unidad
Resistencia de calentamiento	1 unidad
Estator Pt-100, kit de adaptación	1 unidad
Aisladores de soportes o casquillos	1 unidad

9.2.5.3 Piezas de recambio fundamentales

Pieza de recambio	Cantidad
Estator	1 unidad
Rotor	1 unidad

*****Capítulos siguientes para familia de productos: AMA, AMB y AMI**

9.2.5.4 Paquete de piezas de recambio operativas

Pieza de recambio	Cantidad
Filtros de aire (para máquina IPW24/IC01)	1 conjunto
Detector de fugas de agua (para máquina IP55/IC81W)	1 unidad
Cojinete RTD	1 unidad

Alternativa para las máquinas con cojinetes de rodillos:

Cojinete de rodillos	2 unidades
----------------------	------------

Alternativa para las máquinas con cojinetes cilíndricos:

Carcasa de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Carcasa de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Sellos de laberinto de cojinete para extremo de impulsión	2 unidades
Sellos de laberinto de cojinete para extremo sin impulsión	2 unidades

9.2.5.5 Paquete de piezas de recambio recomendadas

Pieza de recambio	Cantidad
Paquete de piezas de recambio operativas	1 unidad
Resistencia de calentamiento	1 unidad
Estator Pt-100, kit de adaptación	1 unidad
Elemento refrigerador de agua	1 unidad
Aisladores de soportes o casquillos	1 unidad

9.2.5.6 Piezas de recambio fundamentales

Pieza de recambio	Cantidad
Rotor	1 unidad
Estator	1 unidad

*****Capítulos siguientes para familia de productos: AMK**

9.2.5.7 Paquete de piezas de recambio operativas

Pieza de recambio	Cantidad
Filtros de aire (para máquina IPW24/IC01)	1 conjunto
Filtro de aire para polvo de carbono de anillo deslizante	1 unidad
Escobillas	1 conjunto
Portaescobillas	1 conjunto
Detector de fugas de agua (para máquina IP55/IC81W)	1 unidad
Cojinete RTD	1 unidad

Alternativa para las máquinas con cojinetes de rodillos:

Cojinete de rodillos	2 unidades
----------------------	------------

Alternativa para las máquinas con cojinetes cilíndricos:

Carcasa de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Carcasa de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo de impulsión	1 unidad
Anillo de lubricación de cojinete para extremo sin impulsión	1 unidad
Sellos de laberinto de cojinete para extremo de impulsión	2 unidades
Sellos de laberinto de cojinete para extremo sin impulsión	2 unidades

9.2.5.8 Paquete de piezas de recambio recomendadas

Pieza de recambio	Cantidad
Paquete de piezas de recambio operativas	1 unidad
Resistencia de calentamiento	1 unidad
Resistencia de calentamiento para la unidad del anillo deslizante	1 unidad
Unidad de anillo deslizante	1 unidad
Estator Pt-100, kit de adaptación	1 unidad
Interruptor de presión para monitorización de estado del filtro de partículas de escobillas	1 unidad
Elemento refrigerador de agua	1 unidad
Aisladores de soportes o casquillos	1 unidad

9.2.5.9 Piezas de recambio fundamentales

Pieza de recambio	Cantidad
Rotor	1 unidad
Estator	1 unidad

9.2.6 Información sobre pedidos

Para garantizar que el pedido de las piezas de recambio sea correcto y su entrega rápida, debe proporcionar a nuestro personal de posventa el número de venta de la máquina en cuestión. El número de serie puede encontrarse en la placa de datos adjunta al armazón de la máquina, o impreso en dicho armazón. Además, deberá proporcionar información detallada y específica sobre las piezas solicitadas.

Puede encontrar la información de contacto de la organización de posventa de ABB en el *Capítulo 9.1.5 Información de contacto del servicio de posventa*.

Capítulo 10 Reciclaje

10.1 Introducción

ABB se ha comprometido con la política medioambiental. ABB se esfuerza constantemente en hacer sus productos más respetuosos con el medioambiente aplicando los resultados obtenidos en los análisis de los ciclos de vida y de las posibilidades del reciclaje. Los productos, los procesos de fabricación e incluso la logística, se han diseñado para tener en cuenta los aspectos medioambientales. El sistema de gestión medioambiental de ABB, certificado con la ISO 14001, es la herramienta que permite llevar a cabo la política medioambiental.

Las siguientes instrucciones sólo deben contemplarse como recomendaciones para la eliminación medioambiental de las máquinas. Es, por tanto, responsabilidad del cliente asegurar que se siguen las normas locales al respecto. Puede que algunos aspectos específicos del cliente no se incluyan en este manual. La documentación adicional podrá encontrarla en la documentación del proyecto.

10.2 Contenido medio de material

El contenido de material medio utilizado en la fabricación de la máquina eléctrica es el siguiente:

	Máquinas de inducción de armazón de hierro fundido	Máquinas de inducción de armazón de acero modular
Acero	46 - 55 %	77 - 83 %
Cobre	7 - 12 %	10 - 12 %
Hierro fundido	35 - 45%	1 - 5%
Aluminio	0 - 2%	0 - 1%
Plásticos, goma, materiales aislantes, etc.	1 - 2%	1 - 2%
Acero inoxidable	Menos del 1%	Menos del 1%
Otros	Menos del 1%	Menos del 1%

10.3 Reciclaje del material de embalaje

Una vez que haya recibido la máquina, tendrá que eliminar el material del embalaje.

- Puede quemar el embalaje de madera
- En algunos países, el embalaje usado para el envío por mar se fabrica en madera impregnada que debe reciclarse según las normas locales
- El material plástico que envuelve la máquina puede reciclarse
- El agente anticorrosión que cubre la superficie de la máquina puede eliminarse utilizando un detergente con gasolina y un trapo. El trapo deberá eliminarse según las normas locales.

10.4 Desmontaje de la máquina

El desmontaje de la máquina es un procedimiento básico, ya que se monta con tornillos. Sin embargo, debido a su peso, necesitará de un operador entrenado en el manejo de componentes pesados para evitar situaciones peligrosas.

10.5 Separación de los diferentes materiales

10.5.1 Armazón, alojamiento del cojinete, cubiertas y ventilador

Estas piezas están fabricadas en acero estructural, que se puede reciclar según las normas locales. Todo el equipo auxiliar, cableado, así como los cojinetes tendrán que retirarse antes de fundir el material.

10.5.2 Componentes con aislamiento eléctrico

El estator y el rotor son los componentes principales que cuentan con materiales de aislamiento eléctrico. Sin embargo, hay componentes auxiliares que se contruyen con materiales similares y con los que se trabaja del mismo modo. Esto incluye distintos aislantes utilizados en la caja de terminales, excitador y transformadores de corriente, cables de alimentación, cables de instrumentación, disipador de sobrevoltajes y condensadores. Algunos de estos componentes se utilizan sólo en máquinas sincrónicas y algunos sólo en un número muy limitado de máquinas.

Todos estos componentes se encuentran en un paso inerte una vez que la fabricación de la máquina se ha completado. Algunos componentes, en particular el estator y el rotor, cuentan con una cantidad considerable de cobre que puede separarse en un proceso de tratamiento con calor apropiado, en el que se gasifican los materiales del aglutinante orgánico del aislante eléctrico. Para garantizar la combustión apropiada de los humos, el horno deberá contar con una unidad de combustión retardada. Las siguientes condiciones se aconsejan para el tratamiento con calor y para la combustión retardada, con el fin de minimizar las emisiones del proceso:

Tratamiento con calor

Temperatura: 380-420 °C (716...788 °F)

Duración: Tras obtener el 90% de la temperatura de destino, el objetivo consistirá en permanecer un mínimo de cinco horas a esta temperatura.

Después de la combustión de los humos aglutinantes

Temperatura: 850-920 °C (1.562-1.688 °F)

Tasa de flujo: Los humos aglutinantes deben permanecer un mínimo de tres segundos en la cámara de combustión.

NOTA: La emisión está formada principalmente por los gases O₂-, CO-, CO₂-, NO_x-, C_xH_y-y partículas microscópicas. Es responsabilidad del usuario garantizar que el proceso cumpla con la legislación local.

NOTA: El proceso de tratamiento con calor y el mantenimiento del equipo de tratamiento con calor requiere un cuidado especial para evitar cualquier peligro de fuego o explosiones. Debido a la existencia de diversas instalaciones utilizadas para este fin, ABB no puede ofrecer instrucciones detalladas sobre el proceso de tratamiento con calor o sobre el mantenimiento del equipo del tratamiento con calor, por lo que será el cliente el responsable del cuidado de estos aspectos.

10.5.3 Imanes permanentes

Si la máquina sincrónica con imanes permanentes es fundida en su totalidad, no es necesario realizar ninguna operación con los imanes permanentes.

Si se desmantela la máquina para un reciclaje más detallado y es necesario transportar el rotor tras esta operación, se recomienda desmagnetizar los imanes permanentes. La desmagnetización se realiza calentando el rotor en un horno hasta que los imanes permanentes alcancen una temperatura de +300 °C (572 °F).

¡ADVERTENCIA! Los campos de dispersión magnética causados por una máquina sincrónica de imanes permanentes abierta o desensamblada, o bien por un rotor separado de una de estas máquinas, pueden causar interrupciones o daños en otros equipos y componentes eléctricos o electromagnéticos, como marcapasos cardíacos, tarjetas de crédito y elementos similares.

10.5.4 Residuos peligrosos

El aceite procedente del sistema de lubricación es un residuo peligroso y deberá desecharse según las normas locales.

10.5.5 Residuos controlados

Todo el material aislante se podrá desechar como residuos controlados.

INFORME DE PUESTA EN SERVICIO

Información de la placa de datos:	
	Nº de serie
Fabricante:	ABB Oy
Dirección:	Apdo. de correos 186 FIN-00381 HELSINKI FINLANDIA
Teléfono:	+358 (0) 10 22 11
Fax:	+358 (0) 10 22 22544
Cliente:	
Dirección del cliente:	
Persona de contacto:	
Teléfono:	
Teléfono móvil:	
Fax:	
Correo electrónico:	

1 Transporte

General

Fecha de llegada de la máquina:	
Fecha y lugar de inspección:	
Fecha del consignatario:	
Inspección de la caja abierta:	☐ no ☐ sí, realizado por:

Daños:

Lista de embalaje:	☐ no ☐ sí, artículos ausentes:
Máquina:	☐ no ☐ sí, de qué tipo:
Embalaje:	☐ no ☐ sí, de qué tipo:
Accesorios:	☐ no ☐ sí, de qué tipo:
Piezas de recambio y herramientas:	☐ no ☐ sí, de qué tipo:

Acciones tomadas como respuesta a los daños:

Fotografías:	☐ no ☐ sí, fecha:
Informe a la empresa de transportes:	☐ no ☐ sí, para quién: fecha:
Informe al proveedor:	☐ no ☐ sí, para quién: fecha:
Informe a la compañía de seguros:	☐ no ☐ sí, para quién: fecha:

Método de transporte:

☐ Tren	☐ Avión	☐ Carretera	☐ Correo	☐ Enviado por M/S _____	☐ Otro:
-------------------------------	--------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	--	--------------------------------

Comentarios:

--

2 Almacenamiento

General

Almacenamiento:	☐ no ☐ sí, inicio: _____ fin: _____
Tiempo de almacenamiento superior a 6 meses:	☐ no ☐ sí
Persona responsable del almacenamiento:	

Lugar de almacenamiento:

	☐ en interior ☐ en exterior
	☐ en caja del embalaje ☐ protegido por cubierta resistente al agua
	Temperatura diaria: mín/máx. _____ - _____ °C Humedad: _____ %

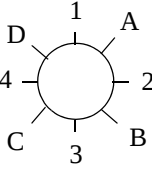
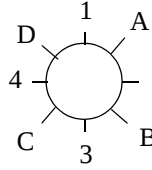
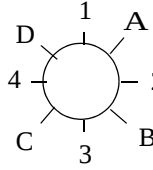
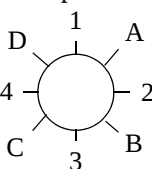
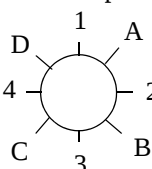
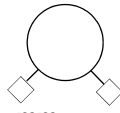
Acciones de almacenamiento:

El embalaje de transporte está ventilado:	☐ no ☐ sí
Calefacción/ventilador externo en uso:	☐ no ☐ sí, tipo: _____
Calentadores de espacio de la máquina en uso:	☐ no ☐ sí, voltaje: _____
Cojinetes nivelados:	☐ no ☐ sí, tipo de aceite: _____
Casquillos del cojinete retirados:	☐ no ☐ sí, fecha: _____
Protección anticorrosión del extremo del eje comprobada:	☐ no ☐ sí, tipo: _____
Protección anticorrosión del extremo del eje renovada:	☐ no ☐ sí, fecha: _____
El rotor gira 10 revoluciones cada dos meses:	☐ no ☐ sí
Hay vibraciones en el lugar de almacenamiento:	☐ no ☐ sí, _____ mm/s, rms
Hay gases corrosivos en el aire:	☐ no ☐ sí, de qué tipo: _____
Las escobillas se levantan:	☐ no ☐ sí, lugar: _____
Los documentos de la máquina se guardan y protegen para su uso futuro:	☐ no ☐ sí

Comentarios:

--

3 Instalación mecánica

La cimentación se comprueba según el dibujo de la máquina:	☐ no ☐ sí, número de dibujo: _____		
Los posibles pernos de anclaje de la cimentación o las placas de cimentación se montan según las instrucciones:	☐ no ☐ sí		
El espacio de aire se mide si se aplica: Para cojinetes de engrase, valores de marca de 1 a 4, y para cojinetes con bridas, valores de A a D 1 _____ A _____ 2 _____ B _____ 3 _____ C _____ 4 _____ D _____	Extremo D superior 	Extremo N superior 	Extremo N del excitador superior 
Para alineamiento del acoplamiento, utilice cualquier valor de 1 a 4 o valores de A a D 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ A _____ B _____ C _____ D _____	Alineamiento radial del acoplamiento superior  Alineamiento angular del acoplamiento superior  Posición axial del rotor: ET #1: _____ mm, ET #2: _____ mm Distancia axial entre los extremos del eje: _____ mm Distancia de soporte del rotor:  _____ mm _____ mm		
Se comprueba la desviación del cigüeñal:	☐ no ☐ sí		
Clavijas de guía cónicas se usan para bloquear la posición de la máquina tras el alineamiento:	☐ no ☐ sí		
Los pernos de cimentación se aprietan con llave dinamométrica:	☐ no ☐ sí, tamaño del perno: _____ par de torsión: _____ Nm		
Lubricación de tornillos:	☐ seco ☐ aceite, ☐ MoS ₂		
Agua de refrigeración:	☐ no ☐ sí, cantidad: ☐ m ³ /s		
Tubería del elemento de refrigeración:	☐ flexible ☐ rígido		
El dispositivo de bloqueo de transporte se retira:	☐ no ☐ sí		
El rotor gira sin ruido ni raspadura:	☐ no ☐ sí		

5 Instalación eléctrica

Variación de la red:	☐ no ☐ sí, voltaje: _____ V, frecuencia: _____ Hz
Operación del calentador de ambiente:	☐ no ☐ manual ☐ automático, controlado por: _____
Calentador de ambiente para la unidad del anillo deslizante:	☐ no ☐ sí, voltaje: _____ V, potencia: _____ W

5.1 Prueba de la resistencia de aislamiento

Devanado del estator (1 min., 1000 VDC):	_____ MΩ, probado por _____ kV, temperatura de devanado: _____ °C
Devanado del estator (15 / 60 s. o 1 / 10 min.):	PI = _____, probado por _____ kV, temperatura de devanado: _____ °C
Devanado del rotor (1 min.):	_____ MΩ, probado por _____ kV, temperatura de devanado: _____ °C
Estado del excitador (1 min., 500 VDC):	_____ MΩ, probado por _____ kV, temperatura de devanado: _____ °C
Calentador de ambiente:	_____ MΩ (500 VDC)
Detectores de temperatura:	_____ MΩ (100 VDC)
Aislamiento del cojinete del extremo N:	_____ MΩ (100 VDC)

5.2 Prueba de resistencia de los accesorios

Estator 1 Pt 100:	_____ Ω
Estator 2 Pt 100:	_____ Ω
Estator 3 Pt 100:	_____ Ω
Estator 4 Pt 100:	_____ Ω
Estator 5 Pt 100:	_____ Ω
Estator 6 Pt 100:	_____ Ω
Cojinete Pt 100 extremo D:	_____ Ω
Cojinete Pt 100 extremo N:	_____ Ω
Temperatura del aire 1 Pt 100:	_____ Ω
Temperatura del aire 2 Pt 100:	_____ Ω
Calentador anticondensación:	_____ Ω

6 Ajustes de protección de la máquina

Desconexión de la sobrecorriente:	_____ A _____ s
Desconexión de la sobrecorriente instantánea:	_____ A _____ s
Ajuste del sobrevoltaje:	☐ no ☐ sí, ajuste: _____
Ajuste de fallo de tierra:	☐ no ☐ sí, ajuste: _____
Ajuste de la potencia inversa:	☐ no ☐ sí, ajuste: _____
Ajuste de la protección diferencial:	☐ no ☐ sí, ajuste: _____
Control de la vibración:	☐ no ☐ sí, alarma: _____ mm/s, desconexión: _____ mm/s
Control de la temperatura:	
- en el devanado del estator	☐ no ☐ sí, alarma: _____ °C, desconexión: _____ °C
- en el cojinete	☐ no ☐ sí, alarma: _____ °C, desconexión: _____ °C
- en _____	☐ no ☐ sí, alarma: _____ °C, desconexión: _____ °C
Otras unidades de protección:	☐ no ☐ sí, tipo: _____

7 Prueba de funcionamiento

7.1 Primer arranque (sólo unos segundos)

Nota: Compruebe que la lubricación en exceso está activada

Dirección de la rotación (vista desde el extremo D):	☐  CW	☐  CCW
¿Se producen ruidos anormales?	☐ no ☐ sí, desde:	

7.2 Segundo arranque (conectado, si es posible)

Nota: Compruebe que la lubricación en exceso está activada

¿Se producen ruidos anormales?	☐ no ☐ sí, desde:
¿Vibra la máquina anormalmente?	☐ no ☐ sí, dónde/cómo:
Nivel de vibración del cojinete medido:	Extremo D: _____ mm/s, rms; Extremo N: _____ mm/s, rms
En funcionamiento:	☐ la máquina funciona OK ☐ se detiene el funcionamiento, por qué:

Comprobación de programa e información

Hora	Temperatura del cojinete		Niveles de vibración del cojinete		Estator			Temperatura de devanado del estator		
	Extremo D	Extremo N	Extremo D mm/s	Extremo N mm/s	Corriente	Factor de potencia	Corriente de excitación	U	V	W
h:min	°C	°C	rms	rms	A	cos ϕ	A	°C	°C	°C
0:00										
0:05										
0:10										
0:15										
0:20										

Comentarios:

Observaciones:

8 Prueba de funcionamiento (con carga)

Comprobación de programa e información

Hora	Carga	Temperatura del cojinete.		Niveles de vibración del cojinete		Estator			Temperatura de devanado del estator		
		Extremo D	Extremo N	Extremo D mm/s	Extremo N mm/s	Corriente	Factor de potencia	Corriente de excitación	U	V	W
h:min	%	°C	°C	rms	rms	A	cos ϕ	A	°C	°C	°C
0:00											

Espectro de vibración adjunto:	☐ no ☐ sí
Tiempo de aceleración:	_____ s.
Temperatura del aire de refrigeración:	Entrada: _____ °C Salida: _____ °C
Temperatura del agua de refrigeración:	Entrada: _____ °C Salida: _____ °C
Comentarios:	

9 Aprobación de la máquina

Máquina aprobada para su uso	Fecha:
Puesta en servicio realizada por:	
Aprobado por:	

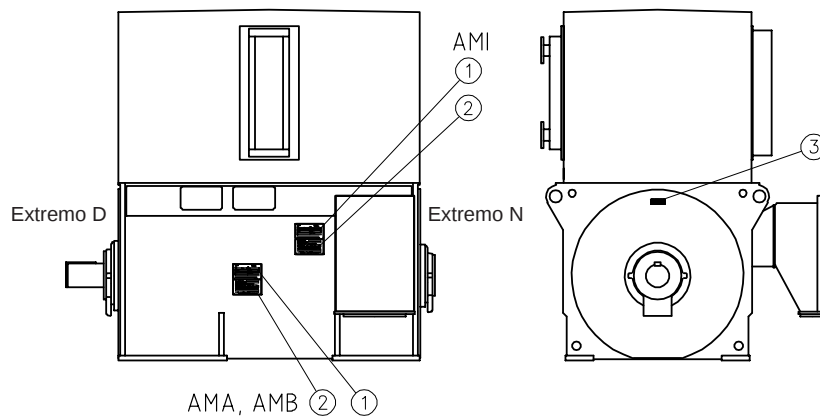
Cubierta de fax

Fecha:	
Para:	ABB Oy Telefax: +358 (0) 10 22 22544
De:	
Número de fax:	
Número de teléfono:	
Correo electrónico:	
Número de páginas:	1 + 9 + _____

Mensaje:

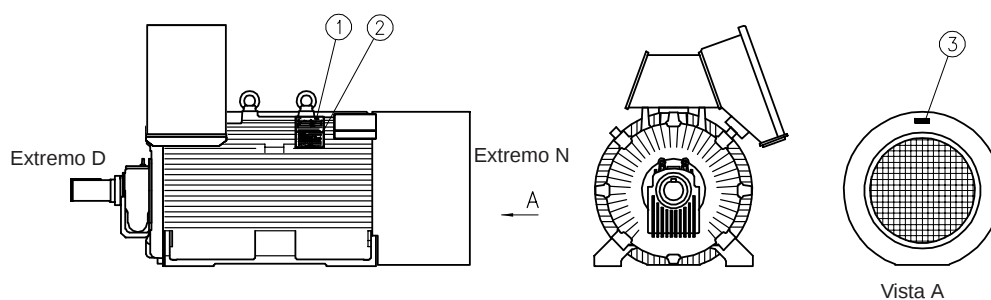
Posición típica de las placas

AMA, AMB, AMI



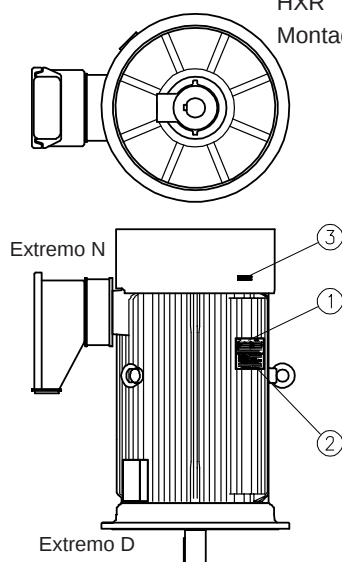
HXR

Montado horizontalmente



HXR

Montado verticalmente



- ① Placa de datos de la máquina
- ② Placa del cojinete de la máquina
- ③ Placa de referencia de la máquina

Dirección de rotación vista desde el terminal extremo de excitación en dirección a la máquina

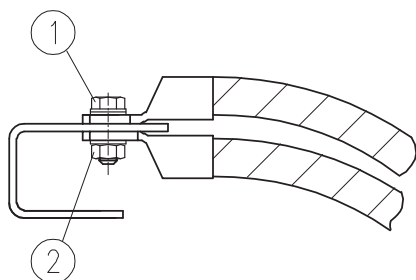
 Sentido agujas del reloj
  Sentido contrario agujas del reloj
  Funcionamiento en inversión

Extremo de la máquina

Extremo D = Extremo de impulsión

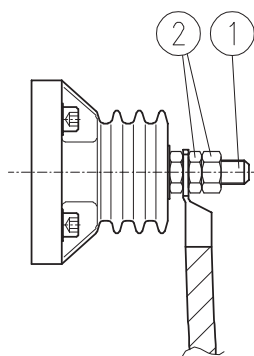
Extremo N = Extremo de no impulsión

Conexiones típicas del cable de alimentación principal



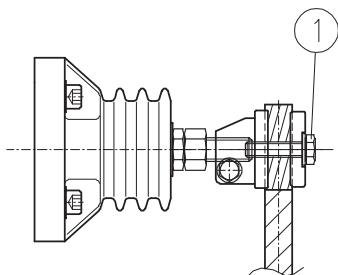
Tornillo de conexión M12

- ① Tornillo: Acero M 12
- ② Tuerca hexagonal: Acero M 12
Par de torsión 55 nm



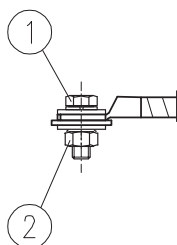
Tornillo de conexión M12

- ① Tornillo Bronce M 16
- ② Tuerca hexagonal: Bronce M 16
Par de torsión 40 nm



Terminal redonda DIN 46223

- ① Tornillo Acero M 10
Tensado hasta que se obtenga una conexión adecuada



Tornillo de toma de tierra M 12

- ① Tornillo M12-AI5I 316
- ② Tuerca hexagonal: M12-AI5I
Par de torsión 55 nm No tensar con la máquina.
Se recomienda usar grasa con tuercas de fijación de muelle



ABB Oy
Machines
P.O. Box 186
FIN-00381 HELSINKI
FINLAND
Telephone + 358 (0)10 2211
Telefax + 358 (0)10 22 22141
www.abb.com/motors&drives

3BFP 000 055 R0106 REV E

Diciembre 2006