

Manual del usuario

**Generador síncrono AMG
Serie de aplicación industrial**

Tipo de generador: AMG 0180- AMG 0400

Número de serie:

Número del documento: 8AMG5855839
Revisión: C (03/2010)



CONTENIDO

Capítulo 1	Introducción	5
<hr/>		
1.1	Información general	5
1.2	Directivas europeas	5
1.3	Condiciones del emplazamiento	6
1.4	Nota importante	6
1.5	Limitación de responsabilidad	7
1.6	Seguridad general	7
1.6.1	Símbolos y etiquetas	8
1.6.2	Riesgo eléctrico	9
1.6.3	Piezas móviles	9
1.6.4	Temperaturas altas	9
1.6.5	Dispositivos antiestáticos (ESD)	9
1.6.6	Campos magnéticos	9
1.6.7	Ruido	9
1.7	Instrucciones de seguridad	9
1.7.1	Generalidades	9
1.7.2	Uso previsto	9
1.7.3	Transporte, almacenamiento	10
1.7.4	Instalación	10
1.7.5	Conexión eléctrica	11
1.7.6	Operación	11
1.7.7	Mantenimiento y trabajos de servicio	12
1.8	Instrucciones para desecho y reciclado	12
1.8.1	Reciclado del material requerido para el transporte	12
1.8.2	Reciclado de la máquina completa	13
<hr/>		
Capítulo 2	Transporte y almacenamiento	15
<hr/>		
2.1	Transporte y desembalaje	15
2.1.1	Medidas de protección antes del transporte	15
2.1.2	Izamiento de la máquina	15
2.1.3	Izamiento de la máquina embalada	16
2.1.4	Verificaciones durante la entrega y el desembalaje	16
2.1.5	Placa de cojinetes	18
2.2	Almacenamiento	19
2.2.1	Almacenamiento a corto plazo (menos de 2 meses)	19
2.2.2	Almacenamiento a largo plazo (2 a 6 meses)	20
2.2.3	Almacenamiento a muy largo plazo (más de 6 meses)	20
2.2.4	Cojinetes de rodillo	20
2.2.5	Verificaciones regulares durante el almacenamiento	21
2.2.6	Almacenamiento y cuidado después de la instalación	22

Capítulo 3 Instalación y alineación..... 23

3.1	Preparativos para la instalación	23
3.1.1	Generalidades.....	23
3.1.2	Retiro del almacenamiento	23
3.1.3	Verificación de los cimientos.....	24
3.1.4	Desmontaje del dispositivo de bloqueo para transporte.....	25
3.1.5	Tipo de acoplamiento.....	25
3.1.6	Montaje de la mitad de acoplamiento.....	25
3.1.7	Transmisión por correa	26
3.2	Instalación y alineación	26
3.2.1	Excentricidad del semiacoplamiento	27
3.2.2	Alineación de máquinas	27
3.3	Inspección final de la instalación	32
3.3.1	Cubiertas y envolventes	32

Capítulo 4 Conexiones eléctricas 33

4.1	Generalidades	33
4.2	Regulador automático de voltaje	33
4.2.1	Generalidades.....	33
4.2.2	Configuración.....	33
4.2.3	Instalación mecánica.....	34
4.2.4	Conexión a tierra y cableado	34
4.3	Conexiones eléctricas	34
4.3.1	Información general	34
4.3.2	Conexión de los cables de alimentación principal y del cable neutro..	35
4.3.3	Conexión a tierra.....	35
4.3.4	Distancias de aislamiento de las conexiones eléctricas principales....	35
4.3.5	Conexión de equipos auxiliares e instrumentos.....	36

Capítulo 5 Puesta en servicio 37

5.1	Generalidades	37
5.2	Verificación de la instalación mecánica.....	37
5.3	Verificación de la instalación eléctrica.....	37
5.4	Mediciones de resistencia de aislamiento	38
5.5	Regulador automático de voltaje (AVR).....	38
5.6	Arranque	39
5.7	Funcionamiento de la máquina por primera vez	39
5.7.1	Cojinetes con opción de relubricación.....	39
5.8	Parada	40

Capítulo 6 Operación 42

6.1	Generalidades	42
6.2	Condiciones operativas normales.....	42

6.3	Protección de los generadores síncronos	42
6.4	Procedimiento de arranque	43
6.5	Supervisión permanente	43
6.6	Procedimientos de parada	44

Capítulo 7 Mantenimiento..... **45**

7.1	Mantenimiento preventivo	45
7.2	Precauciones de seguridad	46
7.3	Programa de mantenimiento	46
7.3.1	Programa de mantenimiento recomendado	49
7.4	Mantenimiento de construcción general	52
7.4.1	Verificaciones durante el funcionamiento de la máquina	53
7.4.2	Vibración y ruido	53
7.4.3	Niveles de temperatura	55
7.4.4	Grado de apriete de los accesorios de fijación	55
7.4.5	Control de la construcción del rotor	56
7.5	Mantenimiento de los cojinetes	56
7.5.1	Construcción de los cojinetes	57
7.5.2	Intervalos de reengrase	58
7.5.3	Reengrase para cojinetes relubricados	59
7.5.4	Placa de cojinetes	60
7.5.5	Grasa de cojinetes	60
7.5.6	Instalación y sustitución del cojinete del lado DE (LA) cerrado	61
7.5.7	Instalación y sustitución del cojinete del lado NDE (LOA) cerrado	62
7.6	Mantenimiento del bobinado de estator y rotor	63
7.6.1	Instrucciones de seguridad específicas para el mantenimiento de bobinados	63
7.6.2	Cronología del mantenimiento	64
7.6.3	Temperatura operativa correcta	65
7.6.4	Prueba de resistencia de aislamiento	65
7.6.5	Índice de polarización	70
7.6.6	Prueba de alto voltaje	70
7.6.7	Inspección visual de bobinados	71
7.6.8	Secado	72
7.6.9	Otras operaciones de mantenimiento	73
7.7	Mantenimiento relacionado con el rendimiento eléctrico, la excitación, el control y la protección	73
7.7.1	Medición de resistencia de aislamiento del excitador	73
7.7.2	Disparos de protección	74
7.7.3	Regulador automático de voltaje (AVR)	74
7.7.4	Medición de resistencia de aislamiento para los equipos auxiliares ...	74
7.7.5	Fallo de diodos	74
7.8	Mantenimiento relacionado con el rendimiento térmico y el sistema de refrigeración	75
7.8.1	Sistema de refrigeración	75

Capítulo 8 Solución de problemas 77

8.1	Rendimiento mecánico	78
8.2	Sistema de lubricación y cojinetes de rodillo.....	79
8.3	Rendimiento térmico, sistema abierto de refrigeración por aire	80
8.4	Rendimiento eléctrico y sistema de excitación de los generadores ...	81

Capítulo 9 Postventa y repuestos..... 82

9.1	Postventa	82
9.1.1	Servicios en el sitio	82
9.1.2	Repuestos	82
9.1.3	Garantías	82
9.1.4	Asistencia para centros de servicio	82
9.1.5	Información de contacto de postventa	82
9.2	Repuestos	82
9.2.1	Consideraciones generales sobre los repuestos.....	82
9.2.2	Sustitución periódica de piezas.....	83
9.2.3	Necesidad de repuestos	83
9.2.4	Selección del paquete de repuestos más adecuado.....	83
9.2.5	Repuestos típicos recomendados en distintos juegos	84
9.2.6	Información sobre pedidos	85

ANEXO 1: PLANO PRINCIPAL

ANEXO 2: PLANO DEL ROTOR

ANEXO 3: PLANOS DE CONEXIONES PRINCIPALES

ANEXO 4: INSTRUCCIONES PARA LAS CONEXIONES

ANEXO 5: INFORME DE PUESTA EN SERVICIO

ANEXO 6: REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE: MANUAL DEL USUARIO

ANEXO 7: INFORME DE PRUEBAS

ANEXO 8: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 9: GENERADOR DE IMÁN PERMANENTE (PMG): MANUAL DEL USUARIO

Capítulo 1 Introducción

1.1 Información general

Este Manual del usuario contiene información sobre el transporte, la instalación, la operación y el mantenimiento de las máquinas síncronas tipo AMG 0180-0400 suministradas por ABB.

Este manual ofrece información con respecto a todos los aspectos de la instalación, la operación, el mantenimiento y la supervisión de la máquina y muestra cómo desmontar y montar los componentes principales, en caso de que se requiera. Para asegurar una correcta funcionalidad y una vida útil prolongada de la máquina, se deben estudiar atentamente el contenido de este manual y otros documentos relacionados con la máquina antes de realizar cualquier acción.

Las acciones que se muestran en este manual deben ser realizadas únicamente por personal capacitado con experiencia anterior en tareas similares y autorizado por el propietario de los equipos.

ABB realiza esfuerzos permanentes por mejorar la calidad de la información que se ofrece en este Manual del usuario y agradecerá cualquier sugerencia para mejorarlo. Para obtener información de contacto, vea el *capítulo 9.1. Postventa*.

NOTA: Se deben seguir estas instrucciones para asegurar que la instalación, la operación y el mantenimiento de la máquina sean seguros y correctos. Deben ser tenidas en cuenta por cualquier persona que realice instalaciones, operaciones o mantenimiento de estos equipos. La falta de cumplimiento de las instrucciones invalida la garantía.

1.2 Directivas europeas

Los generadores que se venden en la Unión Europea deben cumplir con las directivas locales relevantes. El generador se suministra como una parte componente de un conjunto generador, ya que no tiene en sí mismo ninguna función intrínseca si no cuenta con ingreso de energía mecánica. Por lo tanto, todos los generadores se suministran con una *Declaración de incorporación de la CE* de acuerdo con la *Directiva de máquinas*.

Como el generador estándar está diseñado para aplicación industrial, cumple con las normas sobre inmunidad y emisiones industriales. Si el generador va a ser utilizado para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales livianas, pueden requerirse equipos adicionales. En tal caso, comuníquese con el fabricante del generador si no ha especificado esto por anticipado.

Antes de que el generador sea acoplado a la máquina, debe cumplir con las siguientes directivas, que son aplicables para la parte componente de la máquina - generador:

- Directiva de bajo voltaje 2006/95/CE.
- Directiva de EMC 2004/108/CE.
- Directiva de máquinas 2006/42/CE.

NOTA: Una vez que el generador está acoplado al conjunto generador, el fabricante del conjunto generador tiene que asegurar que dicho conjunto cumple con las directivas relevantes de la CE.

Todos los generadores que suministra ABB tienen la marca de la CE (vea la figura 1-1. *Etiqueta de la CE*). Las etiquetas pueden entregarse como artículos sueltos en caso de que el generador se deba volver a pintar antes de entregarlo al usuario final.



Figura 1- 1. Etiqueta de la CE

1.3 Condiciones del emplazamiento

La maquina se debe utilizar en un emplazamiento con condiciones de acuerdo con las especificaciones y condiciones técnicas estipuladas por ABB en su contrato con el usuario y en ninguna otra parte.

1.4 Nota importante

La información que contiene este documento puede a veces ser de carácter general y aplicable a diversas máquinas proporcionadas por ABB.

Cuando exista un conflicto entre el contenido de este documento y la máquina real que se suministra, el usuario debe realizar una evaluación de ingeniería informada con respecto al curso de acción o, en caso de que exista alguna duda, comunicarse con ABB.

Las precauciones de seguridad que se muestran en este capítulo y en cualquier otro lugar de este Manual del usuario deben ser cumplidas en todo momento.

La seguridad depende de la conciencia, la preocupación y la prudencia de todas las personas que operan las máquinas y les realizan servicios. Aunque es importante que se cumplan todos los procedimientos de seguridad, es esencial que se tenga cuidado cerca de las máquinas.

NOTA: Para evitar accidentes, las medidas y los dispositivos de seguridad que se requieren en el sitio de la instalación deben estar de acuerdo con las instrucciones y las regulaciones estipuladas para la seguridad en el trabajo. Esto se aplica a las regulaciones generales de seguridad del país en cuestión, a los acuerdos

específicos realizados para cada sitio de trabajo y las instrucciones de seguridad que se incluyen en este manual, así como las instrucciones de seguridad separadas que se entregan con la máquina.

La información contenida en este documento puede ser modificada sin previo aviso y no se debe considerar como un compromiso por parte de ABB. ABB no asume ninguna responsabilidad por cualquier error que pueda aparecer en este documento.

Este documento y sus partes no deben ser reproducidos o copiados sin permiso expreso por escrito de ABB; asimismo, el contenido de este documento no debe ser impartido a un tercero ni debe ser utilizado para algún propósito no autorizado.

1.5 Limitación de responsabilidad

En ningún caso, ABB será responsable por daños directos, indirectos, especiales, incidentales o consecuenciales de cualquier naturaleza o clase que surjan del uso de este documento; ABB tampoco será responsable por daños incidentales o consecuenciales que surjan del uso de cualquier software o hardware descrito en este documento.

La garantía que se emite cubre defectos de fabricación y de materiales. La garantía no cubre ningún daño causado a la máquina, el personal o terceros por el almacenamiento indebido o instalación u operación incorrecta de la máquina. Las condiciones de la garantía se definen con mayor detalle de acuerdo con los términos y condiciones de Orgalime S2000.

NOTA: La garantía emitida no es válida si se modifican las condiciones de operación de la máquina o si se ha realizado algún cambio en la construcción de la máquina o algún trabajo de reparación en la máquina sin la aprobación previa por escrito de la fábrica de ABB, que suministró la máquina.

NOTA: Las oficinas de venta locales de ABB o los terceros revendedores pueden brindar detalles de garantía diferentes que se especifican en los términos y condiciones de la venta o en los términos de la garantía.

Para obtener información de contacto, vea la página posterior de este Manual del usuario. Recuerde proporcionar el número de serie de la máquina cuando analice temas específicos de la máquina.

1.6 Seguridad general

El desarrollo de determinadas operaciones, procedimientos de mantenimiento y algunos procedimientos de manipulación puede ser peligroso o perjudicial si no se cumplen las precauciones de seguridad correctas.

Aunque es importante que se cumplan estos los procedimientos de seguridad recomendados, siempre es necesario que se tenga cuidado cerca de las máquinas. ¡Ninguna lista puede ser exhaustiva, manténgase siempre alerta!

Es importante que el personal esté informado sobre los riesgos que existen dentro de su ambiente de trabajo. No sólo deben poder identificar estos riesgos: también deben poder ocuparse de la situación con rapidez y eficiencia llevando a cabo procedimientos de seguridad reconocidos.

También deben poder reconocer las etiquetas de advertencia y las señales visuales o auditivas.

Las siguientes recomendaciones son pautas generales:

- Use siempre indumentaria de protección, elementos para la cabeza y calzado correctamente equipados. La ropa suelta o floja puede ser letal cuando se trabaja en máquinas que giran o cerca de ellas. La indumentaria debe lavarse con regularidad. La ropa que se impregna con aceite u otras sustancias puede constituir un riesgo para la salud debido al contacto prolongado con la piel, incluso a través de la ropa interior.
- En la medida que sea practicable, trabaje en las máquinas o cerca de ellas únicamente cuando se encuentren detenidas. Si esto no fuera posible, mantenga las herramientas, los equipos para pruebas y todas las partes del cuerpo alejadas de las piezas móviles de la máquina.
- Las piezas de la máquina síncrona y sus equipos auxiliares pueden alcanzar temperaturas altas. Se debe usar indumentaria de protección, especialmente guantes, en todo momento.
- Muchos líquidos que se utilizan en las máquinas son perjudiciales si se tragan o si salpican los ojos. En el caso de tragar de manera accidental un fluido potencialmente peligroso, NO provoque vómitos y OBTENGA ASISTENCIA MÉDICA DE INMEDIATO. Use gafas de protección cuando manipule líquidos perjudiciales para los ojos. Si cualquier líquido salpica los ojos, lávelo inmediatamente y OBTENGA ASISTENCIA MÉDICA DE INMEDIATO.

La seguridad depende de la conciencia, la preocupación y la prudencia de todas las personas que operan las máquinas y les realizan servicios. Las máquinas pueden causar lesiones graves si se usan incorrectamente. El personal debe conocer los riesgos potenciales que existen durante la operación o el mantenimiento de máquinas sincrónicas.

Antes de intentar configurar, operar o ajustar máquinas sincrónicas, los operadores y el personal de mantenimiento deben ser técnicamente calificados y deben haber recibido la capacitación adecuada.

El personal debe estar familiarizado con los procedimientos recomendados detallados en el Manual del usuario.

1.6.1 Símbolos y etiquetas

El personal debe estar familiarizado con todos los símbolos y las etiquetas de advertencia instaladas en las máquinas. La falta de reconocimiento de una advertencia y de lectura de las instrucciones de seguridad asociadas puede dar como resultado lesiones personales o la muerte.

1.6.2 Riesgo eléctrico

La máquina síncrona y los equipos auxiliares deben estar desconectados de la alimentación eléctrica durante la instalación, el mantenimiento o la configuración. Todas las piezas con voltaje también deben estar conectadas a tierra.

1.6.3 Piezas móviles

Las cubiertas deben ser retiradas únicamente por personal calificado cuando esto forma parte de las instrucciones de un procedimiento de instalación, mantenimiento o configuración. Se deben volver a instalar lo antes posible. Mantenga las manos y la ropa suelta alejadas de todas las piezas móviles.

1.6.4 Temperaturas altas

Las piezas de las máquinas y sus equipos auxiliares alcanzarán temperaturas altas. Evite el contacto con ellas. Use siempre guantes de protección cuando trabaje en zonas vecinas.

1.6.5 Dispositivos antiestáticos (ESD)

Se deben tomar precauciones para prevenir daños a los dispositivos de control electrónico de la máquina síncrona. Asegúrese de que el entorno operativo se encuentre protegido contra la descarga electrostática (ESD). No toque los circuitos electrónicos mientras está desembalando.

1.6.6 Campos magnéticos

Existe un campo magnético en la zona inmediatamente circundante a las máquinas giratorias. Asegúrese de que los dispositivos (por ejemplo discos magnéticos, tarjetas de crédito, relojes, etc.) que puedan entrar en contacto o recibir la influencia de los efectos del electromagnetismo sean retirados de la zona.

1.6.7 Ruido

Las salas de máquinas pueden ser extremadamente ruidosas y dañar los oídos. Siempre que sea practicable, se debe usar protección auditiva.

1.7 Instrucciones de seguridad

1.7.1 Generalidades

Las regulaciones generales de seguridad, los acuerdos específicos realizados para cada sitio de trabajo y las precauciones de seguridad que aparecen en este documento se deben cumplir en todo momento.

1.7.2 Uso previsto

Las máquinas eléctricas tienen piezas energizadas y giratorias peligrosas y pueden tener superficies calientes. Todas las operaciones orientadas al transporte, el almacenamiento, la instalación, la conexión, la puesta en servicio y el mantenimiento serán realizadas por personas idóneas

responsables (de acuerdo con EN 50 110-1/DIN VDE 0105/IEC 60364). La manipulación incorrecta puede causar lesiones personales graves y daños a la propiedad.

Estas máquinas están destinadas a instalaciones industriales y comerciales como componentes según se define en la Directiva de máquinas (MD) 98/37/CE. Queda prohibida la puesta en servicio hasta tanto se haya establecido la conformidad del producto final con esta directiva (siga las reglas locales específicas para la seguridad e instalación como por ejemplo EN 60204).

Estas máquinas cumplen con las series armonizadas de normas EN 60034 / DIN VDE 0530. Queda prohibido su uso en atmósferas explosivas, excepto que se encuentren expresamente diseñadas para tal uso (siga las instrucciones adicionales).

Bajo ningún concepto, utilice grados de protección \leq IP23 en exteriores. Los modelos refrigerados por aire están diseñados típicamente para temperaturas ambiente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y para altitudes \leq 1000 m sobre el nivel del mar. La temperatura ambiente para modelos refrigerados por aire/agua no debe ser inferior a $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. De todos modos, tome nota de la información sobre desviaciones en la placa de especificaciones. Las condiciones de campo deben ajustarse a todas las marcas de la placa de especificaciones.

1.7.3 Transporte, almacenamiento

Informe de inmediato los daños que se identifiquen después de la entrega a la empresa de transporte. Detenga la puesta en servicio, si fuera necesario. Los anillos de izamiento están dimensionados para el peso de la máquina; no aplique cargas adicionales. Asegúrese que el uso de los anillos de izamiento sea correcto. Si fuera necesario, utilice medios de transporte adecuadamente dimensionados (por ejemplo guías de cuerda). Retire los soportes de envío (por ejemplo bloqueos de cojinetes, amortiguadores de vibraciones) antes de la puesta en servicio. Almacénelos para otros usos.

Cuando almacene la máquina, asegúrese de que la ubicación se encuentre seca, libre de polvo y vibraciones (existe el peligro de que los cojinetes se dañen al apoyarlos). Mida la resistencia de aislamiento antes de la puesta en servicio en valores \leq 1 k Ω por voltio de voltaje nominal, bobinado en seco. Siga las instrucciones del fabricante.

1.7.4 Instalación

Asegúrese de que el montaje se realice con apoyo parejo, patas sólidas o bridas y de que la alineación sea exacta. Evite las resonancias con frecuencia rotacional y doble frecuencia de red como resultado del montaje. Gire el rotor y escuche en busca de ruidos de deslizamiento anormales. Verifique la dirección de giro en estado no acoplado.

Realice las conexiones necesarias del sistema de ventilación y refrigeración. La ventilación no debe tener obstrucciones y el aire de escape, incluso de conjuntos vecinos, no se debe ingresar de manera directa.

1.7.5 Conexión eléctrica

Todas las operaciones deben ser realizadas únicamente por personal cualificado y con la máquina en reposo. Antes de comenzar a trabajar, se deben aplicar las siguientes reglas de seguridad de manera estricta:

- Desenergice.
- Proporcione medidas de seguridad contra reconexiones.
- Verifique que el aislamiento de la alimentación sea seguro.
- Realice las conexiones a tierra y cortocircuitos.
- Cubra o proporcione barreras contra piezas energizadas vecinas.
- Desenergice los circuitos auxiliares (por ejemplo calefacción anticorrosión).

Si se superan los valores límites de la zona A de EN 60034-1/DIN VDE 0530-1 ($\pm 5\%$ de voltaje, $\pm 2\%$ de frecuencia, forma de onda y simetría) se produce mayor aumento de temperatura y se ve afectada la compatibilidad electromagnética. Observe las marcas de la placa de especificaciones y el diagrama de conexiones en la caja de terminales.

La conexión debe realizarse de modo que se mantenga la conexión eléctrica segura permanente. Utilice terminales de cable adecuados. Establezca y mantenga uniones equipotenciales seguras.

Los espacios de separación entre las piezas energizadas no aisladas y entre esas piezas y la conexión a tierra no deben ser inferiores a los valores de normas adecuadas y los valores que posiblemente figuran en la documentación del fabricante.

No se permite la presencia de cuerpos extraños, polvo o humedad en la caja de terminales. Cierre los orificios de entrada de cables que no se utilicen y la caja en sí de manera hermética e impermeable. En el caso de máquinas con accesorios, verifique que éstos funcionen de manera satisfactoria antes de realizar la puesta en servicio.

La instalación correcta (por ejemplo la segregación de las líneas de señal y de alimentación, los cables blindados, etc.) forma parte de la responsabilidad del instalador.

1.7.6 Operación

Se tienen que determinar valores de vibración aceptables de acuerdo con la aplicación y la norma ISO correspondiente. En caso de duda, si hay desviaciones con respecto a la operación normal (por ejemplo temperatura elevada, ruidos o vibraciones), desconecte la máquina síncrona. Establezca la causa y consulte al fabricante, si fuera necesario.

No anule los dispositivos de protección, ni siquiera en ejecuciones de ensayo. En caso de que se presenten depósitos excesivos de suciedad, limpie el sistema de refrigeración a intervalos regulares.

Periódicamente, abra los orificios de drenaje de condensación que se encuentren cerrados, si las hay.

Engrase los cojinetes durante la puesta en servicio antes del arranque en caso de que haya cojinetes reengrasables. Reengrase los cojinetes antifricción mientras la máquina está en funcionamiento. Siga las instrucciones que figuran en la placa de lubricación. Utilice la clase correcta de grasa.

Consulte la documentación del fabricante para conocer el nivel de ruido e información sobre el uso de medidas correctas para reducir el ruido.

1.7.7 Mantenimiento y trabajos de servicio

Siga las instrucciones operativas del fabricante. Para obtener otros detalles, vea el *capítulo 7. Mantenimiento* del Manual del usuario. ¡Conserve estas instrucciones de seguridad!

1.8 Instrucciones para desecho y reciclado

ABB está comprometido con su política ambiental. Nos esforzamos permanentemente para que nuestros productos sean más respetuosos del medio ambiente mediante la aplicación de resultados obtenidos en análisis de posibilidad de reciclado y ciclo de vida. Los productos, el proceso de fabricación y la logística se han diseñado teniendo en cuenta los aspectos ambientales. Nuestro sistema de gestión ambiental, certificado de acuerdo con la norma ISO 14001, es la herramienta para llevar a cabo nuestra política ambiental.

Estas instrucciones son únicamente pautas y es responsabilidad del cliente asegurar que se siga la legislación local.

El contenido de materiales (porcentaje de masa promedio) que se han utilizado en la fabricación de la máquina eléctrica se presenta en la *tabla 1-1*:

Tabla 1-1. Contenido de materiales del generador.

Acero	70%
Cobre	15%
Hierro fundido	10%
Aluminio	2%
Materiales de aislamiento	2%
Otros	1%

1.8.1 Reciclado del material requerido para el transporte

Después de desembalar la máquina, se debe retirar el embalaje. El embalaje es de madera y puede quemarse. El material plástico que rodea la máquina se puede reciclar.

Después de instalar la máquina, se debe retirar el bloqueo para transporte. El bloqueo para transporte es de acero y puede reciclarse. El bloqueo para transporte también se puede almacenar para una posible reutilización.

El embalaje a prueba de navegación para envíos a algunos países como Australia tiene requisitos especiales y está hecho, por ejemplo, de madera impregnada que se debe reciclar de acuerdo con las instrucciones locales.

El material de protección contra óxido que cubre las superficies torneadas se puede eliminar con detergentes solventes con base de petróleo y los trapos de limpieza son residuos peligrosos que deben manipularse de acuerdo con las instrucciones locales.

1.8.2 Reciclado de la máquina completa

Desmantelamiento de la máquina

Debido al peso de los componentes, la persona que realiza el desmantelamiento debe tener la destreza adecuada para manipular componentes pesados y prevenir situaciones de peligro.

Bastidor, carcasa de cojinetes, cubiertas y ventilador

Estas piezas están hechas de acero estructural o hierro fundido, que se puede reciclar de acuerdo con las instrucciones locales. Todos los equipos auxiliares, cables y cojinetes se deben retirar antes de fundir el material.

Componentes con aislamiento eléctrico

El estator y el rotor son los componentes principales que incluyen materiales de aislamiento. Sin embargo, existen componentes auxiliares contruidos de materiales semejantes y que, por lo tanto, se tratan de la misma manera. Esto incluye diversos aisladores que se utilizan en la caja de terminales, la máquina de excitación, los transformadores de voltaje y de corriente, los cables de alimentación, los cables de los instrumentos, las protecciones contra sobretensiones y los capacitores. Algunos de estos componentes se utilizan únicamente en un número muy limitado de máquinas.

Todos estos componentes se encuentran en etapa inerte una vez que se ha completado la fabricación de la máquina. Algunos componentes, en particular el estator y el rotor, contienen una cantidad considerable de cobre que se puede separar en un proceso de tratamiento térmico adecuado donde los materiales orgánicos aglutinantes del aislamiento eléctrico se gasifican. Para asegurar que las emanaciones se quemen correctamente, el horno incluirá una unidad de postcombustión.

Las siguientes son las condiciones recomendadas para el tratamiento térmico y para la postcombustión, con el fin de minimizar las emisiones del proceso:

- Tratamiento térmico:
 - Temperatura: 380 a 420 °C (716 a 788 °F).
 - Duración: Después de recibir el 90% de la temperatura objetivo, el objeto permanecerá un mínimo de cinco horas a esta temperatura
- después de quemar las emanaciones de los aglutinantes.
 - Temperatura: 850 a 920 °C (1562 a 1688 °F).
 - Caudal: Las emanaciones de los aglutinantes deben permanecer un mínimo de tres segundos en la cámara de combustión.

NOTA: La emisión comprende principalmente gases de O₂, CO, CO₂, NO_x, C_xH_y y partículas microscópicas. Es responsabilidad del usuario asegurar que el proceso cumpla con la legislación local.

NOTA: El proceso del tratamiento térmico y el mantenimiento de los equipos de tratamiento térmico requieren cuidados especiales para evitar cualquier riesgo de incendio o explosiones. Debido a la diversidad de instalaciones que se utilizan para este propósito, no es posible que ABB ofrezca instrucciones detalladas para el proceso de tratamiento térmico o el mantenimiento de los equipos de tratamiento térmico. Estos aspectos deben ser resueltos por el cliente.

Desechos peligrosos

El aceite y la grasa del sistema de lubricación son desechos peligrosos y se deben manipular de acuerdo con las instrucciones locales.

Desechos para relleno sanitario

Todo el material de aislamiento se puede manipular como desecho para relleno sanitario.

Capítulo 2 Transporte y almacenamiento

2.1 Transporte y desembalaje

2.1.1 Medidas de protección antes del transporte

Las siguientes medidas de protección se toman antes de entregar la máquina desde la fábrica. Se deben tomar las mismas medidas de protección cada vez que se traslade la máquina:

- Todas las máquinas síncronas que se entregan como una unidad se proporcionan con un dispositivo de bloqueo para transporte que protege la máquina contra daños durante el transporte. El dispositivo de bloqueo debe estar instalado siempre que la máquina sea transportada.
- Las superficies metálicas torneadas, como la extensión del eje, se cubren con un revestimiento anticorrosivo antes de la entrega.
- Los cojinetes se engrasan en la fábrica o durante las pruebas antes de la entrega. Esto proporciona suficiente protección contra la corrosión.
- Durante el envío, la máquina debe colocarse bajo cubierta.

2.1.2 Izamiento de la máquina

Antes de izar la máquina, asegúrese de contar con equipos de izamiento adecuados disponibles y de que el personal esté familiarizado con los trabajos de izamiento. El peso de la máquina aparece en la placa de especificaciones, el plano acotado y la lista de embalaje.

NOTA: Utilice únicamente las orejetas o los anillos de izamiento destinados al izamiento de la máquina completa. No utilice ninguna otra orejeta o anillo de izamiento disponible, ya que se encuentran allí únicamente para propósitos de servicios.

NOTA: El centro de gravedad de las máquinas con igual bastidor puede variar debido a distintas salidas, organizaciones de montaje y equipos auxiliares.

NOTA: Antes de realizar el izamiento, verifique que los pernos de anillo o las orejetas de izamiento integradas con el bastidor de la máquina no estén dañadas. Las orejetas de izamiento dañadas no se deben utilizar.

NOTA: Los pernos de anillo de izamiento deben ser apretados antes del izamiento. Si fuera necesario, la posición del perno de anillo se debe ajustar con las arandelas adecuadas.

2.1.3 Izamiento de la máquina embalada

El izamiento se debe realizar con gran cuidado y utilizando eslingas con la longitud necesaria como para poder satisfacer los requisitos de ángulo de izamiento. Vea la figura 2-1. Izamiento de máquinas embaladas. Si no se cumple con los requisitos, existe el riesgo de daños.

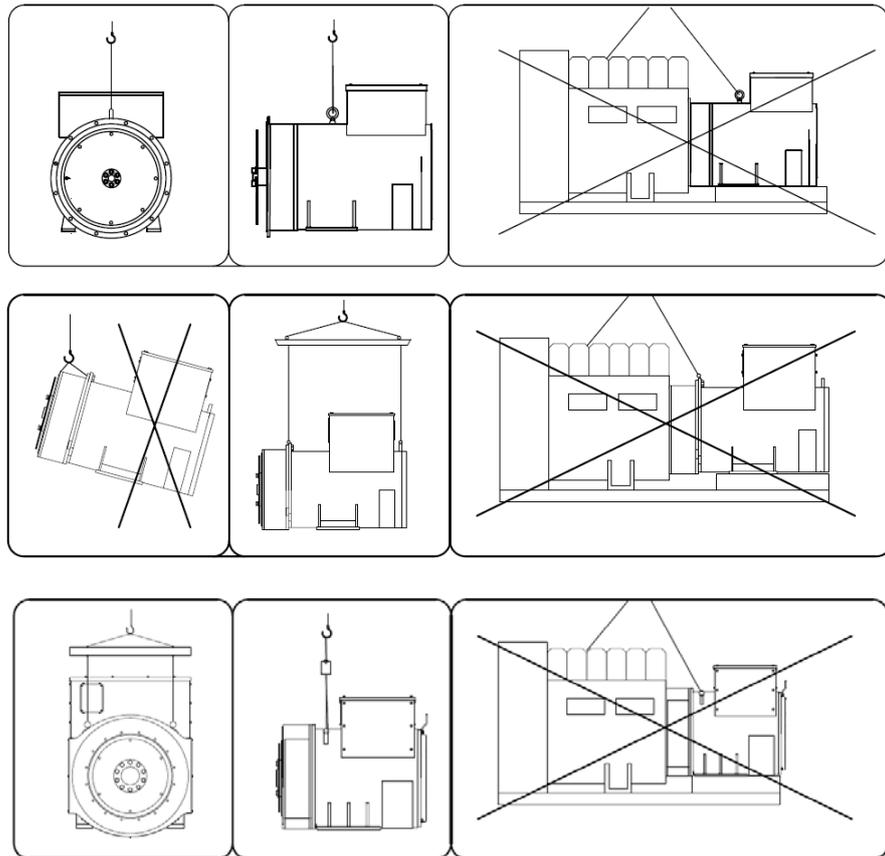


Figura 2-1. Izamiento de máquinas embaladas

NOTA:

- La máquina debe izarse desde el bastidor. No intente izar la máquina desde la cubierta superior.
- No realice el izamiento del conjunto generador completo utilizando los puntos de izamiento del generador.
- Cuando se mueva el generador, manténgalo siempre en el plano horizontal; esto reducirá el riesgo de que el rotor se caiga si se considera el diseño de 1 cojinete.

2.1.4 Verificaciones durante la entrega y el desembalaje

Verificación durante la entrega

Inspeccione la máquina y el embalaje de inmediato cuando llegue. Cualquier daño durante el transporte se debe fotografiar e informar de inmediato, es decir, dentro de un plazo de menos de una (1) semana

posterior a la recepción, si se va a presentar una reclamación al seguro del transporte. Por lo tanto, es importante que se verifique en busca de evidencia de descuido en la manipulación y que se la informe de inmediato a la empresa de transporte y al proveedor. Utilice las listas de verificación que se ofrecen en el *anexo 5. Informe de puesta en servicio*.

Una máquina que no se instala de inmediato cuando llega no debe quedar sin supervisión o sin precauciones de protección. Para obtener más detalles, vea el *capítulo 2.2. Almacenamiento*.

Desembalaje

Coloque la máquina síncrona de manera que no obstruya la manipulación de ningún otro elemento y sobre una superficie plana, libre de vibraciones.

Cuando se haya retirado el embalaje, se debe llevar a cabo una verificación con el fin de ver que la máquina no se encuentre dañada y que todos los accesorios se hayan incluido. Coloque una marca de verificación a los accesorios de la lista de embalaje que se incluye. Si existe algún daño, sospecha de daño o si faltan accesorios, informe esto de inmediato al proveedor.

Recicle el material de embalaje de acuerdo con lo expresado en el *capítulo 1.7.1. Reciclado del material requerido para el transporte.*

2.1.5 Placa de cojinetes

Si se necesita volver a lubricar, hay una placa de cojinetes de acero inoxidable instalada en el bastidor de la máquina. La placa de cojinetes indica el tipo de cojinetes y de lubricación que se debe utilizar; *vea la figura 2-2. Placa de cojinetes para cojinetes de rodillo lubricados con grasa.*

Cojinete del extremo de la transmisión (DE)	6324/C3	1
Extremo sin transmisión (NDE)		2
Cojinete	6317/C3	3
Intervalo de lubricación a 70 °C	4400 Hours	4
Temperatura del cojinete (158 °F) 4400 horas		
Cantidad de grasa	72	5
Grasas aplicables	ESSO UNIREX N2	

Nota: Cada 15 °C (27 °F) de aumento por encima de 70 °C (158 °F) en la temperatura del cojinete, se reduce a la mitad el intervalo nominal de lubricación.

Información adicional: [vea el manual de mantenimiento.](#)

Figura 2-2. Placa de cojinetes para cojinetes de rodillo lubricados con grasa

Notación utilizada en la *figura 2-2*:

1. Tipo de cojinete de extremo DE (LA).
2. Tipo de cojinete de extremo NDE (LOA).
3. Intervalo de lubricación.
4. Cantidad de grasa para cojinetes de extremo DE (LA) y NDE (LOA).
5. Tipo de grasa que se entrega de fábrica.

NOTA: La información que se proporciona en la placa de cojinetes se debe seguir obligatoriamente. De lo contrario, se anulará la garantía de los cojinetes.

Si no se requiere relubricación para los tipos de cojinete que se utilizan en el generador, tampoco se habrá instalado una placa de cojinetes.

2.2 Almacenamiento

2.2.1 Almacenamiento a corto plazo (menos de 2 meses)

La máquina debe almacenarse en un depósito adecuado con ambiente controlable. Un buen depósito o lugar de almacenamiento tiene:

- Una temperatura estable, preferiblemente entre 10 °C (50 °F) y 50 °C (120 °F). Si las resistencias calefactoras están energizadas y el aire circundante está a más de 50 °C (120 °F), asegúrese de que la máquina no se sobrecaliente.
- Baja humedad relativa del aire, preferiblemente inferior al 75%. La temperatura de la máquina se debe mantener sobre el punto de rocío para prevenir la condensación de humedad en su interior. Si la máquina se encuentra equipada con resistencias calefactoras, éstos deben estar energizados. Verifique periódicamente la operación de las resistencias calefactoras. Las resistencias calefactoras se deben desenergizar cuando la temperatura del aire en el interior del cuerpo de la máquina excede +40 °C. Antes de conectar la alimentación a la resistencia calefactora, verifique el voltaje y la alimentación de suministro en el *anexo 8. Especificaciones técnicas* o en el *anexo 3. Planos de conexiones principales*. Si la máquina no está equipada con resistencias calefactoras, se debe utilizar un método alternativo para calentar la máquina y prevenir la condensación de humedad en la máquina. La máquina se puede calentar, por ejemplo, mediante suministro de alimentación en los terminales principales de la máquina. El voltaje de CC requerido es de aproximadamente el 5% del voltaje nominal y la corriente no excederá el 30% de la corriente nominal.
- Un apoyo estable libre de vibraciones y choques excesivos. Si se sospecha que las vibraciones serán demasiado altas, la máquina debe ser aislada colocando bloques de caucho adecuados debajo de las patas de la máquina.
- Aire ventilado, limpio y libre de polvo y de gases corrosivos.
- Protección contra insectos y gusanos dañinos.

Si la máquina se debe almacenar en exteriores, nunca se la debe dejar 'como está' en el embalaje de transporte. Para almacenar la máquina en exteriores:

- Retire la máquina del envoltorio plástico.
- Cubra la máquina para prevenir el ingreso de agua de lluvia. La cubierta debe permitir la ventilación de la máquina.
- Coloque la máquina sobre apoyos rígidos de 100 mm (4") de altura como mínimo. Esto previene el ingreso en la máquina de humedad desde abajo.
- Proporcione buena ventilación. Si la máquina se deja en el embalaje de transporte, practique orificios de ventilación lo suficientemente grandes en el embalaje.

- Utilice resistencias calefactoras o un método alternativo para calentar la máquina y prevenir la condensación de humedad en la máquina.
- Proteja contra insectos y gusanos dañinos.

2.2.2 Almacenamiento a largo plazo (2 a 6 meses)

Además de las medidas que se describen en el *capítulo 2.2.1. Almacenamiento a corto plazo (menos de 2 meses)*, se deben tomar medidas adicionales en función de si la máquina se almacena en interiores o en exteriores.

NOTA: Tenga cuidado de no dañar los sellos o los cojinetes.

Almacenamiento en interiores

Para almacenar la máquina en interiores:

- Si la máquina se almacena en el embalaje de transporte, practique orificios lo suficientemente grandes a los costados del embalaje de transporte de modo que el extremo D (LA) y el extremo ND (LOA) de la máquina resulten accesibles.
- Si la protección realizada por el fabricante ha sido retirada, proteja las superficies sin pintura como las extensiones de eje, los discos de acoplamiento, las mitades de acoplamiento y los tornillos de elevación con un agente anticorrosivo adecuado.
- Si la máquina ha sido entregada en estado completamente armado, gire el rotor aproximadamente 10 revoluciones una vez cada 3 meses para mantener una película de aceite o grasa protectora sobre las superficies de los cojinetes.

Almacenamiento en exteriores

Para almacenar la máquina en exteriores:

- Tome todas las medidas descritas en el párrafo anterior titulado *Almacenamiento en interiores*.
- Cubra la máquina totalmente con una cubierta impermeable suficientemente grande.
- Retire las cubiertas laterales y de extremo de la máquina.
- Proteja las superficies desnudas del eje y las piezas sin pintar con un agente anticorrosivo.

2.2.3 Almacenamiento a muy largo plazo (más de 6 meses)

Limpie todas las superficies protegidas que se enumeran en el *capítulo 2.2.1. Almacenamiento a corto plazo (menos de 2 meses)* y el en *capítulo 2.2.2. Almacenamiento a largo plazo (2 a 6 meses)* y renueve el tratamiento anticorrosivo cada 12 meses. De lo contrario, siga las instrucciones para períodos de almacenamiento más breves.

2.2.4 Cojinetes de rodillo

Aplique las siguientes medidas:

- Los cojinetes de rodillo deben estar bien lubricados durante el almacenamiento. Los tipos de grasa aceptables se presentan en el *capítulo 2.1.5. Placa de cojinetes*. En el caso de cojinetes sin la opción de relubricación, esta opción se descarta.
- Gire el rotor 10 revoluciones cada tres meses para mantener los cojinetes en buenas condiciones.

Retire cualquier posible dispositivo de bloqueo para transporte durante el giro del rotor.

- Las máquinas pueden contar con un dispositivo de bloqueo para proteger los cojinetes contra daños durante el transporte y el almacenamiento. Verifique periódicamente el dispositivo de bloqueo de los cojinetes. Apriete el dispositivo de bloqueo para transporte de acuerdo con el tipo de cojinete posicionador axial; vea la *tabla 2-1. Torsión de apriete para máquinas horizontales (tornillo lubricado)*.

NOTA: Si la torsión de apriete del dispositivo de bloqueo para transporte es demasiado alta, se dañará el cojinete.

NOTA: Los tipos de cojinete utilizados se encuentran en la placa de cojinetes; vea el *capítulo 2.1.5. Placa de cojinetes* y el *anexo 8. Especificaciones técnicas*.

Tabla 2-1. Torsión de apriete para máquinas horizontales (tornillo lubricado).

Tipo de cojinete posicionador axial	Torsión de apriete [Nm]	Torsión de apriete [lb-pie]
6317	50	37
6319	60	44
6322	120	90
6324	140	100
6326	160	120

2.2.5 Verificaciones regulares durante el almacenamiento

Las siguientes verificaciones se deben realizar con regularidad durante el almacenamiento.

Todos los meses:

- Verifique que las resistencias calefactoras o el método de calentamiento alternativo de la máquina estén funcionando.
- Verifique que la ventilación funcione.

Cada 3 meses:

- Verifique la resistencia de aislamiento; vea el *capítulo 7.6.4. Prueba de resistencia de aislamiento*.
- Verifique que no haya corrosión sobre las superficies. Si se observa corrosión, retírela y proteja las superficies.
- Verifique que los agentes anticorrosión no se hayan agrietado.

2.2.6 Almacenamiento y cuidado después de la instalación

Si la máquina no va a estar en operación durante un período mayor después de la instalación, se deben aplicar las mismas medidas que en el *capítulo 2.2.1. Almacenamiento a corto plazo (menos de 2 meses)*. Recuerde girar el eje 10 revoluciones al menos cada 3 meses.

Capítulo 3 Instalación y alineación

3.1 Preparativos para la instalación

3.1.1 Generalidades

La buena planificación y preparación dan como resultado la instalación correcta, aseguran condiciones de ejecución seguras y una máxima accesibilidad. Durante la instalación, se deben seguir instrucciones de seguridad tanto generales como locales.

NOTA: Instale resistencias calefactoras para mantener seco el interior de la máquina cuando existe riesgo de condensación.

NOTA: Proteja la máquina contra el polvo y el agua de lluvia.

Herramientas y materiales

El material adecuado para la configuración y la suplementación, así como otras herramientas auxiliares para la instalación normalmente no se incluyen en la entrega de ABB. Las herramientas auxiliares para la instalación deben ser suministradas por el cliente.

Si es necesario, lo siguiente debe estar disponible en el sitio:

- Accesorios para indicadores, escuadras de extensión y otras herramientas de alineación.
- Una palanca para girar el rotor.
- Otras herramientas y materiales auxiliares para la instalación, como gatos hidráulicos y placas de escuadra con tornillos ajustables.

Torsiones de apriete generales

Las torsiones de apriete generales para los tornillos se proporcionan en el *capítulo 7.4.4. Grado de apriete de los accesorios de fijación*. Utilice estos valores si no se proporciona ninguna torsión de apriete específica en este manual o en los planos mecánicos y eléctricos.

NOTA: Los valores que aparecen en la *tabla 7-10. Torsiones de apriete generales* son generales y no se aplican a diversos elementos, como diodos, aisladores de apoyo, cojinetes, terminales de cable o dispositivos de fijación de polos, protecciones contra sobretensiones, capacitores, transformadores de corriente, puentes rectificadores y tiristores; en el caso de que se proporcione otro valor en algún lugar de este manual o en los planos mecánicos y eléctricos, vea *Planos mecánicos* y *Planos eléctricos*.

3.1.2 Retiro del almacenamiento

Cuando se trae la máquina del exterior, a una temperatura inferior a 0 °C, no realice ningún trabajo en la máquina hasta que la temperatura de la misma haya subido lo suficiente (de 5 a 10 °C).

La transferencia de una temperatura fría a temperatura ambiente puede causar condensación en el interior de las máquinas y puede ser peligroso para el bobinado. Por lo tanto, es importante verificar la resistencia de aislamiento del bobinado antes del arranque (vea el *capítulo 5. Puesta en servicio*).

3.1.3 Verificación de los cimientos

El diseño estructural de los cimientos no está incluido en el alcance de ABB y, por lo tanto, esto será responsabilidad del cliente o de un tercero.

La instalación de la máquina debe planificarse lo antes posible.

Antes de izar la máquina sobre los cimientos:

- Verifique que la posición de los agujeros de fijación y la altura de los cimientos concuerden con las mediciones correspondientes en los dibujos esquemáticos y los planos de cimientos en el Anexo 1. Plano principal.
- Verifique que los cimientos estén nivelados. Si se ha acordado alguna inclinación, la inclinación permitida se debe indicar en el plano de instalación.
- Barra o aspire para limpiar los cimientos.

Instrucciones adicionales para el generador de monocojinete

- Verifique que las dimensiones de la brida, el offset y los discos de acoplamiento concuerden con las medidas correspondientes en los planos acotados.
- Verifique que el offset (AH) concuerde con la medida correspondiente en el plano acotado (vea la figura 3-1 a continuación).

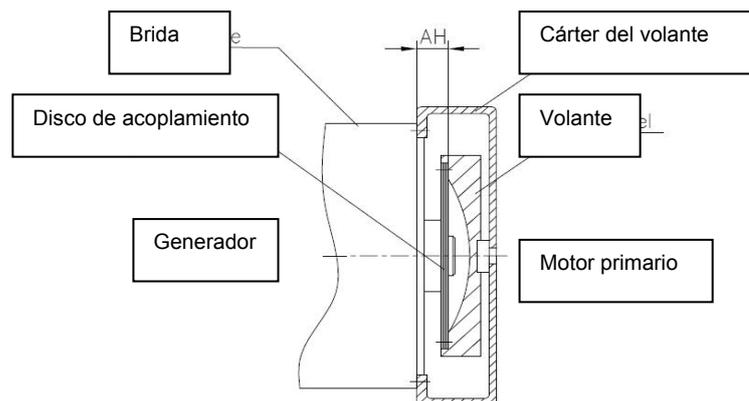


Figura 3-1. Conexión con el motor

NOTA: Para tomar la medida de AH, es mejor elegir cuatro posiciones diferentes en el círculo: superior, inferior, derecha, izquierda, es decir 90°, y seleccionar el valor promedio de las posiciones.

3.1.4 Desmontaje del dispositivo de bloqueo para transporte

Todas las máquinas con cojinetes de manguito o de rodillo tienen instalados dispositivos de bloqueo para transporte. En el caso de las máquinas con cojinetes de manguito o de rodillo cilíndrico, el dispositivo de bloqueo para transporte está confeccionado con una barra de acero fijada tanto al casquillo del cojinete en el extremo D (LA) como al extremo de la extensión del eje.

Antes de instalar la máquina, se debe retirar el dispositivo de bloqueo para transporte. Se debe limpiar el revestimiento anticorrosivo de la extensión del eje. El dispositivo de bloqueo se debe almacenar para un uso futuro.

NOTA: Con el fin de evitar daños en los cojinetes, el dispositivo de bloqueo para transporte se debe colocar en la máquina toda vez que la máquina se mueva, se transporte a otra ubicación o se almacene. Vea el *capítulo 2.1.1. Medidas de protección antes del transporte*.

3.1.5 Tipo de acoplamiento

Las máquinas con cojinetes de rodillo se deben conectar a la máquina impulsada con acoplamientos flexibles, por ejemplo acoplamientos de chaveta o acoplamientos de engranaje.

NOTA: La máquina no es adecuada para conexión de correa, cadena o engranaje si no está específicamente diseñada para ese uso. Lo mismo aplica para aplicaciones de empuje axial alto.

3.1.6 Montaje del semiacoplamiento

Este capítulo es principalmente para generadores con diseño DAE, únicamente. Para el diseño DBE, no se permiten soluciones de acoplamiento diferentes, por ejemplo transmisión o acoplamiento por correa, excepto discos de acoplamiento.

Montaje

Cuando se monta el semiacoplamiento, se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones:

- Siga las instrucciones generales del proveedor del acoplamiento
- El peso de la mitad de acoplamiento puede ser considerable. Se puede requerir un equipo de izamiento adecuado.
- Limpie el revestimiento anticorrosivo de la extensión del eje y verifique las mediciones de la extensión y del acoplamiento con respecto a los planos que se proporcionan. Asegúrese también de que los chaveteros del acoplamiento y la extensión del eje estén limpios y libres de rebabas.
- Cubra la extensión del eje y la cavidad del cubo con una capa delgada de aceite como para facilitar el montaje de la mitad de acople. Nunca cubra superficies de contacto con disulfuro de molibdeno (Molykote) o productos similares.
- El acoplamiento debe estar cubierto con una protección táctil.

NOTA: Con el fin de no dañar los cojinetes, no se deben aplicar fuerzas adicionales a los cojinetes cuando se arma la mitad de acoplamiento.

Equilibrado del acoplamiento

El rotor se equilibra dinámicamente con media llave de manera estándar. La manera de balancear está estampada en el extremo del eje:

- H = media llave
- F = llave completa

La mitad de acoplamiento se debe balancear de manera acorde.

3.1.7 Transmisión por correa

Las máquinas diseñadas para transmisiones por correa siempre están equipadas con cojinete de rodillo cilíndrico en el extremo D (LA).

Si se utiliza una transmisión por correa, asegúrese de que la polea impulsora e impulsada se encuentren correctamente alineadas.

NOTA: Antes del uso, siempre se debe verificar la adecuación del extremo del eje y los cojinetes para la transmisión por correa. No exceda la fuerza radial que se especifica en las definiciones del pedido.

3.2 Instalación y alineación

La máquina normalmente se transporta e iza como una unidad ya armada sobre los cimientos; vea el *anexo 1. Plano acotado principal*.

NOTA: El cliente es responsable por la instalación de la máquina (excepto que en el contrato se mencione otra cosa). ABB no puede ser responsabilizado por daños que puedan ocurrirle a la máquina o a los equipos circundantes a consecuencia de:

- Exceso de transmisión de vibraciones.
- Diseño deficiente de los cimientos y/o las estructuras.
- Instalación deficiente.
- Un fallo en la alineación.
- Condiciones de almacenamiento deficientes.
- Incumplimiento de las instrucciones con respecto a las verificaciones anteriores al arranque.
- Una conexión eléctrica incorrecta.

Con el fin de asegurar una vida útil prolongada y satisfactoria tanto de la máquina impulsora como de la impulsada, las máquinas deben estar correctamente alineadas entre sí. Esto significa que hay que minimizar la desviación radial y la angular entre los dos ejes de la máquina. La alineación se debe realizar con gran precaución porque los errores de alineación podrían dar como resultado daños en los cojinetes y en el eje.

Para instalar y alinear la máquina:

- Monte la máquina sobre el bastidor de la base.
- Alinee la máquina en los sentidos axial y horizontal.

NOTA: La alineación se debe realizar con gran precaución. De lo contrario, se pueden producir vibraciones graves y se pueden dañar el generador y el motor primario.

- Si se considera el diseño de un cojinete, alinee y acople los discos de acoplamiento con el volante y acople la brida con la carcasa del volante.

NOTA: La alineación se debe realizar con gran precaución. De lo contrario, se pueden producir vibraciones graves y se pueden dañar el generador y el motor primario.

3.2.1 Excentricidad del semiacoplamiento

El procedimiento de alineación se inicia midiendo la excentricidad del semiacoplamiento. Esta medición mostrará cualquier inexactitud del eje y/o de las mitades de acoplamiento. Se mide la excentricidad del semiacoplamiento con respecto a la carcasa del cojinete de la máquina.

Coloque los indicadores de acuerdo con la *figura 3-2. Medición de la excentricidad en la mitad de acoplamiento*. Verifique de manera similar la excentricidad del semiacoplamiento de la máquina impulsada con respecto a su carcasa del cojinete. Se necesita una palanca simple para girar el rotor de una máquina con cojinetes de manguito. El error de excentricidad admisible es menos de 0,02 mm (0,8 mil).

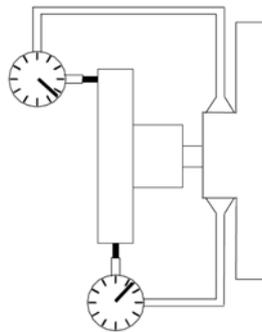


Figura 2-2. Medición de la excentricidad del semiacoplamiento

3.2.2 Alineación de máquinas

Con el fin de asegurar una vida útil prolongada y satisfactoria tanto de la máquina impulsora como de la impulsada, las máquinas deben estar correctamente alineadas entre sí. Esto significa que hay que minimizar la desviación radial y la angular entre los dos ejes de la máquina. La alineación se debe realizar con gran precaución porque los errores de alineación darán como resultado daños en los cojinetes y en el eje.

Antes de la alineación, retire el dispositivo de bloqueo para transporte. Una vez que la máquina ha sido posicionada de manera aproximada, se puede iniciar la alineación final.

NOTA: La alineación se debe realizar con gran precaución. De lo contrario, se pueden producir vibraciones graves y se pueden dañar la máquina impulsora y la impulsada.

Alineación del generador con discos de acoplamiento

De acuerdo con la práctica común, la desalineación paralela y angular no deben exceder entre 0,05 y 0,10 mm y la desalineación axial no debe exceder 0,10 mm (vea la *figura 3-3. Verificación de la desalineación de los discos de acoplamiento* a continuación).

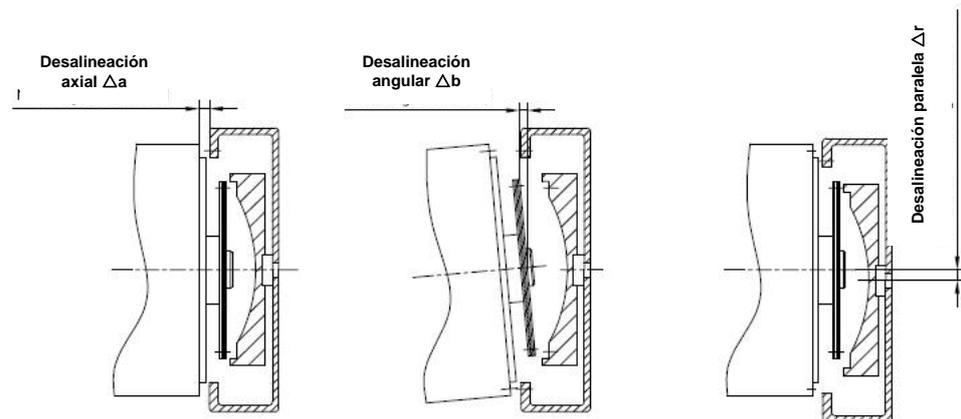


Figura 3-3. Verificación de la desalineación de los discos de acoplamiento

NOTA: Es imposible establecer tolerancias de alineación definidas porque hay muchos factores que influyen sobre las tolerancias. Las tolerancias demasiado grandes causarán vibración y posiblemente pueden dar como resultado daños en los cojinetes o de otras clases. Por lo tanto, se recomienda buscar tolerancias lo más estrechas que sea posible. Las desalineaciones anteriores son las máximas permitidas.

En general, durante la alineación, apriete los tornillos hasta la torsión recomendada; vea el *capítulo 7.4.4. Grado de apriete de los accesorios de fijación* y verifique que exista juego lateral en el cigüeñal (0,1 a 0,6 mm).

NOTA: Después de alinear la máquina, apriete los tornillos de acoplamiento de la brida y la carcasa del volante primero. Después, apriete los tornillos de los discos de acoplamiento y a través del volante.

Alineación del generador sin discos de acoplamiento

La alineación se realiza de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del acoplamiento. Se requiere alineación paralela, angular y axial de la máquina. Algunas publicaciones estándar ofrecen recomendaciones para la alineación de acoplamientos; vea, por ejemplo, *BS 3170:1972 Flexible couplings for power transmission* (Acoplamientos flexibles para transmisión de energía).

De acuerdo con la práctica común, la desalineación paralela y angular no deben exceder entre 0,05 y 0,10 mm y la desalineación axial no debe exceder 0,10 mm (vea la *figura 3-4. Verificación de la desalineación*). La

excentricidad correspondiente es de 0,10 a 0,20 mm para la desalineación paralela y angular y de 0,20 para la desalineación axial.

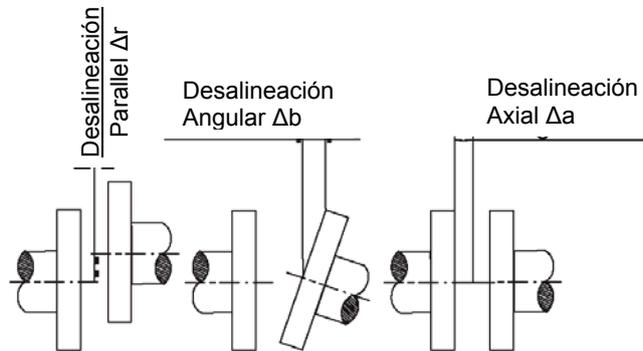


Figura 3-4. Definición de la desalineación

Notación utilizada en la figura 3-2. Definición de la desalineación:

- Desalineación paralela Δr
- Desalineación angular Δb
- Desalineación axial Δa

Alineación final

Para evitar la fuerza que crea la desalineación para la máquina, corrija las alineaciones como sigue:

1. Monte el equipo de alineación. Si se utilizan indicadores, resulta práctico ajustar el indicador con dial de manera que se encuentre disponible aproximadamente la mitad de la escala en cada dirección. Verifique la rigidez de las escuadras de los indicadores para eliminar la posibilidad de combas; vea la figura 3-5. Verificación de la alineación con indicadores.

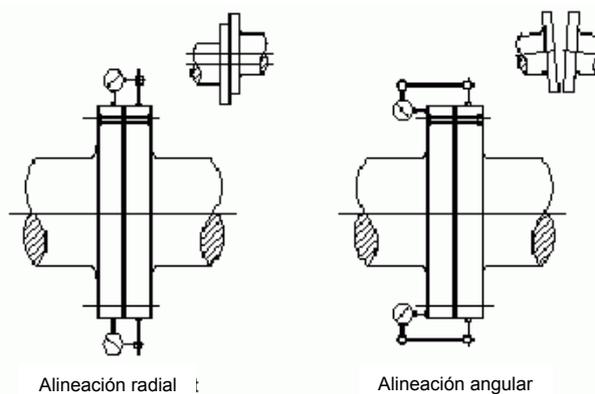


Figura 3-5. Verificación de la alineación con indicadores

2. Mida y tome nota de las lecturas correspondientes a la desalineación paralela, angular y axial en cuatro posiciones diferentes: superior, inferior,

derecha e izquierda, es decir, cada 90°, mientras los dos ejes se giran simultáneamente. Registre las lecturas en el *anexo 5. Informe de puesta en servicio*.

3. Alinee la máquina en sentido vertical mediante placas de suplementación.

- Apriete los tornillos de las patas del bastidor.
- Afloje los tornillos de la parte inferior izquierda del motor primario.
- Apriete los tornillos y las tuercas de la parte inferior delantera del motor primario.
- Mida la distancia entre la parte inferior de las patas de la máquina y la bancada y realice las cuñas o los bloques sólidos correspondientes o reserve los suplementos necesarios.
- Coloque los bloques sólidos o los suplementos debajo de las patas del generador. Apriete los pernos de fijación.
- Apriete los tornillos de la parte inferior trasera del motor primario; coloque bloques sólidos si es necesario.
- Apriete los tornillos hasta la torsión recomendada; vea el *capítulo 7.4.4. Grado de apriete de los accesorios de fijación* y verifique que exista juego lateral en el cigüeñal (0,1 a 0,6 mm).

NOTA: Durante esta actividad, utilice una llave torsional para apretar los tornillos que conectan la brida del generador y la carcasa del volante del motor, y los discos de acoplamiento y el volante. Las torsiones recomendadas se proporcionan en el *capítulo 7.4.4. Grado de apriete de los accesorios de fijación*.

En las instrucciones que ofrece el fabricante de la máquina impulsada/impulsora puede haber instrucciones de instalación más detalladas.

4. Verifique nuevamente la alineación. Realice correcciones, si fuera necesario.

5. Vuelva a apretar los tornillos. Durante esta actividad, utilice una llave torsional para apretar los tornillos. Las torsiones recomendadas se presentan en la *tabla 7-10. Torsiones de apriete generales*.

NOTA: Las tolerancias que proporcionan los fabricantes de acoplamientos indican tolerancias para el acoplamiento, no para la alineación de las máquinas impulsora e impulsada. Las tolerancias que proporciona el fabricante del acoplamiento se deben utilizar como una pauta para la alineación únicamente si son más estrechas que las desalineaciones máximas permitidas antes indicadas.

Corrección para expansión térmica

Cuando se alinea la máquina, se debe tener en cuenta la expansión térmica. La temperatura de la máquina durante la instalación es inferior a la que tiene durante las condiciones operativas. Por este motivo, el centro del

eje se apoyará más alto cuando la máquina se encuentre en operación. Dependiendo del tipo de acoplamiento, puede ser necesario compensar la distancia entre la máquina y los equipos impulsados debido a la expansión térmica. La expansión térmica ascendente de la máquina eléctrica se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta H = a \times \Delta T \times H \text{ [mm]}$$

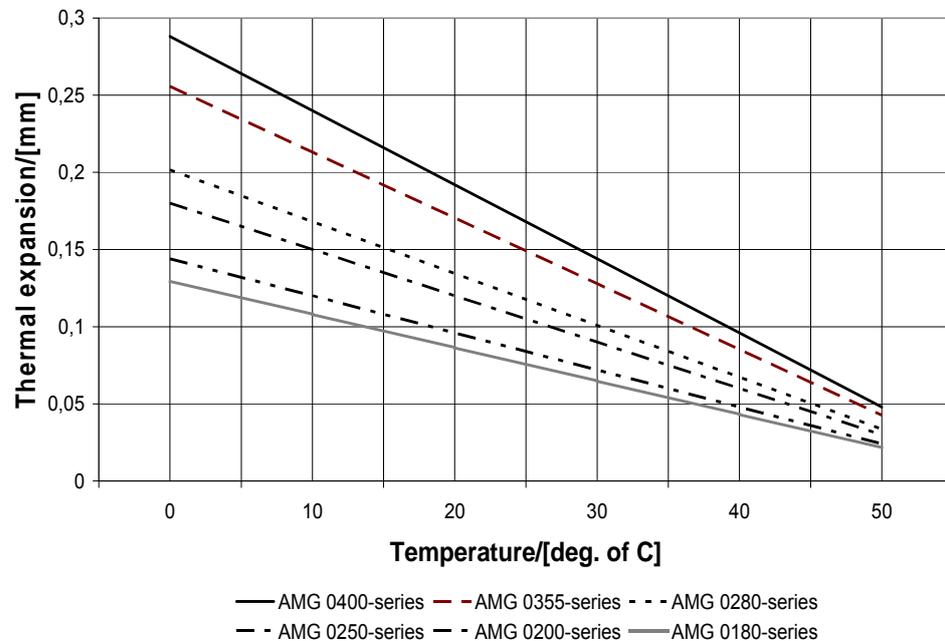
Donde:

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

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

$$H = \text{altura del eje [mm]}$$

Debido a la expansión térmica de la máquina eléctrica, el movimiento vertical del eje es aproximadamente de 0,04 a 0,05 mm por cada 10 °C de diferencia entre las temperaturas, como se ilustra en la *figura 3-6. Correlación entre la expansión térmica y la temperatura de la máquina.*



Dilatación térmica/[mm]

Figura 3-6. Correlación entre la expansión térmica y la temperatura de la máquina

Expansión térmica [mm]

Temperatura [grados C]

Serie AMG 0400

Desalineación permitida

Es imposible establecer tolerancias de alineación definidas porque hay demasiados factores que influyen. Las tolerancias demasiado grandes causarán vibración y posiblemente pueden dar como resultado daños en los cojinetes o de otras clases.

Por lo tanto, se recomienda buscar tolerancias lo más estrechas que sea posible. Las desalineaciones máximas permitidas se presentan en la *tabla 3-1. Desalineaciones permitidas recomendadas*. Para consultar definiciones de desalineación, vea las *figuras 3-3. Verificación de la desalineación de discos de acoplamiento y Definición de desalineación*.

NOTA: Las tolerancias que proporcionan los fabricantes de acoplamientos indican tolerancias para el acoplamiento, no para la alineación de las máquinas impulsora e impulsada. Las tolerancias que proporciona el fabricante del acoplamiento se deben utilizar como una pauta para la alineación únicamente si son más estrechas que las desalineaciones máximas permitidas que se presentan en la *tabla 2-1. Desalineaciones permitidas recomendadas*.

Tabla 3-1. Desalineaciones permitidas recomendadas

Información sobre el acoplamiento		Desalineación permitida		
Diámetro del acoplamiento	Tipo de acoplamiento			
100 a 250 mm (4-10")	Brida rígida	0,02 mm (0,8 mil)	0,01 mm (0,4 mil)	0,02 mm (0,8 mil)
	Engranaje	0,05 mm (2,0 mil)	0,03 mm (1,0 mil)	0,05 mm (2,0 mil)
	Flexible	0,10 mm (4,0 mil)	0,05 mm (2,0 mil)	0,10 mm (4,0 mil)
250 a 500 mm (10-20")	Brida rígida	0,02 mm (0,8 mil)	0,01 mm (0,4 mil)	0,02 mm (0,8 mil)
	Engranaje	0,05 mm (2,0 mil)	0,03 mm (1,0 mil)	0,05 mm (2,0 mil)
	Flexible	0,10 mm (4,0 mil)	0,05 mm (2,0 mil)	0,10 mm (4,0 mil)

3.3 Inspección final de la instalación

3.3.1 Cubiertas y envolventes

Una vez que la máquina está erecta y alineada, verifique atentamente que no hayan quedado herramientas u objetos extraños dentro de las envolventas. Además, limpie el polvo y los residuos que hubiera.

Cuando instale las cubiertas, verifique que todas las bandas de sellado se encuentren intactas antes de montarlas.

Almacene los accesorios para alineación y armado, así como los dispositivos de bloqueo para transporte para uso futuro.

Capítulo 4 Conexiones eléctricas

4.1 Generalidades

Las conexiones eléctricas se realizan después de los procedimientos de instalación mecánica y alineación. Las conexiones eléctricas incluyen la conexión de cables principal y auxiliares, cables de descarga a tierra y posibles componentes externos. Con el fin de determinar las acciones correctas, vea el *anexo 3. Planos de conexiones principales* y el *anexo 4. Instrucciones para las conexiones*. Para consultar sobre la unidad con PMG opcional, vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.

NOTA: Cuando realice orificios o roscas a través de la caja de terminales, verifique siempre que no se vaya a dañar ningún componente. Las partículas metálicas pueden ser peligrosas para los componentes eléctricos.

4.2 Regulador automático de voltaje

4.2.1 Generalidades

El AVR (regulador automático de voltaje) es un dispositivo que monitorea permanentemente el voltaje en el punto de regulación de voltaje del sistema e inicia automáticamente acciones correctivas para mantener el voltaje de terminales del generador. El AVR también controla que el generador síncrono opere dentro de límites previamente ajustados.

Un bobinado auxiliar proporciona potencia de excitación al bobinado de campo del eje impulsado por un excitador trifásico controlado por el AVR. El transformador de voltaje proporciona retroalimentación del voltaje y el transformador de corriente proporciona retroalimentación de la corriente. Los transformadores están instalados en el generador.

En el AVR se han implementado límites operacionales, como sobreexcitación y subexcitación, voltaje de la máquina y voltios/Hz. También se dispone de compensación de potencia reactiva estática en operación paralela y varias otras funciones de software. El AVR está equipado con el software para PC correspondiente para el AVR.

Se puede buscar más información detallada sobre el AVR que se utiliza en el generador específico en el manual del AVR; vea el *anexo 6. Regulador automático de voltaje: Manual del usuario* y en el *anexo 8. Especificaciones técnicas*.

4.2.2 Configuración

El regulador de voltaje con lectura de valores reales y formación de punto de ajuste está activo en el modo automático. Las funciones limitadoras que

protegen la máquina contra cargas excesivas también están activas en el modo automático. Además de la función de regulador de voltaje real, también se dispone de reguladores de potencia reactiva o de factor de potencia. Los reguladores de potencia reactiva y de factor de potencia se pueden encender y apagar.

NOTA: Los reguladores de potencia reactiva y de factor de potencia no están disponibles en sistemas en isla.

En el modo manual, el valor real se forma a partir de la medición de la corriente de excitación y se pasa con el valor de punto de ajuste al regulador de corriente de excitación. La salida del regulador se pasa a un interruptor que se utiliza para seleccionar el modo correspondiente. Este modo se utiliza únicamente para pruebas y como regulador de emergencia en el caso de una falla del regulador de voltaje. Las funciones limitadoras no están activas en este modo.

4.2.3 Instalación mecánica

Si el AVR se entrega como un elemento separado, la unidad se debe instalar únicamente en zonas interiores secas y libres de polvo y que no contengan ningún gas, emanación ácida o sustancias similares.

4.2.4 Conexión a tierra y cableado

Se cumplirá con los límites de emisiones de acuerdo con la norma EN 50081-2 (1993) únicamente si las conexiones para el suministro de alimentación de los componentes electrónicos y la salida de campo se realizan mediante cables blindados con descarga a tierra en cada extremo. También recomendamos utilizar cables armados para las conexiones analógicas y digitales.

4.3 Conexiones eléctricas

4.3.1 Información general

Se debe cumplir en todo momento con la información de seguridad del *capítulo 1.5. Seguridad general* y del *capítulo 1.6. Instrucciones de seguridad*. Estudie los diagramas de conexiones que se entregan con la máquina antes de comenzar la instalación; vea el *anexo 3. Planos de conexiones principales* y el *anexo 4. Instrucciones para las conexiones*. Para consultar sobre la unidad con PMG opcional, vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.

Antes de iniciar la instalación:

- Verifique que los voltajes y las frecuencias que se indican en la placa de especificaciones de la máquina y en el *anexo 8. Especificaciones técnicas* sean correctos.
- Asegúrese de que los tamaños de los cables de entrada sean adecuados para la corriente de carga máxima y que estén de acuerdo con las normas locales.
- Asegúrese de que las terminaciones de los cables sean de los tipos adecuados y de los tamaños correctos.

- Verifique las conexiones de todos los dispositivos, como las sondas de temperatura.

NOTA: Antes de la instalación, es importante verificar que los cables entrantes no se encuentren conectados a la red de suministro. Los cables deben estar conectados a tierra.

4.3.2 Conexión de los cables de alimentación principal y del cable neutro

La caja de terminales principal típicamente se proporciona sin perforar, ya que se desconocen el tamaño y la cantidad de los cables del cliente. El cliente o un tercero es, por lo tanto, responsable de hacer esto.

Los terminales del estator están marcados con las letras U, V y W, de acuerdo con la norma IEC 60034-8. Los cables se deben pelar, empalmar y aislar de acuerdo con las instrucciones que entregue el fabricante de los cables. Los rebordes no se deben apretar de manera permanente con barras conductoras sino únicamente fijar (para verificar la resistencia de aislamiento).

Los cables deben estar apoyados de manera que no se aplique ningún esfuerzo a las barras conductoras en la caja de terminales.

Cuando se utilizan cables trifásicos, se debe mantener la distancia indicada entre los conductores de las intersecciones. Se deben utilizar soportes y espaciadores si es necesario.

Verifique la secuencia de fases; vea la *figura 4-1. Secuencia de fases (IEC)*.

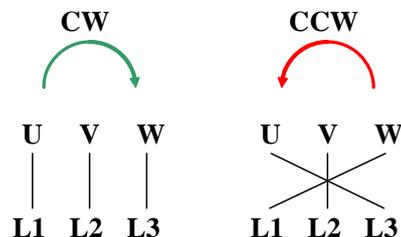


Figura 4-1. *Secuencia de fases (IEC)*

En la *figura 4-1*:

- CW = sentido horario
- CCW = sentido antihorario (visto desde el extremo de la transmisión del generador).

El terminal neutro está marcado con la letra *N*.

4.3.3 Conexión a tierra

El cable de conexión a tierra se puede conectar en el interior de la caja de terminales principal.

4.3.4 Distancias de aislamiento de las conexiones eléctricas principales

Las conexiones de los cables eléctricos principales están diseñadas para soportar condiciones de operación exigentes donde los aisladores pueden estar sometidos a suciedad, humedad y sobrevoltajes. Con el fin de

asegurar un funcionamiento prolongado y sin problemas, es importante que se cumplan los requisitos locales u otras normas aplicables para las distancias de aislamiento.

Si no se dispone de requisitos locales u otras normas aplicables, se sugiere utilizar las distancias de aislamiento mínimas que se mencionan en la *tabla 4-1. Distancias de aislamiento mínimas recomendadas*.

Estas distancias se aplican tanto para distancias de aislamiento entre dos fases distintas como para distancias de aislamiento entre una fase y la tierra. La distancia de aislamiento en aire es la distancia más corta a través del aire entre dos puntos con potenciales eléctricos distintos. La distancia de aislamiento superficial es la distancia más corta a lo largo de superficies contiguas entre sí entre dos puntos con potenciales eléctricos distintos.

Tabla 4-1. Distancias de aislamiento mínimas recomendadas

Distancias de aislamiento mínimas recomendadas: $U \leq 690$ V	
Distancia de aislamiento en aire [mm]:	6
Distancia de aislamiento superficial para superficie uniforme [mm]:	10
Distancia de aislamiento superficial para superficie con aletas [mm]:	8

4.3.5 Conexión de equipos auxiliares e instrumentos

Conecte los instrumentos y los equipos auxiliares de acuerdo con el diagrama de conexiones del *anexo 3. Planos de conexiones principales*.

Capítulo 5 Puesta en servicio

5.1 Generalidades

La puesta en servicio no se considera finalizada hasta de que un informe de puesta en marcha haya sido realizado y distribuido a todas las partes interesadas (cliente y proveedor). Un informe de puesta en marcha es una herramienta vital para servicios, mantenimiento y solución de problemas en el futuro.

NOTA: El informe de puesta en marcha se debe enviar a ABB para obtener futuros reclamos de garantía.

Para encontrar un informe de puesta en servicio recomendado, vea el *anexo 5. Informe de puesta en servicio*. Se deben seguir precauciones generales de seguridad durante la puesta en marcha; todos los trabajos deben ser realizados por personal calificado.

5.2 Verificación de la instalación mecánica

Antes de la puesta en servicio:

1. Verifique que la instalación y la alineación se hayan realizado de acuerdo con el *capítulo 3. Instalación y alineación*.

NOTA: El protocolo de alineación siempre debe estar incluido en el informe de puesta en servicio.

2. Verifique que la máquina esté correctamente fijada en los cimientos.
3. Verifique en busca de grietas en los cimientos y revise el estado general de los cimientos.
4. Verifique el apriete de los pernos de fijación.
5. Abra la máquina y verifique que el espacio de aire esté libre.
6. Si es posible, gire el rotor manualmente y asegúrese de que gire libremente y que no haya sonidos anormales.
7. Verifique el montaje de la caja de terminales principal.
8. Verifique que se hayan retirado todos los dispositivos de bloqueo para transporte.

5.3 Verificación de la instalación eléctrica

Los cables eléctricos se pueden conectar de forma permanente a los terminales de la caja de terminales principal una vez que se ha medido la resistencia de aislamiento del estator; vea el *capítulo 7.7.4. Mediciones de resistencia de aislamiento para equipos auxiliares*.

Antes de la puesta en servicio, verifique la conexión de los cables eléctricos:

1. Verifique que los pernos de fijación estén apretados con la torsión correcta.
2. Verifique que los cables eléctricos estén pasados de manera adecuada y que no causen ninguna exigencia adicional a las barras de los terminales.
3. Verifique que los cables eléctricos tengan el alivio de tensión correcto.
4. Verifique las conexiones de los equipos auxiliares.
5. Verifique el apriete de los prensacables y el sellado del gabinete.

5.4 Mediciones de resistencia de aislamiento

Mida las resistencias de aislamiento de los bobinados y todos los equipos auxiliares antes de realizar cualquier conexión eléctrica y aplicar voltaje a la máquina.

Mida el aislamiento al menos de las siguientes partes:

- Bobinado de estatores y rotores.
- Bobinado de la excitación.
- Resistencias calefactoras (opcional).

Los valores medidos indican el estado del aislamiento entre el bobinado (u otro circuito que debe probarse) y el bastidor de la máquina. Para obtener información detallada sobre la forma de llevar a cabo estas mediciones, vea el *capítulo 7.6.4. Prueba de resistencia de aislamiento*.

Si la resistencia de aislamiento es inferior al valor especificado, debe ser corregida antes de hacer arrancar la máquina. Vea el *capítulo 7.6.8. Secado*.

Mida la resistencia de aislamiento con bastante anticipación con respecto al primer arranque planificado; de esta manera, tendrá tiempo para cualquier acción correctiva que sea necesaria.

El bobinado debe estar seco durante la prueba. Por lo tanto, los calentadores anticondensación deben estar activos durante el almacenamiento y la instalación.

5.5 Regulador automático de voltaje (AVR)

Ajustes previos y pruebas que realiza ABB

El AVR ha sido probado con el generador específico y todos los ajustes básicos han sido modificados y guardados, de modo que el AVR también funcionará en el sitio. Se puede identificar el AVR correcto y el generador correcto verificando los números de serie en el informe de la prueba. Vea *Informes de pruebas*.

Los ajustes que se utilizan en las pruebas se pueden encontrar en *Informes de pruebas*.

Verificación en el sitio antes del primer funcionamiento

Todos los ajustes se deben verificar nuevamente en el sitio del generador. Si es necesario cambiar los ajustes, esto debe ser realizado por una persona calificada como un representante de ABB o del AVR.

NOTA: También se deben verificar y comprobar los ajustes correspondientes a la red.

NOTA: Para obtener información detallada sobre los ajustes y la puesta en servicio, vea el *anexo 5. Informe de puesta en servicio*, el *anexo 6. Regulador automático de voltaje: Manual del usuario* y el *anexo 7. Informes de pruebas*.

5.6 Arranque

Arranque de la máquina

El arranque de la máquina depende de la aplicación, pero las pautas principales son las siguientes:

1. Apague las resistencias calefactoras si no se operan con interruptores.
2. Comience a girar la máquina.
3. Mantenga la velocidad nominal.
4. Encienda la excitación de la máquina (excepto que se autoexcite automáticamente).
5. Mantenga el voltaje nominal.
6. Verifique los parámetros de sincronización (si fuera necesario).
7. Sincronice la máquina con la red (si fuera necesario).

Los valores recomendados para la sincronización son:

- $\Delta U = 2\%$
- $\Delta f = 0,7\%$
- ángulo de fase $< 15^\circ$

No se deben exceder los valores máximos de $\Delta U = 4,5\%$ y $\Delta f = 4,0\%$.

NOTA: Se debe evitar la operación de la máquina a velocidad reducida inferior al 75% de la velocidad nominal.

5.7 Funcionamiento de la máquina por primera vez

5.7.1 Cojinetes con opción de relubricación

En el caso de una máquina recién instalada o de una máquina que ha estado fuera de servicio durante más de 2 meses, inyecte grasa nueva en los cojinetes inmediatamente después del arranque. La grasa nueva se debe inyectar cuando la máquina está funcionando y se inyecta hasta que la grasa vieja o el exceso de grasa nueva se descarga a través del canal de lubricación en la parte inferior de la carcasa del cojinete; vea la *figura 5-1. Ejemplo de canal de lubricación a través de la organización de cojinetes de una máquina horizontal*.

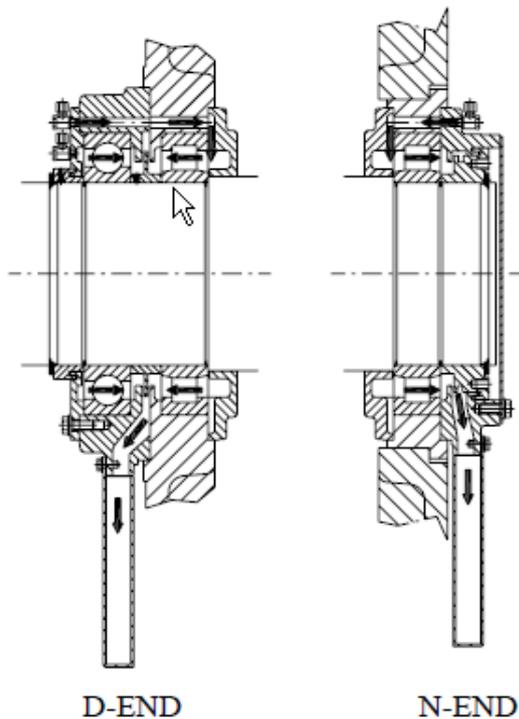


Figura 5-1. Ejemplo de canal de lubricación a través de la organización de cojinetes de una máquina horizontal.

EXTREMO D (LA)

EXTREMO N (LOA)

NOTA: El intervalo de relubricación nunca será de más de 12 meses.

El tipo de grasa original que se utiliza se encuentra en la placa de cojinetes en la máquina. Los tipos de grasa aceptables se pueden encontrar en el *capítulo 7.5.5. Grasa de cojinetes*.

La temperatura de los cojinetes aumentará inicialmente debido al exceso de grasa. Después de algunas horas, el exceso de grasa se descargará a través de la válvula de lubricación y la temperatura de los cojinetes volverá a la temperatura de funcionamiento normal.

Si es posible, y después de que la máquina ha funcionado varias horas, mida las vibraciones o los valores de SPM en los niples SPM y registre los valores para utilizarlos como referencia futura.

5.8 Parada

La parada de la máquina depende de la aplicación, pero las pautas principales son las siguientes:

1. Reduzca la salida de la máquina a cero.
2. Abra el interruptor principal.
3. Apague la excitación de la máquina (cuando sea aplicable).
4. Detenga el motor.

5. Encienda las resistencias calefactoras si no lo hacen automáticamente los interruptores.

Capítulo 6 Operación

6.1 Generalidades

Para asegurar un funcionamiento sin problemas, la máquina se debe cuidar y supervisar atentamente.

Antes de arrancar la máquina, siempre asegúrese de que:

- No se esté realizando ningún trabajo de mantenimiento.
- El personal y los equipos asociados con la máquina están listos para hacer arrancar la máquina.

Para obtener información sobre el procedimiento de arranque, vea el *capítulo 5.6. Arranque*.

En caso de que se observe alguna desviación con respecto a la operación normal prevista, por ejemplo temperaturas elevadas, ruidos o vibraciones, pare la máquina y busque el motivo de las desviaciones. Si fuera necesario, consulte al fabricante de la máquina.

NOTA: Es posible que la máquina tenga superficies calientes cuando está funcionando con carga.

NOTA: La sobrecarga de la máquina puede causar daños en los bobinados.

6.2 Condiciones operativas normales

Las máquinas que suministra ABB se diseñan individualmente para operar en condiciones normales de acuerdo con la norma IEC, especificaciones técnicas y estándares internos de ABB.

Las condiciones de operación, como la temperatura ambiente máxima y la altura operativa máxima, se especifican en la ficha técnica de rendimiento. Los cimientos deben estar libres de vibraciones externas y el aire circundante debe estar libre de polvo, sales y gases o sustancias corrosivas.

6.3 Protección de los generadores síncronos

La protección de los generadores síncronos depende, por ejemplo, del tipo de generador y de la aplicación. Las protecciones recomendadas en general son:

- Sobrecarga térmica en el bobinado del estator: >
- Cortocircuito de red: >>
- Cortocircuito de interbobinado del estator: relé de protección diferencial
- Fallo a tierra del estator: relé de fallo a tierra

- Sobrevoltaje: relé de sobrevoltaje
- Carga desequilibrada o giros en corto en la misma fase: $I2/I_n$
- Subexcitación y pérdida de sincronismo: relé de subreactancia
- Bajo voltaje y pérdida intermitente de voltaje: relé de bajo voltaje
- Supervisión de la temperatura de los detectores de temperatura: monitoreo de PT-100
- Alta temperatura de toma de aire refrigerante

Protección adicional:

- Alteración de la frecuencia.
- Potencia inversa.
- Fallo de diodos.
- Nivel de vibración.

NOTA: Dependiendo del alcance del generador que se suministre, es posible que en la práctica únicamente puedan ser aplicables algunas de las protecciones. El nivel necesario de protección del generador será definido por el cliente y se incluirán los elementos necesarios en el alcance del generador a pedido.

6.4 Procedimiento de arranque

Antes de hacer arrancar la máquina síncrona, siempre verifique lo siguiente:

- No hay ningún procedimiento de parada en operación.
- El personal y los equipos asociados con la máquina están listos para hacer arrancar la máquina.

Para obtener información sobre el procedimiento de arranque, vea el *capítulo 5.6. Arranque*.

6.5 Supervisión permanente

En el sistema se debe incluir un contador del número de arranques y un medidor de tiempo de trabajo. El personal operativo debe inspeccionar la máquina sincrónica a intervalos regulares. Esto significa que deben escuchar, tocar y oler la máquina sincrónica y sus equipos asociados con el fin de tener sensibilidad de las condiciones operativas normales.

El objeto de la inspección de supervisión es que el personal se familiarice profundamente con los equipos. Esto resulta esencial para detectar y solucionar hechos anormales a tiempo.

Los datos de la inspección de supervisión se deben guardar para referencia futura y pueden ser de ayuda en trabajos de mantenimiento, solución de problemas y reparaciones. También se recomienda registrar y almacenar los datos operacionales (carga del generador, factor de potencia, velocidad, voltaje y corriente, como mínimo) para referencia futura.

La diferencia entre supervisión y mantenimiento es bastante imprecisa. La supervisión de operación normal incluye el registro de datos operativos como carga, temperaturas, etc., y los comentarios se utilizan como base para el mantenimiento y los servicios.

- Durante el primer período de operación (<200 h), la supervisión debe ser intensiva. La temperatura de los cojinetes y de los bobinados, la carga, la corriente, la refrigeración, la lubricación y la vibración deben ser verificadas con frecuencia. La temperatura y la lubricación de los cojinetes se debe monitorear estrechamente; vea el *capítulo 5.7.1. Cojinetes con opción de relubricación*.
- Durante el período de trabajo que sigue (200 a 1000 h), una revisión diaria es suficiente. Se debe utilizar y archivar un registro de inspección de supervisión. Si la operación es continua y estable, el tiempo entre las inspecciones puede extenderse más.

6.6 Procedimientos de parada

Para detener la máquina síncrona:

1. Abra el interruptor principal.
2. Apague la excitación (cuando sea aplicable).

Cuando la máquina sincrónica no está en operación, las resistencias calefactoras deben estar encendidas para evitar la condensación en el interior de la máquina.

Para obtener instrucciones de parada detalladas, vea el *capítulo 5.8. Parada*.

Capítulo 7 Mantenimiento

7.1 Mantenimiento preventivo

Una máquina síncrona a menudo representa una parte importante de una instalación mayor y, si se la supervisa y mantiene correctamente, su operación será confiable y se garantizará un tiempo de vida normal.

El propósito del mantenimiento, por lo tanto, es:

- Asegurar que la máquina funcionará de manera confiable sin acciones o intervenciones imprevistas.
- Estimar y planificar acciones de servicio con el fin de minimizar el tiempo de inactividad.

La diferencia entre supervisión y mantenimiento es bastante imprecisa. La supervisión de la operación y el mantenimiento normal incluye el registro de datos operativos como carga, temperaturas, vibraciones, etc., así como la medición de las resistencias de aislamiento.

Después de la puesta en servicio o el mantenimiento, la supervisión debe ser intensiva.

En este capítulo se brindan recomendaciones con respecto al programa de mantenimiento e instrucciones de trabajo para realizar tareas de mantenimiento comunes. Estas instrucciones y recomendaciones se deben leer atentamente y se deben utilizar como base cuando se planifica el programa de mantenimiento. Obsérvese que las recomendaciones de mantenimiento que se brindan en este capítulo representan un nivel mínimo de mantenimiento. Al intensificar las actividades de mantenimiento y de supervisión, aumentarán la confiabilidad de la máquina y su disponibilidad a largo plazo.

Los datos que se obtienen durante la supervisión y el mantenimiento resultan útiles para estimar y planificar servicios adicionales. En el caso de que algunos de estos datos indiquen algo fuera de lo común, las guías para solución de problemas del *capítulo 8. Solución de problemas* ayudarán a localizar el motivo del problema. ABB recomienda el uso de expertos para la creación de programas de mantenimiento y para llevar a cabo el mantenimiento en sí y la solución de posibles problemas.

La organización de postventa de ABB asiste gustosamente con estos temas. La información de contacto de postventa (ABB After Sales) se puede encontrar en el *capítulo 9.1.5. Información de contacto de postventa*.

Una parte esencial del mantenimiento preventivo es contar con una selección de repuestos adecuados disponibles. La mejor manera de tener acceso a repuestos críticos es tenerlos en existencias. Se pueden obtener paquetes de repuestos ya preparados de la organización de postventa de ABB; vea el *capítulo 9.2. Repuestos*.

7.2 Precauciones de seguridad

Antes de trabajar con cualquier equipo eléctrico, se deben tener en cuenta precauciones generales de seguridad eléctrica; se deben respetar las regulaciones locales para prevenir lesiones personales. Esto se debe realizar de acuerdo con las instrucciones del personal de seguridad.

El personal que lleva a cabo el mantenimiento de los equipos y las instalaciones eléctricas debe ser altamente calificado. El personal debe estar capacitado en las pruebas y los procedimientos de mantenimiento específicos requeridos para máquinas giratorias eléctricas y debe estar familiarizado con ellos.

Para obtener instrucciones generales de seguridad, vea el *capítulo 1.5. Seguridad general* y el *capítulo 1.6. Instrucciones de seguridad*.

7.3 Programa de mantenimiento

En este capítulo se presenta un programa de mantenimiento recomendado para máquinas ABB. Este programa de mantenimiento es de carácter general y se debe considerar como un nivel mínimo de mantenimiento. El mantenimiento se debe intensificar cuando las condiciones locales sean exigentes o cuando se requiera una alta confiabilidad. También se debe notar que, incluso cuando se siga este programa de mantenimiento, se requiere una supervisión y observación normal del estado de la máquina.

NOTA: Los distintos tipos de generadores contienen distintos elementos a los cuales se debe realizar mantenimiento. El programa de mantenimiento que se describe en este capítulo contiene referencias a los accesorios que no están disponibles en todas las máquinas. El operador creará un programa de mantenimiento adecuado en función de esta información.

El programa de mantenimiento se basa en cuatro niveles de mantenimiento que rotan de acuerdo con las horas de operación. La cantidad de tiempo de trabajo e inactividad varían, de modo que el nivel 1 incluye principalmente inspecciones visuales rápidas y el nivel 4 comprende sustituciones y mediciones más exigentes. Para obtener más información sobre los paquetes de repuestos adecuados para este tipo de mantenimiento, vea el *capítulo 9.2. Repuestos*. El intervalo de mantenimiento recomendado se puede consultar en la *tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado*. La recomendación de horas de operación T que aparece en este capítulo se ofrece como horas operativas equivalentes, $T(Eq. h)$. Eso se puede contar mediante la siguiente fórmula:

$$T(Eq. h) = \text{horas operativas reales} + \text{número de arranques} \times 20.$$

Tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado.

Intervalo [T]:	L1	L2	L3	L4
	X			
		X		
	X	X		
	X			
			X	

	X			
		X		
	X			
		X		
	X			
			X	
	X			
		X		
	X			
		X		
	X			
		X		
	X			
				X

Nivel 1 (L1)

El mantenimiento de nivel 1 o L1 comprende inspecciones visuales y mantenimiento ligero. El propósito de este mantenimiento es realizar una verificación rápida para ver si se están comenzando a desarrollar problemas antes de que causen fallas e interrupciones por mantenimiento no programado. También ofrece sugerencias sobre las tareas de mantenimiento que se deben llevar a cabo en la próxima revisión más grande.

Se puede estimar que el mantenimiento dura aproximadamente de 4 a 8 horas, dependiendo del tipo y de la instalación de la máquina, así como de la profundidad de las inspecciones. Las herramientas para este mantenimiento incluyen herramientas normales para servicios, es decir llaves y destornilladores. Los preparativos comprenden la apertura de las cubiertas de inspección. Se recomienda tener disponible al menos el paquete de repuestos operacionales cuando se comienza este mantenimiento.

El primer mantenimiento de nivel 1 se debe realizar después de un equivalente a 4000 horas operativas o seis meses después de la puesta en servicio. A continuación, el mantenimiento L1 se debe llevar a cabo anualmente, a medio camino entre el mantenimiento de nivel 2; vea la *tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado.*

Nivel 2 (L2)

El mantenimiento de nivel 2 o L2 comprende principalmente inspecciones y pruebas, así como tareas de mantenimiento pequeñas. El propósito de este mantenimiento es descubrir si hay problemas en la operación de la máquina y realizar reparaciones pequeñas para asegurar una operación sin interrupciones.

Se puede estimar que el mantenimiento dura aproximadamente de 8 a 16 horas, dependiendo del tipo y de la instalación de la máquina, así como de la cantidad de trabajos de servicio que se deban llevar a cabo. Las herramientas para este mantenimiento incluyen herramientas normales para servicios, multímetro, llave de torsión y probador de resistencia de aislamiento (Megger). Los preparativos comprenden la apertura de las cubiertas de inspección. Los repuestos adecuados para este nivel de mantenimiento están incluidos en el paquete de repuestos recomendados.

El primer mantenimiento de nivel 2 se debe realizar después de un equivalente a 8000 horas operativas o un año después de la puesta en servicio. A continuación, el mantenimiento L2 se debe llevar a cabo anualmente o después de un equivalente a 8000 horas operativas; vea la *tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado.*

Nivel 3 (L3)

El mantenimiento de nivel 3 o L3 comprende la realización de inspecciones extensivas, pruebas y tareas de mantenimiento más grandes que han surgido durante los mantenimientos L1 y L2. El propósito de este mantenimiento es reparar problemas hallados y sustituir piezas sometidas a desgaste.

Se puede estimar que el mantenimiento dura aproximadamente de 16 a 40 horas, dependiendo del tipo y de la instalación de la máquina, así como de la cantidad de reparaciones y sustituciones que se deban llevar a cabo. Las herramientas para este mantenimiento incluyen las mismas que para L2 y, además, un endoscopio y un osciloscopio.

Los preparativos comprenden la apertura de las cubiertas de inspección. Los repuestos adecuados para este nivel de mantenimiento están incluidos en el paquete de repuestos recomendados.

El mantenimiento de nivel 3 se debe realizar cada un equivalente a 24.000 horas operativas o a intervalos de tres a cinco años. Cuando se lleva a cabo el mantenimiento L3, éste sustituye al mantenimiento L1 o L2 que se haya programado y no afecta la rotación de éstos; vea la *tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado.*

Nivel 4 (L4)

El mantenimiento de nivel 4 o L4 comprende la realización de inspecciones extensivas y tareas de mantenimiento. El propósito de este mantenimiento es restablecer el estado operativo confiable de la máquina.

Se puede estimar que el mantenimiento dura aproximadamente de 40 a 80 horas, dependiendo principalmente del estado de la máquina, así como de las acciones de reacondicionamiento necesarias. Las herramientas para este mantenimiento incluyen las mismas que para L3 y, además, un equipo para extracción de rotores. Los preparativos comprenden la apertura de las cubiertas de inspección y la extracción del rotor y del excitador, si corresponde.

Es difícil determinar la cantidad de repuestos requerida para este nivel de mantenimiento. Se recomienda como mínimo el paquete de repuestos recomendados, pero los repuestos que se incluyen en el paquete de repuestos de capital asegurarían una ejecución rápida y satisfactoria de este mantenimiento.

El mantenimiento de nivel 4 se debe llevar a cabo después de un equivalente a 80.000 horas operativas. Cuando se lleva a cabo el mantenimiento L4, éste sustituye al mantenimiento L1, L2 o L3 que se haya programado y no afecta la rotación de éstos; vea la *tabla 7-1. Programa de mantenimiento recomendado.*

7.3.1 Programa de mantenimiento recomendado

Abreviaturas utilizadas en el programa de mantenimiento:

- V = verificación visual
- C = limpieza
- D = desarmado y armado
- R = reacondicionamiento o sustitución
- T = pruebas y mediciones

NOTA: No todas las opciones son aplicables para todas las máquinas.

Tabla 7-2. Intervalos de mantenimiento

Intervalo de mantenimiento					
En horas operativas equivalentes o periodo, lo que se cumpla primero					
Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
	4000	8000	24.000	80.000	
	0,5 año	Anual	3 a 5 años	Revisión	

Tabla 7-3. Objetos del mantenimiento para construcción general

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Operación de la máquina	V/T	V/T	V/T	V/T	Arranque, parada, medición de vibraciones, punto sin carga
Montaje y cimientos	V	V/T	V/T	V/T/D	Grietas, óxido, alineación
Exterior	V	V	V	V	Óxido, fugas, estado
Accesorios de fijación	V	V/T	V/T	V/T	Grado de apriete de todos los accesorios de fijación

Tabla 7-4. Objetos del mantenimiento para conexión de cables

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Cables	V	V/T	V/T	V/T/D	Desgaste, fijación
Conexiones	V	V/T	V/T	V/T/D	Oxidación, fijación
Caja de terminales	V	V	V	V	Estado general
Pasos de cables	V	V	V	V	Estado de los cables que ingresan a la máquina y en el interior de la máquina

Tabla 7-5. Objetos del mantenimiento para estator y rotor

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Núcleo del estator	V	V	V	V/C	Fijación, grietas, soldaduras
Aislamiento del bobinado del estator	V	V/T	V/T/C	V/T/C	Desgaste, limpieza, resistencia de aislamiento (prueba de alto voltaje)
Cabezas de bobina del estator	V	V	V	V	Daños en el aislamiento
Apoyos de la bobina del estator	V	V	V	V	Daños en el aislamiento, grado de apriete
Cuñas de la ranura del estator	V	V	V	V	Movimiento, grado de apriete
Barras de terminales del estator	V	V	V	V	Fijación, aislamiento
Accesorios de fijación y engarces de terminales de cable del estator	V	V/T	V/T	V/T	Grado de apriete, estado
Instrumentos	V	V	V	V	Estado de los cables y de los amarres de los cables
Aislamiento del bobinado del rotor	V	V/T	V/T/C	V/T/C	Desgaste, limpieza, resistencia de aislamiento, prueba de caída de voltaje
Apoyos de la bobina del rotor	V	V	V	V	Movimiento, flexión
Pesas de equilibrado del rotor	V	V	V	V	Movimiento, fijación
Barras de amortiguación	V	V/T	V/T	V/T	Grietas, corrosión, prueba de ultrasonido y de detonancia
Eje	V	V	V	V	Grietas, corrosión
Entrehierro	V	V	V	V	Limpieza, igualdad

Conexiones en el rotor	V	V	V/T	V/T	Fijación, estado general
-------------------------------	---	---	-----	-----	--------------------------

Tabla 7-6. Objetos del mantenimiento para el sistema de excitación

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Puente de diodo de la excitación	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	Limpieza, operación
Semiconductores de la excitación	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	Operación, fijación
Conexiones de la excitación	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	Fijación, estado general
Aislamiento del bobinado de la excitación	V	V/T	V/T	V/T	Desgaste, limpieza, resistencia de aislamiento
Entrehierro de la excitación	V	V/T	V/T/D	V/T/D	Limpieza, igualdad
Regulador automático de voltaje (AVR)	V	V/T	V/T	V/T	Operación, ajustes, prueba de estabilidad
Transformador de corriente para operación paralela	V	V	V/T	V/T	Operación, limpieza
Detectores de temperatura	V	V/T	V/T	V/T	Operación, resistencia
Resistencia calefactora	V	V/T	V/T	V/T	Operación, resistencia de aislamiento
Terminales auxiliares	V	V/T	V/T	V/T	Estado general, terminales, estado de los cables
Fijación del estator del excitador	V	V	V	V	Estado general, grietas

Tabla 7-7. Objetos del mantenimiento para cojinetes

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Montaje del cojinete	V	V/T	V/T	V/T	Estado general
Cojinete relubricado	R	R	R	R	Reengrase
Cojinete cerrado (sin relubricación)	V	V	V/R	R	Estado, cambio de cojinete

Tabla 7-8. Objetos del mantenimiento para el sistema de refrigeración

Objeto del mantenimiento	L1	L2	L3	L4	Verificación/prueba
Ventilador	V	V	V	V	Operación, estado general, grietas
Entrada de aire	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, operación
Salida de aire	V	V/C	V/C	V/C	Limpieza, operación

7.4 Mantenimiento de construcción general

Para asegurar una vida útil prolongada para la construcción general de la máquina, el exterior de la máquina se debe mantener limpio y se debe

inspeccionar periódicamente en busca de óxido, fugas y otros defectos. La suciedad en el exterior de la máquina expone el bastidor a la corrosión y puede afectar el enfriamiento de la máquina.

7.4.1 Verificaciones durante el funcionamiento de la máquina

Durante los primeros días de funcionamiento, es importante mantener la máquina bajo estricta vigilancia en caso de que ocurra algún cambio en los niveles de vibración o de temperatura o de que surjan sonidos anormales.

Durante el funcionamiento, preste especial atención a los niveles de vibración y de temperatura. Vea el *capítulo 7.4.2. Vibración y ruido* y el *capítulo 7.4.3. Niveles de temperatura*.

7.4.2 Vibración y ruido

Los niveles altos o crecientes de vibración indican cambios en el estado de la máquina. Los niveles normales varían significativamente en función de la aplicación, el tipo y los cimientos de la máquina. Las mediciones y los niveles de vibración se analizan en detalle en el *capítulo 5. Puesta en servicio*. Algunos motivos típicos que podrían causar niveles altos de ruido o de vibración son:

- Alineación; vea el *capítulo 3. Instalación y alineación*.
- Entrehierro; vea el *capítulo 3. Instalación y alineación*.
- Desgaste o daños en los cojinetes.
- Vibraciones de máquinas conectadas; vea el *capítulo 5. Puesta en servicio*.
- Accesorios de fijación sueltos; vea el *capítulo 3. Instalación y alineación*.
- Desequilibrio del rotor.
- Acoplamiento.

Niveles de vibración normales

Las siguientes instrucciones forman parte de las dos normas ISO que siguen:

1. ISO 10816-3:1998 Vibración mecánica. Evaluación de la vibración de máquinas mediante mediciones en piezas no giratorias: Parte 3: Máquinas industriales con potencia nominal superior a 15 kW y velocidades nominales entre 120 r/min. y 15.000 r/min.
2. ISO 8528-9:1995 Conjuntos generadores de corriente alterna impulsados por motores recíprocos de combustión interna: Parte 9: Medición y evaluación de vibraciones mecánicas.

Procedimientos de medición y condiciones operacionales

Se utilizan los procedimientos generales descritos en la norma ISO 10816-1, sujetos a las recomendaciones que se enumeran a continuación.

Las mediciones se suelen realizar cuando el rotor y los cojinetes principales han alcanzado sus temperaturas operativas de estado estable

normales y la máquina está funcionando en las condiciones especificadas, por ejemplo, a velocidad, voltaje, flujo, presión y carga nominales.

Si la vibración medida excede los criterios de aceptación y se sospecha vibración de fondo excesiva, las mediciones deben llevarse a cabo con la máquina parada para determinar el grado de influencia externa. Si la vibración con la máquina inmóvil excede el 25% del valor medido con la máquina en funcionamiento, pueden ser necesarias acciones correctivas para reducir el efecto de la vibración de fondo.

Equipos de medición

Los equipos de medición deben poder medir vibración r.m.s de banda ancha con respuesta plana sobre un rango de frecuencia de al menos entre 10 Hz y 1000 Hz, de acuerdo con la norma ISO 2954. Dependiendo de los criterios de vibración, esto puede requerir mediciones de desplazamiento o velocidad o combinaciones de éstas (vea la norma ISO 10816-1).

Ubicación de la medición

Utilice un lugar de medición que esté expuesto y que sea accesible durante la operación normal. Asegúrese de que no haya amplificación o resonancias locales, de modo que las mediciones finales representen razonablemente la vibración de la carcasa del cojinete. Las ubicaciones y las direcciones de las mediciones de vibración deben ofrecer una sensibilidad adecuada a las fuerzas dinámicas de las máquinas. Típicamente, esto requerirá dos lugares de medición radial ortogonal en el bastidor o en la tapa del cojinete. Coloque los transductores en cualquier posición angular sobre el bastidor o la tapa del cojinete. Usualmente se prefieren las direcciones vertical y horizontal para las máquinas de montaje horizontal. En algunos casos, puede ser recomendable medir la vibración también en dirección axial. Cuando se registran los resultados de las mediciones, registre los lugares y las direcciones específicas con los valores reales.

Evaluación de conjuntos generadores con motores RIC

Las frecuencias de excitación principales del motor RIC (recíproco de combustión interna) varían entre 2 Hz y 300 Hz. Sin embargo, al considerar la estructura general del conjunto generador y sus componentes, se requiere un rango de 2 Hz a 1000 Hz para evaluar la vibración.

La experiencia ha demostrado que, con un diseño estándar de estructura y componentes del conjunto generador, no se esperarían daños si los niveles de vibración permanecen debajo del valor 1 (vea la *tabla 7-9. Velocidades de vibración* a continuación):

Tabla 7-9. Velocidades de vibración

Velocidad del motor [rpm]:	Límite 1 [mm/s]:	Límite 2 [mm/s]:
≥1300 pero <2000	20	28
>720 pero <1300	18	22

Si los niveles de vibración caen entre los valores 1 y 2, se puede requerir evaluación de la estructura y los componentes del conjunto generador junto con un acuerdo entre el fabricante del conjunto generador y el

proveedor de los componentes con el fin de asegurar una operación confiable.

En algunos casos, los niveles de vibración pueden superar el valor 2, pero únicamente si se aplican diseños especiales individuales de estructura y componentes de conjunto generador.

En todos los casos, el fabricante del conjunto generador es responsable de la compatibilidad de los componentes del conjunto generador (vea la norma ISO 8528-5:1993, 15.10).

Información adicional

Para obtener más detalles sobre la medición de la vibración, vea las siguientes normas internacionales, según corresponda:

- ISO 2954 Vibración mecánica de máquinas giratorias y recíprocas. Requisitos para instrumentos para medir la severidad de las vibraciones.
- ISO 5348 Vibración mecánica y choque. Montaje mecánico de acelerómetros.
- ISO 7919 Vibración mecánica de máquinas no recíprocas. Mediciones en ejes giratorios y criterios de evaluación.
- ISO 8528 Conjuntos generadores de corriente alterna impulsados por motores recíprocos de combustión interna.
- ISO 10816 Vibración mecánica. Evaluación de la vibración de máquinas mediante mediciones en piezas no giratorias.

7.4.3 Niveles de temperatura

Las temperaturas de los cojinetes, los bobinados de los estatores y el aire refrigerante se deben verificar cuando la máquina sincrónica está en funcionamiento.

Es posible que los cojinetes no alcancen una temperatura estable hasta después de varias (2 a 6) horas, cuando funcionen a velocidad plena.

La temperatura de los bobinados de los estatores depende de la carga de la máquina. Si no se puede alcanzar la carga plena durante la puesta en servicio o poco después de ella, se debe tomar nota de la carga y la temperatura presentes y se deben incluir estos datos en el informe de puesta en servicio.

7.4.4 Grado de apriete de los accesorios de fijación

El grado de apriete de todos los accesorios de fijación se debe verificar con regularidad. Se debe prestar atención especialmente a la fijación y a las piezas del rotor, que deben permanecer correctamente apretadas en todo momento. La fijación suelta en estas piezas puede dar como resultado daños súbitos y severos en toda la máquina.

Los valores generales para las torsiones de apriete se presentan en la *tabla 7-10. Torsiones de apriete generales.*

Tabla 7-10. Torsiones de apriete generales.

Torsión de los tornillos			
	Clase de propiedad		
	4.8	8.8	10.9
Tornillo	Torsión de apriete [Nm]		
M8	10-12	22-30	30-35
M10	20-25	45-60	65-80
M12	36-45	80-105	110-130
M14	55-70	125-165	180-210
M16	90-110	195-265	280-330
M18	120-150	265-355	380-450
M20	170-210	375-500	540-650
M22	230-290	515-680	740-880
M24	300-375	655-870	940-1120
M27	450-530	955-1270	1400-1650

NOTA: Los valores que aparecen en la *tabla 7-10. Torsiones de apriete generales* son generales y no se aplican a diversos elementos, como diodos, aisladores de apoyo, cojinetes, terminales de cable o dispositivos de fijación de polos, protecciones contra sobretensiones, capacitores, transformadores de corriente, puentes rectificadores y tiristores; en el caso de que se proporcione otro valor en algún lugar de este manual o en los planos mecánicos y eléctricos, vea *Planos mecánicos* y *Planos eléctricos*.

7.4.5 Control de la construcción del rotor

Se debe prestar especial atención a la construcción del rotor, ya que daños incluso pequeños en el rotor pueden dar como resultado daños severos en el estator. Además, los problemas mecánicos en las piezas móviles como el rotor tienen tendencia a desarrollarse más rápido que en las piezas inmóviles de la máquina.

Por lo tanto, la construcción del rotor se debe verificar anualmente, de preferencia mediante un endoscopio y equipo de ultrasonido. El estado y el apriete de los accesorios de fijación se debe verificar con cuidado.

7.5 Mantenimiento de los cojinetes

Los cojinetes son del tipo relubricado o cerrados antifricción sin posibilidad de relubricación. La vida útil calculada para los cojinetes se menciona en las especificaciones técnicas. La vida útil real del cojinete depende, sin embargo, en gran medida de las condiciones operativas y el valor calculado se utilizará únicamente como una pauta.

Es probable que la vida útil de los cojinetes DE (LA) y NDE (LOA) sin opción de relubricación sea más breve que la de la máquina eléctrica. Por lo tanto, los cojinetes se podrían cambiar algunas veces. El mantenimiento de los cojinetes de rodillo requiere cuidados, herramientas y preparación especiales con el fin de asegurar una vida útil prolongada de los cojinetes recién instalados. Durante el mantenimiento de los cojinetes, asegúrese de que:

- No se permita el ingreso de suciedad o residuos extraños en los cojinetes en ningún momento durante el mantenimiento.
- Los cojinetes se lavan, sequen y engrasen previamente con grasa para cojinetes de rodillo de alta calidad antes del armado.
- El desarmado y el montaje de los cojinetes no daña los cojinetes. Los cojinetes se deben extraer mediante extractores y se deben colocar calentándolos o mediante herramientas especiales para ese fin.

NOTA: Si es necesario cambiar cojinetes, comuníquese con la organización de postventa de ABB. Vea la información de contacto de postventa (ABB After Sales) en el *capítulo 9.1.5. Información de contacto de postventa*.

NOTA: CUANDO SE DESMANTELE LA MÁQUINA, SIEMPRE CAMBIE ESTOS COJINETES CERRADOS.

NOTA: Recuerde apretar los tornillos correctamente. Cuando se aprietan tornillos, se seguirá el procedimiento a continuación:

- Limpie la rosca del tornillo.
- Utilice un agente de bloqueo de tornillos adecuado.
- Apriete los pernos en orden cruzado en dos fases con la llave de torsión (para el grado de apriete de los accesorios de fijación, consulte la *tabla 7-10. Torsiones de apriete generales*).

Para obtener más información, vea el *capítulo 7.4.4. Grado de apriete de los accesorios de fijación*.

7.5.1 Construcción de los cojinetes

Cojinetes cerrados antifricción

Los cojinetes cerrados no se pueden volver a engrasar y la única operación de mantenimiento es verificar regularmente la limpieza del cojinete, mantener limpio el cojinete, proteger la superficie del cojinete contra la corrosión y revisar visualmente el estado del cojinete.

Cojinetes reengrasables antifricción

Con el fin de operar de manera confiable, los cojinetes se deben lubricar de manera satisfactoria para prevenir el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, las pistas del cojinete y la jaula, para prevenir el desgaste y para proteger las superficies contra la corrosión. Para asegurar una operación confiable, los cojinetes se deben volver a engrasar con regularidad con grasa para cojinetes de rodillo de alta calidad.

La elección de la grasa, los intervalos de engrasado y de limpieza, por lo tanto, se deben respetar escrupulosamente. Toda esta información se proporciona en la placa de lubricación.

Las mejores temperaturas operativas se obtienen cuando el cojinete recibe la cantidad mínima de lubricante necesaria para asegurar una lubricación confiable. Por lo tanto, es importante que se respeten las instrucciones del fabricante de la máquina. El exceso de lubricante aumenta rápidamente la temperatura operativa, especialmente a velocidades de giro altas.

Cuando sea necesario cambiar de un tipo de grasa a otro, por cualquier motivo, se debe tener en cuenta la posibilidad de mezclar los lubricantes. Si se mezclan grasas incompatibles, la consistencia puede volverse muy diferente y la temperatura máxima de empleo de la mezcla puede volverse tan baja que cause una falla del cojinete.

Siempre se debe agregar nueva grasa a los cojinetes mientras todavía tienen una lubricación satisfactoria y siempre con la máquina en operación. La grasa se agregará de acuerdo con la información que se presenta en la placa de engrasado.

Como todas las piezas esenciales de la máquina, los cojinetes se deben limpiar y verificar periódicamente. La frecuencia de la operación y el procedimiento que se utilizará dependen más que nada de las condiciones operativas.

Para la limpieza, utilice preferiblemente aguarrás, parafina de buena calidad, gasolina o benzol. Después de esta operación, las piezas se recubrirán de inmediato con aceite o con grasa para protegerlas contra la corrosión.

7.5.2 Intervalos de reengrase

El reengrase de los cojinetes no cerrados se puede llevar a cabo manualmente o mediante un sistema automático. En cualquiera de los casos, se debe verificar que una cantidad adecuada de grasa ingrese al cojinete a intervalos adecuados. El intervalo de reengrase se encuentra en la placa de cojinetes.

NOTA: La grasa puede causar irritación en la piel e inflamación ocular. Siga todas las precauciones de seguridad especificadas por el fabricante de la grasa.

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

Los intervalos de reengrase están calculados para una temperatura operativa de 70 °C (160 °F). Si la temperatura operativa es menor o mayor que lo supuesto, el intervalo de reengrase se debe modificar de manera acorde. Una temperatura operativa mayor reduce el intervalo de reengrase.

NOTA: Un aumento de la temperatura ambiente eleva la temperatura de los cojinetes de manera acorde. Los valores del intervalo de reengrase se deben reducir a la mitad cada 15 °C (30 °F) de aumento en la temperatura del cojinete y se pueden duplicar una vez para una reducción de 15 °C (30 °F) en la temperatura del cojinete.

Intervalos de reengrase para transmisiones de convertidor de frecuencia

Una operación a mayor velocidad, por ejemplo en aplicaciones de convertidor de frecuencia, o una velocidad menor con carga pesada requerirá intervalos de lubricación menores o un lubricante especial. Consulte al departamento de postventa de la fábrica ABB en estos casos.

NOTA: No se debe exceder la velocidad construccional máxima de la máquina. Se debe verificar la adecuación de los cojinetes para la operación a alta velocidad.

7.5.3 Reengrase para cojinetes relubricados

Algunos de los cojinetes de rodillo de las máquinas eléctricas giratorias en extremo D deben ser reengrasados; vea el *capítulo 7.5.2. Intervalos de reengrase*. El reengrase se puede llevar a cabo manualmente o mediante un sistema automático. En cualquiera de los casos, se debe verificar que una cantidad adecuada de grasa ingrese al cojinete a intervalos adecuados.

NOTA: La grasa puede causar irritación en la piel e inflamación ocular. Siga todas las precauciones de seguridad especificadas por el fabricante de la grasa.

Reengrase manual de los cojinetes

Las máquinas adecuadas para reengrase manual están equipadas con puntos de engrase. Con el fin de prevenir el ingreso de residuos en los cojinetes, se deben limpiar perfectamente los puntos de engrase y la zona circundante antes de volver a engrasar.

Reengrase manual mientras la máquina está en funcionamiento

- Reengrase mientras la máquina está en funcionamiento.
- Verifique que la grasa que se va a utilizar sea adecuada.
- Limpie los puntos de engrase y la zona que los rodea.
- Verifique que el canal de lubricación esté abierto; si está equipado con una manija, ábrala.
- Presione la cantidad y el tipo especificados de grasa dentro del cojinete.
- Deje la máquina en funcionamiento 1 ó 2 horas para asegurar que todo exceso de grasa sea forzado a salir del cojinete. La temperatura de los cojinetes puede aumentar temporalmente durante este tiempo.
- Si está equipado con una manija, ciérrela.

NOTA: Tenga cuidado con todas las piezas giratorias durante el reengrase.

Reengrase manual mientras la máquina está detenida

Preferiblemente, reengrase la máquina mientras está en funcionamiento. Si esto no fuera posible o se considerara peligroso, el reengrase se debe llevar a cabo mientras la máquina está detenida. En ese caso:

- Verifique que la grasa que se va a utilizar sea adecuada.
- Detenga la máquina.
- Limpie los puntos de engrase y la zona que los rodea.
- Verifique que el canal de lubricación esté abierto; si está equipado con una manija, ábrala.
- Presione únicamente la mitad de la cantidad del tipo especificado de grasa dentro del cojinete.

- Haga funcionar la máquina algunos minutos a velocidad plena.
- Detenga la máquina.
- Una vez que la máquina se detuvo, presione la cantidad especificada de la grasa correcta dentro del cojinete.
- Deje la máquina en funcionamiento 1 ó 2 horas para asegurar que todo exceso de grasa sea forzado a salir del cojinete. La temperatura de los cojinetes puede aumentar temporalmente durante este tiempo.
- Si está equipado con una manija, ciérrela.

Reengrasado automático

Hay diversos sistemas de relubricación automática disponibles en el mercado. Sin embargo, ABB recomienda únicamente el uso de sistemas de relubricación electromecánicos. Se debe verificar la calidad de la grasa que ingresa al cojinete al menos una vez al año: La grasa tiene que tener la apariencia de la grasa nueva. Cualquier separación del aceite base y el jabón no es aceptable.

NOTA: Si se utiliza un sistema de reengrase automático, duplique la cantidad de grasa que se indica en la placa de cojinetes.

7.5.4 Placa de cojinetes

Todas las máquinas con la opción de relubricación se suministran con placas de cojinetes instaladas en el bastidor de la máquina. Las placas de cojinetes proporcionan información sobre los cojinetes, como:

- Tipo de cojinetes.
- Lubricante que se utiliza.
- Intervalo de reengrase.
- Cantidad de reengrase.

Para obtener más detalles sobre la placa de cojinetes, vea el capítulo 2.1.5. *Placa de cojinetes.*

NOTA: Es esencial que se tenga en cuenta la información que se ofrece en la placa de cojinetes cuando se utiliza la máquina y se le realizan trabajos de mantenimiento.

7.5.5 Grasa de cojinetes

Es esencial utilizar grasa de buena calidad y con el jabón base correcto. Esto asegurará una vida útil de los cojinetes prolongada y libre de problemas. La grasa que se utiliza para reengrases debe tener las siguientes propiedades:

- Ser grasa especial para cojinetes de rodillo.
- Ser de buena calidad con jabón complejo de litio y con aceite mineral o PAO (polivinílico alfa).
- Tener una viscosidad de aceite base de 100 a 160 cSt a 40 °C (105 °F).
- Tener una consistencia de grado NLGI de 2 (como recomendación).

- Tener un rango de temperatura permanente entre -30 °C (-20 °F) y al menos +120 °C (250 °F).

Todos los fabricantes principales de lubricantes ofrecen grasa con las propiedades correctas. Si se cambia de marca de grasa y no se tiene certeza sobre la compatibilidad, consulte a la fábrica de ABB; vea el *capítulo 9.1.5. Información de contacto de postventa*.

NOTA: No se deben mezclar distintas marcas de grasa, excepto que se haya verificado la compatibilidad.

NOTA: Se recomienda utilizar aditivos para grasa. Sin embargo, se debe obtener una garantía escrita del fabricante de lubricantes indicando que los aditivos no dañarán los cojinetes o las propiedades de la grasa en el campo con la temperatura operativa. Esto es especialmente importante para los aditivos EP (de presión extrema).

NOTA: Los lubricantes que contienen mezclas aditivas EP no se recomiendan.

Grasa recomendada para cojinetes de rodillo

ABB recomienda el uso de cualquiera de las siguientes grasas de alto rendimiento:

- Esso Unirex N2 (base de complejo de litio).
- Mobilith SHC 100 (base de complejo de litio).
- Shell Albida EMS 2 (base de complejo de litio).
- Klüber Klüberplex BEM 41-132.
- Lubcon Turmogrease Li 802 EP.
- Total Multiplex S 2 A.
- Fag Arcanol Temp 110.

Los intervalos de engrase para grasas que cumplen con propiedades distintas de las antes mencionadas se deben reducir a la mitad.

Grasa para cojinetes de rodillo para temperaturas extremas

Si la temperatura operativa del cojinete es superior a 100 °C (210 °F), consulte a la fábrica ABB para obtener información sobre las grasas adecuadas.

7.5.6 Instalación y sustitución del cojinete del lado DE (LA) cerrado

Extracción de cojinetes

1. Apoye el eje.
2. Retire los 8 tornillos del casquillo del lado NDE (LOA) en el estator.
3. Golpee levemente para retirar el casquillo del lado DE (LA).
4. Retire los retenes del cojinete.
5. Extraiga el cojinete de bola con un extractor (vea la *figura 7-1. Extractor de cojinetes*).

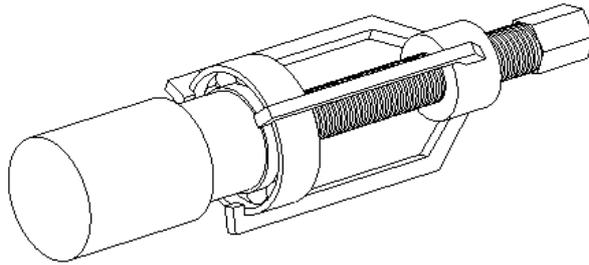


Figura 7-1. Extractor de cojinetes

6. Verifique el sello de la junta tórica y la arandela ondulada de precarga y sustitúyalos si es necesario.

Reinstalación del nuevo cojinete

1. Limpie el extremo del eje.
2. Instale un nuevo cojinete después de calentarlo por sistema de inducción a 80 °C como máximo.

NOTA: No golpee o presione sobre el anillo exterior durante el armado, ya que esto dañaría las bolas.

3. Instale retenes de cojinete, si es necesario.
4. Fije el casquillo del lado DE al estator con 8 tornillos.

7.5.7 Instalación y sustitución del cojinete del lado NDE (LOA) cerrado

Observación: si el generador se entrega con unidad de PMG (*imán permanente*) opcional, el procedimiento de extracción del cojinete es un poco diferente del que se aplica en el diseño sin este PMG opcional.

Extracción de cojinetes

1. Retire la rejilla de la toma de aire en el casquillo del lado NDE (LOA).
2. Retire los 8 tornillos del casquillo del lado NDE (LOA) en el estator.
3. Golpee levemente para retirar el casquillo del lado NDE y un estator de PMG opcional, junto con el campo excitador del estator (si el excitador está apoyado en el casquillo del lado NDE).
4. Retire el rotor del PMG instalado con un perno y una chaveta. Para obtener información más detallada sobre esta unidad con PMG opcional, vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.
5. Extraiga el cojinete de bola con un extractor (vea la *figura 7-1. Extractor de cojinetes*).
6. Verifique el sello de la junta tórica y la arandela ondulada de precarga y sustitúyalos si es necesario.

Reinstalación del nuevo cojinete

1. Limpie el extremo del eje.
2. Instale un nuevo cojinete después de calentarlo por sistema de inducción a 80 °C como máximo.

NOTA: No golpee o presione sobre el anillo exterior durante el armado, ya que esto dañaría las bolas.

3. Instale retenes de cojinete, si es necesario.
4. Verifique la arandela ondulada de precarga y sustitúyala si es necesario.
5. Fije el casquillo del lado NDE (LOA) junto con el estator con PMG opcional.
6. Fije el casquillo del lado NDE (LOA) al estator con 8 tornillos.
7. Instale el rotor de PMG opcional; vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.
8. Instale la rejilla de la toma de aire en el casquillo del lado NDE (LOA).

7.6 Mantenimiento del bobinado de estator y rotor

Los bobinados de las máquinas eléctricas giratorias están sujetos a esfuerzo eléctrico, mecánico y térmico. Los bobinados y el aislamiento gradualmente envejecen y se deterioran debido a estos esfuerzos. Por lo tanto, la vida de servicio de la máquina depende a menudo de la durabilidad del aislamiento.

Muchos procesos que dan como resultado daños se pueden prevenir o, al menos, hacer más lentos con un mantenimiento adecuado y pruebas regulares. En este capítulo se ofrece una descripción general de cómo realizar trabajos de mantenimiento y pruebas básicos.

En muchos países, el departamento de servicios de ABB también ofrece paquetes completos de mantenimiento de servicio, que incluyen pruebas completas.

Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento en los bobinados eléctricos, se deben tener en cuenta precauciones generales de seguridad eléctrica; se deben respetar las regulaciones locales para prevenir accidentes personales. Para obtener más información, vea el *capítulo 7.2. Precauciones de seguridad*.

En las siguientes normas internacionales, también se pueden obtener instrucciones independientes para pruebas y trabajos de mantenimiento:

1. Norma 43-2000 de IEEE, IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machines (Práctica recomendada por IEEE para pruebas de resistencia de aislamiento en máquinas giratorias)
2. Norma 432-1992 de IEEE, IEEE Guide for Insulation Maintenance for Rotating Electrical Machinery (5 hp to Less Than 10 000 hp) (Guía de IEEE para el mantenimiento del aislamiento para máquinas giratorias eléctricas [desde 5 hp hasta menos de 10.000 hp]).

7.6.1 Instrucciones de seguridad específicas para el mantenimiento de bobinados

Algunos de los trabajos peligrosos del mantenimiento de bobinados incluyen:

- Manipulación de solventes, barnices y resinas peligrosos. Se requiere utilizar sustancias peligrosas para la limpieza y el rebarnizado de los bobinados. Estas sustancias pueden resultar peligrosas si se las inhala, traga o si entran en contacto con la piel u otros órganos. Busque atención médica adecuada si ocurre un accidente.
- Trabajo con solventes y barnices inflamables. La manipulación y el uso de estas sustancias siempre deben ser realizados por personal autorizado y se deben seguir procedimientos de seguridad adecuados.
- Pruebas con alto voltaje (HV). Las pruebas con alto voltaje deben ser realizadas únicamente por personal autorizado y se deben seguir procedimientos de seguridad adecuados.

Las sustancias peligrosas que se utilizan en el mantenimiento de bobinados son:

- Aguarás: solvente.
- Tricloroetano: solvente.
- Barniz de acabado: Solvente y resina.
- Resina adhesiva: resina epoxi.

NOTA: Existen instrucciones especiales para la manipulación de sustancias peligrosas durante los trabajos de mantenimiento. También se pueden encontrar instrucciones importantes para la manipulación en las etiquetas de advertencia del embalaje.

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

- Evite respirar emanaciones en el aire; asegúrese de que la circulación de aire en el sitio de trabajo sea adecuada o utilice máscaras de respiración.
- Use elementos de seguridad como anteojos, calzado, casco y guantes e indumentaria de protección adecuada para proteger la piel. Siempre se deben usar cremas protectoras.
- Los equipos rociadores de barniz, el bastidor de la máquina y los bobinados siempre deben estar conectados a tierra durante el rociado con barniz.
- Tome las precauciones necesarias cuando trabaje en fosas y en espacios reducidos.
- Únicamente el personal capacitado para realizar tareas con alto voltaje puede llevar a cabo una prueba de voltaje.
- No fume, coma o beba en el sitio de trabajo.

7.6.2 Cronología del mantenimiento

Existen tres principios básicos para elaborar la cronología del mantenimiento de los bobinados:

- El mantenimiento de los bobinados se debe organizar de acuerdo con otros trabajos de mantenimiento de la máquina.
- El mantenimiento se debe realizar únicamente cuando es necesario.
- Las máquinas importantes deben recibir servicios más frecuentes que las menos importantes. Esto también se aplica a los bobinados que se contaminan rápidamente y a las transmisiones pesadas.

NOTA: Como regla de oro, se debe realizar una prueba de resistencia de aislamiento una vez al año. Esto debe ser suficiente para la mayoría de las máquinas en casi todas las condiciones operativas. Otras pruebas se deben llevar a cabo únicamente si surgen problemas.

Para ver un programa de mantenimiento para la máquina completa, incluidos los bobinados, consulte el *capítulo 7.3. Programa de mantenimiento*. Este programa de mantenimiento, sin embargo, se debe adaptar a las circunstancias particulares del cliente, es decir, los servicios de otras máquinas y las condiciones operativas siempre y cuando no se excedan los intervalos recomendados para la realización de servicios.

7.6.3 Temperatura operativa correcta

La temperatura correcta de los bobinados se asegura manteniendo limpias las superficies externas de la máquina, cuidando la operación correcta del sistema de refrigeración y monitoreando la temperatura del aire refrigerante.

En el caso de las máquinas refrigeradas por aire, es importante monitorear la limpieza de las tomas y las salidas de aire.

Si la máquina está equipada con detectores de temperatura, se deben monitorear las temperaturas operativas del estator. Las diferencias de temperatura importantes entre los detectores o la temperatura alta podrían ser un signo de daño en los bobinados.

7.6.4 Prueba de resistencia de aislamiento

Durante el trabajo de mantenimiento general y antes de hacer arrancar la máquina por primera vez o tras un período de detención prolongado, se debe medir la resistencia de aislamiento de los bobinados de estator y de rotor.

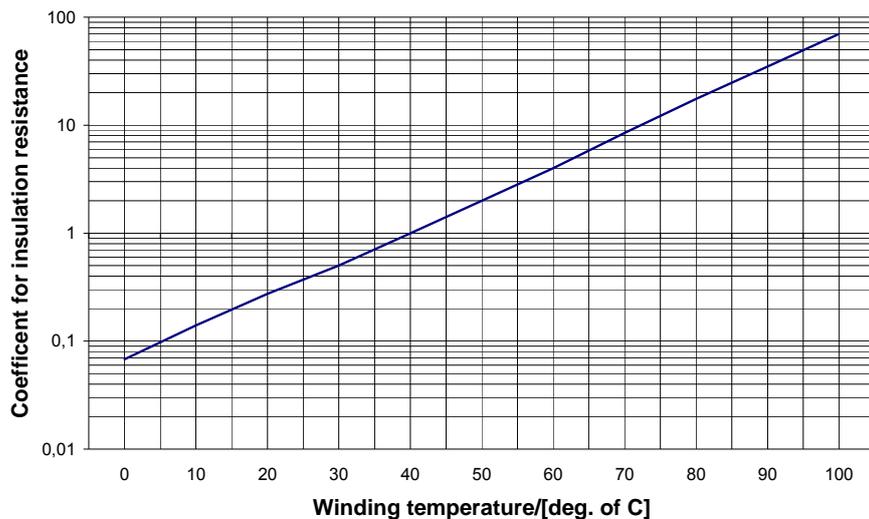
La medición de la resistencia de aislamiento brinda información sobre la humedad y la suciedad del aislamiento. Basándose en esta información, se pueden determinar acciones correctas de limpieza y de secado.

En el caso de máquinas nuevas con bobinados secos, la resistencia de aislamiento es muy alta. La resistencia puede, sin embargo, ser extremadamente baja si la máquina ha sido objeto de condiciones incorrectas de transporte y almacenamiento y de humedad o si la máquina se opera de manera incorrecta.

NOTA: Los bobinados se deben conectar a tierra por un breve lapso inmediatamente después de la medición, con el fin de evitar riesgos de choque eléctrico.

Conversión de valores de resistencia de aislamiento medidos

Con el fin de poder comparar valores de resistencia de aislamiento medidos, los valores se indican a 40 °C. El valor medido real, por lo tanto, se convierte a un valor a 40 °C correspondiente con la ayuda del siguiente diagrama (vea la *figura 7-2. Correlación entre la resistencia de aislamiento y la temperatura*). El uso de este diagrama se debe limitar a temperatura bastante cercanas al valor estándar de 40 °C, ya que las desviaciones grandes con respecto a éste podrían dar errores como resultado.



Coefficient for insulation resistance

Winding temperature / [deg.of C]

Figura 7-2. Correlación entre la resistencia de aislamiento y la temperatura

Coeficiente de resistencia de aislamiento

Temperatura del bobinado [grados C]

- R = Valor de resistencia de aislamiento a una temperatura específica
- R_{40} = Resistencia de aislamiento equivalente a 40 °C
- $R_{40} = k \times R$

Ejemplo:

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

$k = 0,25$

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

Tabla 7-10. Valores de temperatura en grados Celsius (°C) y grados 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

Consideraciones generales

Se debe tomar nota de la siguiente consideración antes de decidir cualquier acción basada en las pruebas de resistencia de aislamiento:

- Si el valor medido se considera demasiado bajo, se debe limpiar y/o secar el bobinado; vea el *capítulo 7.6.8. Secado* para obtener detalles. Si estas medidas no son suficiente, se debe obtener ayuda de expertos.
- Las máquinas en las cuales se sospecha un problema de humedad se deben secar con cuidado, independientemente del valor de resistencia de aislamiento medido.
- El valor de resistencia de aislamiento se reducirá cuando aumente la temperatura del bobinado.
- La resistencia se reduce a la mitad cada 10 a 15 °C de aumento de temperatura.

NOTA: La resistencia de aislamiento que se indica en el informe de la prueba es normalmente bastante mayor que los valores medidos en el sitio.

Valores mínimos para resistencia de aislamiento

Los siguientes criterios se aplican a bobinados en condiciones normales.

En general, los valores de resistencia de aislamiento para bobinados secos deben exceder los valores mínimos de manera significativa. Es imposible proporcionar valores definidos, ya que la resistencia varía en función del tipo de máquina y las condiciones locales. Además, la resistencia de aislamiento es afectada por la antigüedad y el uso de la máquina. Por lo tanto, los siguientes valores se pueden considerar únicamente como pautas.

Los límites de resistencia de aislamiento que se indican a continuación son válidos a 40 °C y cuando se ha aplicado el voltaje de prueba durante 1 minuto o más.

Rotor:

- Para los rotores R (1 a 10 min. a 40 °C) > 1,5 MΩ
- Las superficies con polvo de carbón o de cobre descubierto reducen los valores de resistencia de aislamiento del rotor.

Estator:

- Para estatores nuevos: R (1 a 10 min. a 40 °C) > 1000 MΩ
- Para estatores usados: R (1 a 10 min. a 40 °C) > 100 MΩ

Si no se alcanzan los valores que se indican aquí, se debe determinar el motivo de la baja resistencia de aislamiento. Un valor bajo de resistencia de aislamiento suele ser causado por exceso de humedad o suciedad, mientras que el aislamiento en sí está intacto.

Medición de la resistencia de aislamiento de la bobina del estator

La resistencia de aislamiento se mide utilizando un medidor de resistencia de aislamiento. El voltaje de prueba es 1000 VCC. El tiempo de la prueba es 1 minuto, después del cual se registra el valor de la resistencia de aislamiento. Antes de realizar la prueba de resistencia de aislamiento, verifique que:

- Las conexiones secundarias de los transformadores de corriente (CT), incluidos los núcleos de reserva, no estén abiertas. Vea la *figura 7-3. Conexión de los bobinados de estator para mediciones de resistencia de aislamiento, parte a.*
- Todos los cables de alimentación eléctrica estén desconectados.
- El bastidor de la máquina y los bobinados de estator que no se someten a pruebas estén conectados a tierra.
- Todos los detectores de temperatura de resistencia estén conectados a tierra.
- Las posibles conexiones a tierra de los transformadores de voltaje (no comunes) se deben retirar.

La medición de resistencia de aislamiento se debe realizar en la caja de terminales. La prueba usualmente se realiza a todo el bobinado como un grupo, en cuyo caso el medidor se conecta entre el bastidor de la máquina y el bobinado. Vea las *partes a y b* de la *figura 7-3. Conexión de los bobinados de estator para mediciones de resistencia de aislamiento.* El bastidor se conecta a tierra y las tres fases del bobinado de estator permanecen conectadas en el punto neutro; vea la *parte a* de la *figura 7-3. Conexión de los bobinados de estator para mediciones de resistencia de aislamiento.* En la figura, $M\Omega$ representa el equipo de medida de resistencia de aislamiento.

Si la resistencia de aislamiento medida de todo el bobinado es menor que lo especificado y las bobinas de la fase se pueden desconectar fácilmente entre sí, cada fase también se puede medir por separado. Esto no es posible en todas las máquinas. En esta medición, el equipo de medida está conectado entre el bastidor de la máquina y uno de los bobinados. El bastidor y las dos fases que no se miden están conectados a tierra; vea la *parte c* de la *figura 7-3. Conexión de los bobinados de estator para mediciones de resistencia de aislamiento.* En la figura, $M\Omega$ representa el equipo de medida de resistencia de aislamiento.

NOTA: Cuando las fases se miden por separado, todas las puntas de estrella del sistema de bobinado deben estar retiradas. Si la punta de estrella del componente no se puede retirar, como en un transformador de voltaje trifásico típico, se debe retirar todo el componente.

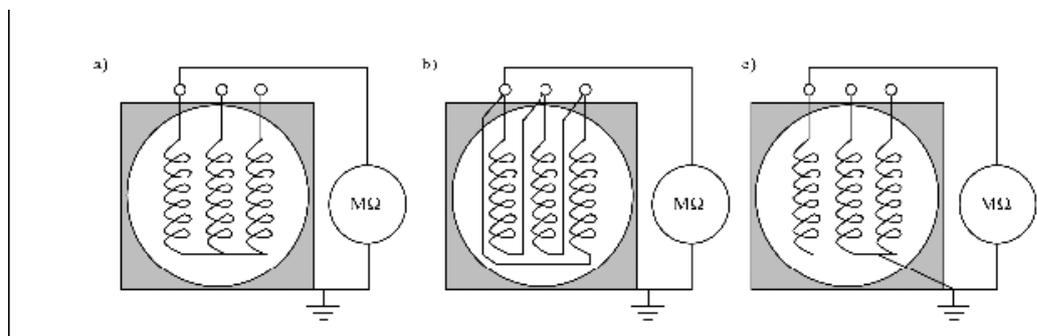


Figura 7-3. Conexión de los bobinados de estator para mediciones de resistencia de aislamiento

En la figura 7-3:

- Medición de resistencia de aislamiento para bobinado conectado en estrella.
- Medición de resistencia de aislamiento para bobinado conectado en delta.
- Medición de resistencia de aislamiento para una fase del bobinado. MΩ representa el medidor de resistencia de aislamiento.

NOTA: Después de la medición de resistencia de aislamiento, las fases del bobinado se deben conectar a tierra para descargarlas.

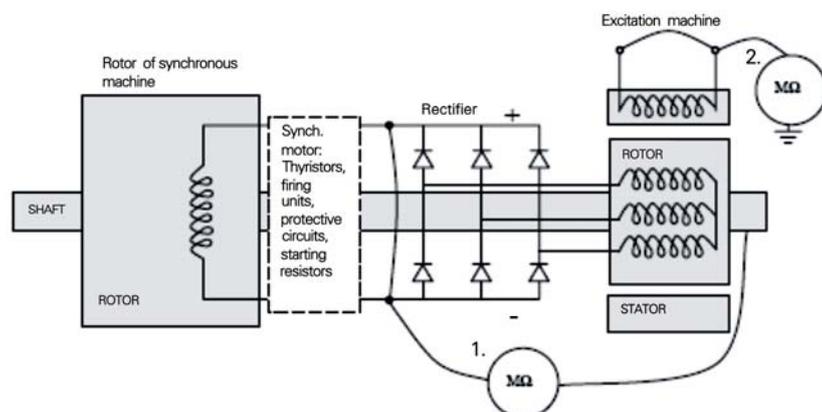
Mediciones de resistencia de aislamiento del bobinado del campo del motor y la excitación

El voltaje de prueba para los bobinados del rotor y la excitación es 500 VCC. Cuando se realizan pruebas a los bobinados de los rotores:

- Realice un cortocircuito del rectificador antes de medir.
- Mida la temperatura de los bobinados de rotor, si es posible, o, estime de alguna manera la temperatura de medición del bobinado de rotor.
- Conecte el medidor de resistencia de aislamiento entre los bobinados de los rotores y el eje de los rotores como se muestra en la *figura 7-4. Conexiones para mediciones de resistencia de aislamiento*. La corriente de medición no debe pasar a través de los cojinetes.
- Después de la medición de resistencia de aislamiento, los bobinados se deben conectar a tierra para descargarlos.

Cuando se realizan pruebas al bobinado del estator de la máquina de excitación:

- Desconecte los cables de alimentación eléctrica de la fuente de voltaje.
- Conecte el medidor de resistencia de aislamiento entre el bobinado de estator y el bastidor de la máquina como se muestra en la *figura 7-4. Conexiones para mediciones de resistencia de aislamiento*.



Rotor de máquina sincrónica
Eje
Rotor

Rectificador

Motor síncrono: tiristores, unidades de encendido, circuitos de protección, resistores de arranque

Excitación

Estator

Figura 7-4. Conexiones para mediciones de resistencia de aislamiento

1) Medición de los bobinados de los rotores.

2) Medición del bobinado del estator de la máquina de excitación. MΩ representa el equipo de medida de resistencia de aislamiento.

7.6.5 Índice de polarización

En el caso de la prueba de índice de polarización, la resistencia de aislamiento se mide después de aplicar voltaje durante 15 segundos y 1 minuto (o 1 minuto y 10 minutos). La prueba de índice de polarización depende menos de la temperatura que la resistencia de aislamiento. Cuando la temperatura del bobinado es inferior a 50 °C (122 °F), se puede considerar independiente de la temperatura. Las temperaturas altas pueden causar cambios impredecibles en el índice de polarización; por lo tanto, la prueba no se debe utilizar en temperaturas que superen 50 °C (122 °F).

La suciedad y la humedad acumuladas en el bobinado normalmente reducen la resistencia de aislamiento y el índice de polarización, así como su dependencia de la temperatura. Por lo tanto, la línea de la *figura 7-2. Correlación entre la resistencia de aislamiento y la temperatura* se vuelve menos abrupta. Los bobinados con distancias de fuga abiertas son muy sensibles a los efectos de la suciedad y la humedad.

Existen varias reglas para determinar el valor mínimo aceptable con el cual se puede hacer arrancar la máquina con seguridad. Para el índice de polarización (PI), los valores usualmente varían entre 1 y 4. Los valores cercanos a 1 indican que los bobinados están húmedos y sucios.

El valor mínimo de *PI* para un bobinado de estator de clase *H* es más de 2, donde:

$$PI = \frac{R_{1\text{min}}}{R_{15\text{s}}} \quad \text{O bien:}$$

$$\frac{R_{10\text{min}}}{R_{1\text{min}}}$$

NOTA: Si la resistencia de aislamiento del bobinado se encuentre dentro del rango de varios miles de MΩ, el índice de polarización no es un criterio significativo del estado del aislamiento y puede desestimarse.

7.6.6 Prueba de alto voltaje

Una prueba de voltaje se utiliza para verificar en busca de puntos eléctricamente débiles en los bobinados que podrían ser causa de una falla

del aislamiento durante los trabajos de servicio. Se realiza durante inspecciones, solución de problemas y reparaciones importantes.

En la prueba de alto voltaje se utiliza voltaje de CA y el voltaje de la prueba es 1500 V.

7.6.7 Inspección visual de bobinados

Las inspecciones de los bobinados brindan información sobre:

- El índice de contaminación, la presencia de suciedad y humedad.
- La estabilidad de los soportes, marcas de vibración y grietas.
- Marcas de sobrecalentamiento.
- Marcas de movimiento.
- Grado de apriete de las cuñas de las ranuras.
- Cabezas de bobinas y sus apoyos.

Cuando se examina la contaminación, se debe prestar especial atención a las superficies de fuga abierta, ya que la resistencia de aislamiento se ve afectada fácilmente por la suciedad que se acumule allí.

La acumulación de suciedad bloquea los espacios de la bobina y los conductos de aire, reduciendo así la capacidad de enfriamiento de la máquina. Como resultado, la temperatura del bobinado aumenta y el envejecimiento se puede acelerar considerablemente.

La exigencia mecánica, las vibraciones y los choques pueden causar grietas en los bordes de los apoyos, amarres y alrededor de los extremos de las ranuras. Los apoyos y las cuñas de ranura flojos son signos de deterioro adicional. Verifique en busca de marcas de abrasión y polvo cerca de los apoyos, los amarres y los extremos de las ranuras. Las cuñas de las ranuras completamente sueltas y las bobinas dobladas son problemas graves que se deben rectificar de inmediato.

Las grietas finas y las fracturas en las piezas metálicas como los pernos de apoyo y los bobinados de jaula de ardilla también son signos de deterioro, pero demoran más en llegar a producir una falla.

La humedad del bobinado suele causar, por ejemplo, óxido en el hierro, marcas de gotas, chorreados y marcas de humedad sobre las capas de suciedad. Los patrones con forma de casquillo que suelen quemar y dejar de rastro las corrientes de carbonización, advierten sobre una próxima falla. En casos raros, los conductores se corroen.

Las marcas de los efectos eléctricos (aparte de las marcas de las corrientes de carbonización) suelen quedar ocultas dentro de la ranura y los aislamientos de los conductores.

Las sobretemperaturas que duran apenas un breve período pueden dejar marcas en toda la máquina.

Las siguientes son marcas de sobrecalentamiento:

- El cobre de los bobinados de compensación se oscurece (el oscurecimiento también puede deberse a los gases del ambiente) y se oxida.
- Las laminaciones del núcleo del rotor se tornan azules (por encima de 350 °C o 662 °F)
- Hay diferencia de color en los pernos de fijación de las máquinas sincrónicas.
- El aislamiento puede encoger o partirse (usualmente por encima de 200 °C o 392 °F), los amarres pueden agrietarse (por encima de 220 °C o 428 °F) y la película de poliéster o las fibras pueden fundirse (por encima de 250 °C o 482 °F).
- También es posible que el aislamiento de las ranuras se expanda. Los períodos prolongados de sobretemperatura causan envejecimiento prematuro. Los materiales de aislamiento se vuelven quebradizos y se oscurecen en las primeras etapas. Como resultado, los bobinados se parten, desintegran y fracturan.

7.6.8 Secado

Los bobinados se deben secar:

- Después de lavarlos (especialmente un lavado y enjuague con agua)
- Si se han humedecido durante el uso o detenidos.

El secado siempre se debe iniciar con un soplador o aire caliente externo. Se deben intentar otros medios únicamente si el soplador o el aire caliente no son suficientes.

Durante el secado, la velocidad de aumento de temperatura del bobinado no debe exceder 5 °C (9 °F) por hora y la temperatura final no debe exceder 105 °C o (220 °F). Un aumento súbito de la temperatura o una temperatura final demasiado alta pueden ser causa de formación de vapor en las cavidades de los bobinados y esto puede, a su vez, destruir los bobinados. Durante el proceso de secado, la temperatura se debe monitorizar periódicamente y la resistencia de aislamiento se debe medir a intervalos regulares.

Una máquina muy mojada se debe dismantelar para secar los bobinados en un horno. Todas las piezas deben ser verificadas. Si la máquina no está muy mojada, el bobinado se puede secar pasando una corriente a través de él.

Si el bobinado se seca pasando una corriente a través de él, la fuente de electricidad puede ser, por ejemplo, una máquina de soldar o un dispositivo similar.

NOTA: Se puede utilizar corriente continua o alterna. La corriente no debe exceder el 25% de la corriente nominal, que está indicada en la placa de especificaciones en la máquina. La temperatura del bobinado también se debe monitorear permanentemente.

Cuando se seca en un horno, el aumento de temperatura y la temperatura máxima se deben monitorear con cuidado. La temperatura del horno debe

ser de alrededor de 90 °C (o 194 °F) durante 12 a 16 horas y, después, 105 °C (220 °F) durante 6 a 8 horas. Estos tiempos pueden variar y el tiempo correcto se debe monitorear con una prueba de resistencia de aislamiento.

Un secado efectivo se alcanza con el equilibrio correcto de calor y ventilación. La circulación de aire en el interior de la máquina debe ser lo más efectiva posible.

El secado en un horno con buena ventilación es la técnica más efectiva. Lamentablemente, esto no suele ser posible en el sitio de operación de la máquina. Por lo tanto, se debe utilizar soplo de aire caliente o calentamiento de los bobinados con corriente. Es esencial que la circulación de aire nuevo sea adecuada, sea cual fuere el método de calentamiento que se utilice.

Se debe realizar una prueba de resistencia de aislamiento después de secar los bobinados. Cuando comienza el secado, la resistencia de aislamiento se reduce por el aumento de la temperatura. A medida que continúa el secado, sin embargo, la resistencia de aislamiento aumenta hasta alcanzar un valor estable.

7.6.9 Otras operaciones de mantenimiento

Normalmente, los bobinados fabricados por ABB no tienen problemas y, además de una monitorización periódica, requieren únicamente limpieza y secado ocasionales como se describió antes. Si ocurren circunstancias extraordinarias y se requiere otro trabajo de mantenimiento, es mejor recurrir a ayuda profesional. La organización de postventa de ABB gustosamente presta asistencia en cuestiones referidas al mantenimiento de bobinados de máquinas eléctricas; para obtener información de contacto, vea el *capítulo 9. Postventa y repuestos*.

7.7 Mantenimiento relacionado con el rendimiento eléctrico, la excitación, el control y la protección

El rendimiento eléctrico de una máquina síncrona está definido principalmente por el estado de los bobinados de rotor y estator y por la operación del sistema de excitación. El mantenimiento de los bobinados de la máquina principal se describe en el *capítulo 7.6. Mantenimiento del bobinado de estator y rotor*. En este capítulo, nos centramos en el mantenimiento del sistema de excitación y en los sistemas de control y protección. Para consultar sobre la unidad con PMG opcional, vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.

7.7.1 Medición de resistencia de aislamiento de la excitación

La resistencia de aislamiento en la excitación se puede evaluar con la prueba de resistencia de aislamiento del bobinado. El procedimiento se describe de manera detallada en el *capítulo 7.6. Mantenimiento del bobinado de estator y rotor*. El voltaje de prueba para el estator del excitador debe ser 500 VCC y la prueba se debe realizar en la caja de terminales después de haber desconectado los cables.

La resistencia del rotor de la excitación normalmente se mide junto con el rotor de la máquina principal; vea el *capítulo 7.6.4. Prueba de resistencia de aislamiento*. La resistencia del rotor del excitador también se puede medir por separado, pero esto requiere preparaciones especiales.

7.7.2 Disparos de protección

La máquina síncrona debe estar protegida con alarmas y disparos en caso de condiciones de funcionamiento anormales, tanto eléctricas como mecánicas. Algunas de estas protecciones se pueden volver a ajustar y la máquina se puede volver a arrancar directamente cuando se localiza el fallo.

7.7.3 Regulador automático de voltaje (AVR)

El regulador automático de voltaje (AVR) es importante para controlar y proteger la máquina y los problemas en las conexiones o en los ajustes del AVR podrían causar distintos tipos de fallos operacionales. Estos incluyen, por ejemplo, desviaciones del rendimiento y pérdida de excitación. Para obtener información detallada sobre la conexión y los ajustes del AVR, vea el *anexo 3. Planos de conexiones principales* y el *anexo 6. Regulador automático de voltaje: Manual del usuario*.

7.7.4 Medición de resistencia de aislamiento para los equipos auxiliares

Para asegurar la operación correcta de las protecciones de las máquinas y otros equipos auxiliares, su estado también se puede determinar mediante una prueba de resistencia de aislamiento; sin embargo, esto no es recomendable. Contacte al departamento de postventa para obtener más información.

7.7.5 Fallo de diodos

Si falla un diodo del rectificador giratorio, el generador se debe desconectar. Para determinar y localizar un diodo defectuoso:

Abra las cubiertas en el extremo sin transmisión de la máquina y mida la resistencia de aislamiento con un ohmímetro sobre uno de los diodos.

Si se detecta la falla de un diodo, desconecte todos los diodos y pruébelos por separado para localizar el defectuoso.

NOTA: No abra las cubiertas de servicio o los casquillos de los extremos excepto si está seguro de que la máquina está aislada de la fuente impulsora.

Para sustituir diodos defectuosos:

- Abra las puertas de servicio en el casquillo del extremo N de la máquina.
- Desconecte los cables conectados a los diodos y los cables de conexión del bobinado del excitador.
- Verifique el estado de los diodos midiendo la resistencia en un diodo en ambas direcciones.
- Sustituya los diodos dañados.

- Limpie las superficies de contacto y aplique compuesto para juntas eléctricas.
- Ajuste los diodos. Una los conductores de conexión de los diodos como estaban armados originalmente.
- Verifique el ajuste y el bloqueo de todos los componentes de puente rectificador.
- Asegúrese de que no haya ninguna herramienta, etc. en el interior de la máquina y cierre las cubiertas de servicio.

Después de cambiar los diodos, se puede verificar el estado de los diodos comparando la corriente de excitación sin carga con los valores de puesta en servicio. La falla de un diodo da como resultado un aumento significativo de la corriente de excitación.

7.8 Mantenimiento relacionado con el rendimiento térmico y el sistema de refrigeración

Un aumento de la temperatura de la máquina suele estar causado por:

- Una reducción del efecto del sistema de refrigeración.
- Cantidades excesivas de calor producidas por la máquina.

Si la temperatura de la máquina excede los valores normales, determine cuál de estas dos causas es responsable del aumento de temperatura. La producción excesiva de calor podría estar causada, por ejemplo, por un problema en un bobinado o por un desbalance en la red; en estos casos, las acciones correctivas en el sistema de refrigeración serían inefectivas o perjudiciales.

7.8.1 Sistema de refrigeración

La máquina se enfría con un ventilador montado en un eje. El aire refrigerante se toma del aire circundante en el extremo sin transmisión y se sopla hacia afuera por la parte superior y los costados de la máquina en el extremo de la transmisión (IC 0A1). El aire refrigerante debe estar lo más limpio posible porque la suciedad que se introduce en la máquina causa contaminación y reduce la eficiencia de la refrigeración.

Si los detectores de temperatura de los bobinados o del aire refrigerante muestran una temperatura anormal, se debe verificar el sistema de refrigeración. Alguno de los dos motivos siguientes podría estar causando el problema en el sistema de refrigeración:

- Problemas con los filtros de aire (si es aplicable):
 - ⇒ Verifique el estado de los filtros de aire.
- Problemas en la circulación de aire en el interior de la máquina:
 - ⇒ Asegure una buena circulación de aire en el interior de la máquina. El interior de la máquina se debe limpiar y verificar durante las revisiones o si surgen problemas..

Otras causas posibles de un rendimiento deficiente del sistema de refrigeración incluyen una temperatura ambiente elevada o temperatura alta del aire de admisión. Además, el mal funcionamiento de los cojinetes puede ser causa del aumento de la temperatura de los cojinetes.

Cuando se ha detectado un aumento anormal de la temperatura, también se debe verificar que el sistema de medición de temperatura esté operando correctamente.

Capítulo 8 Solución de problemas

Este capítulo está destinado a ofrecer ayuda en el caso de un fallo operacional con una máquina entregada por ABB. Las tablas de solución de problemas que se presentan a continuación pueden ayudar a localizar y a reparar problemas mecánicos, eléctricos y térmicos y problemas asociados con el sistema de lubricación. Las verificaciones y las acciones correctivas que se mencionan siempre deben ser realizadas por personal calificado. En caso de duda, se debe contactar al departamento de posventa de ABB para obtener más información o asistencia técnica con respecto a la solución de problemas y el mantenimiento.

Para consultar sobre la unidad con PMG opcional, vea el *anexo 9. Generador de imán permanente (PMG): Manual del usuario*.

8.1 Funcionamiento mecánico

Tabla 8-1. Solución de problemas con el funcionamiento mecánico

Solución de problemas Funcionamiento mecánico

Problema				
Vibración	Ruido	Causa posible		Acción correctiva
x	x	Problema de lubricación		Verifique la calidad y la cantidad de lubricante y el funcionamiento del sistema de lubricación
x	x	Problema en los cojinetes	Piezas de cojinete dañadas	Verifique el estado de los cojinetes y sustituya las piezas de los cojinetes
x	x		Conjunto de cojinete defectuoso	Verifique la alineación
x	x	Ventilador(es) de refrigeración defectuoso (s)	Ventilador(es) desequilibrado(s) o dañado(s)	Verifique y repare el(los) ventilador(es) de refrigeración
	x	Problemas en el sistema de refrigeración		Inspeccione y repare el sistema de refrigeración
	x	Problemas en el sistema de excitación		Inspeccione y repare el sistema de excitación
x	x	Desalineación de la máquina		Verifique la alineación de la máquina
x	x	Rotor o eje desequilibrado		Vuelva a equilibrar el rotor
x	x	Piezas sueltas en el rotor		Verifique las cuñas, polos, etc. del rotor, repare y vuelva a equilibrar el rotor
x	x	Vibración proveniente de máquinas conectadas		Verifique el equilibrado de las máquinas conectadas y el tipo de acoplamiento
x	x	Carga axial proveniente de máquinas conectadas		Verifique la alineación y la función y el tipo de acoplamiento
x	x	Acoplamiento defectuoso o montaje de manera incorrecta		Verifique la función del acoplamiento
x		Resistencia insuficiente de los cimientos		Refuerce los cimientos de acuerdo con las instrucciones de ABB
	x	Fallo de bobinado de la máquina principal o de la máquina de excitación		Verifique los bobinados de la máquina principal y de la máquina de excitación
x	x	Excesivo desequilibrio en la red		Verifique que el equilibrado de la red cumpla con los requisitos
x	x	Desalineación de cojinetes		Verifique la alineación del pedestal de los cojinetes
	x	Materia extraña, humedad o suciedad en el interior de la máquina		Verifique y limpie el interior de la máquina, seque los bobinados
x	x	Entrehierro no uniforme		Mida y ajuste el entrehierro

8.2 Sistema de lubricación y cojinetes de rodillo

Tabla 8-2. Solución de problemas con la lubricación y los cojinetes de rodillo

Problema					
temperatura alta en los cojinetes	Fugas de lubricante	Ruido o vibración en los cojinetes	Causa posible		Acción correctiva
			•		•
•		•	Calidad o viscosidad inadecuada de la grasa		Verifique las recomendaciones de ABB con respecto a la grasa, cambie la grasa
•			Fuerzas axiales excesivas	Acoplamiento o montaje defectuoso	Verifique el acoplamiento, el montaje y la alineación
•		•	Calidad inferior de la grasa	Período de reengrase incorrecto	Verifique las recomendaciones de ABB, reengrase
•		•		Condiciones operativas defectuosa	Verifique las recomendaciones de ABB con respecto a la operación y la grasa
•	•		Lubricación excesiva		Limpie la grasa, verifique el estado de los cojinetes
•			Piezas de cojinete dañadas	Impurezas en la grasa	Cambie la grasa, verifique el estado de los cojinetes
				Corrientes de cojinetes	Verifique el estado de los cojinetes y del aislamiento
				Falla completa de cojinete	Sustituya el cojinete
				Desgaste normal	Sustituya las piezas de cojinete desgastadas
•			Instrumentos defectuosos	Detector de temperatura defectuoso	Verifique el sistema de medición de temperatura de los cojinetes
	•	•	Sellos de cojinete defectuosos		Verifique los sellos de cojinete y la calidad del lubricante
•			Cojinete armado de manera incorrecta		Sustituya el cojinete, asegúrese de que el armado es correcto
•		•	El anillo externo gira debido a carga desequilibrada		Reequilibre la máquina, repare el hueco del cojinete y sustituya el cojinete
		•	Ruido de cojinete debido a elemento rodante deformado		Sustituya el cojinete
		•	Materia extraña en el interior del cojinete		Limpie el conjunto del cojinete, verifique el estado del sello y sustituya el cojinete

8.3 Funcionamiento térmico, sistema abierto de refrigeración por aire

Tabla 8-3. Solución de problemas con el funcionamiento térmico

Solución de problemas

Funcionamiento térmico, sistema abierto de refrigeración por aire

Problema		Causa posible		Acción correctiva
Temperatura alta en los bobinados	temperatura de aire			
x	x	Alta temperatura de aire de entrada	Temperatura ambiente demasiado alta	Agregue ventilación para reducir la temperatura ambiente
x	x		El aire saliente se vuelve a ingresar	Asegure distancias libres suficientes alrededor de la máquina
x	x		Fuente de calor en las inmediaciones	Aleje más las fuentes de calor, verifique la ventilación
x	x	Flujo de aire defectuoso o	Interior de la máquina sucio	Limpie las piezas y los espacios de aire de la máquina
x	x		Organización de refrigeración defectuosa	Inspeccione el estado de la organización de la refrigeración y verifique que el armado sea correcto
x	x		Tomas de aire bloqueadas	Despeje las tomas de aire de residuos
x	x		Filtro de aire obstruido	Limpie o sustituya los filtros de aire
x	x	Ventilador(es) de refrigeración dañado(s)		Sustituya el(los) ventilador(es)
x	x	El ventilador de refrigeración gira en sentido incorrecto		Sustituya el(los) ventilador(es) o cambie el sentido de giro del ventilador externo
x		Sobrecarga	Ajuste del sistema de control	Verifique los controles de la máquina, elimine la sobrecarga
x	x	Sobrevelocidad		Verifique la velocidad real y las recomendaciones de ABB con respecto a la velocidad
x		Desequilibrio de la red		Verifique que el equilibrado de la red cumpla con los requisitos
x	x	Instrumentos o sistema de medición defectuosos		Verifique las mediciones, los sensores y los cables
x		Fallo del bobinado de la máquina principal o de la excitación		Verifique los bobinados de la máquina principal y de la excitación

8.4 Funcionamiento eléctrico y sistema de excitación de los generadores

Tabla 8-3. Solución de problemas con el funcionamiento eléctrico

Solución de problemas

Funcionamiento eléctrico y sistema de excitación de los generadores con excitación por

Problema						Causa posible	Acción correctiva	
Excitación perdida	Aumento de la corriente de excitación durante el arranque	Desviación del rendimiento	Operación no ajustable	Operación paralela				
	x		x			Velocidad	Control de velocidad	Verifique el control de la velocidad de la máquina
		x	x			Desequilibrio de fase de red		Verifique que el equilibrado de la red cumpla con los
			x			Variación de la velocidad de la máquina		Verifique el control de la velocidad de la máquina
x		x			Falla de aplicación en campo	Ajustes defectuosos		Verifique el relé del panel de excitación y el ajuste del regulador de voltaje
x		x				Cables defectuosos		Verifique el panel de excitación y el generador
x		x				Imán de excitación desmagnetizado		Vea el diagrama de conexiones principales para restablecer la excitación del imán permanente
x	x		x	x	Transformador de voltaje defectuoso		Verifique la resistencia de aislamiento y las conexiones del bobinado del transformador	
x	x		x	x	Transformador de operación paralela defectuoso		Verifique la resistencia de aislamiento y las conexiones del bobinado del transformador	
x			x		Transformador de corriente defectuoso		Verifique la resistencia de aislamiento y las conexiones del bobinado del transformador	
x	x				Falla del sistema de excitación en		Verifique la operación del sistema de excitación en	
			x		Fallo del bobinado principal del generador		Verifique el bobinado de la máquina principal y las resistencias de aislamiento	
x			x		Fallo del bobinado del sistema de excitación		Verifique el bobinado del excitador y las resistencias de	
x	x	x	x	x	Rectificador giratorio defectuoso		Verifique la conexión y el estado de los componentes del rectificador	
x		x	x	x	Cables defectuosos en el sistema de		Verifique las conexiones eléctricas del sistema de	
x				x	Fallo en el equipo de excitación		Verifique y sustituya el equipo de excitación	
x	x	x	x	x	Ajustes de AVR defectuosos		Verifique y regule los ajustes del regulador de voltaje	
			x		Parámetros de ajuste del AVR	Oscilación de voltaje, respuesta deficiente	Verifique el ajuste del AVR (parámetros de PID)	
x	x	x	x	x	AVR defectuoso		Verifique y sustituya el regulador de voltaje	
x	x	x	x	x	Cables defectuosos o conexiones incorrectas		Verifique los cables y las conexiones del AVR	
			x		Variación de factor de potencia superior a los		Verifique el estado del AVR	
			x	x	Sistema de referencia de voltaje externo		Verifique las conexiones y el estado de la referencia de	
x		x			No hay información de los valores reales del AVR		Verifique el sistema de medición de valores reales y las conexiones eléctricas	

Capítulo 9 Posventa y repuestos

9.1 Posventa

Asistencia posventa para máquinas giratorias eléctricas fabricadas por ABB.

9.1.1 Servicios en el sitio

El departamento de Servicios proporciona:

- Instalación y puesta en servicio
- Mantenimiento e inspecciones
- Solución de problemas y servicios
- Actualización y modificaciones

9.1.2 Repuestos

Coordina los paquetes de repuestos que se entregan con la máquina.

Vende repuestos originales después de que las máquinas han sido entregadas.

9.1.3 Garantías

El departamento de Servicios maneja los temas de garantía referidos a las máquinas.

9.1.4 Asistencia para centros de servicio

La asistencia a centros de servicios brinda ayuda a los centros de servicios en cuestiones que se refieren a la construcción mecánica y en problemas de tecnología electromagnética y de aislamiento.

9.1.5 Información de contacto de posventa

Se puede comunicar con el departamento de Servicios por los siguientes medios:

Teléfono: de 8:30 a.m. a 5:30 p.m., +86 791 835 0869 (GMT: +8)

Fax: +86 791 835 0814

Correo electrónico: aftersales.generator@cn.abb.com

9.2 Repuestos

9.2.1 Consideraciones generales sobre los repuestos

Las máquinas fabricadas por ABB están diseñadas y fabricadas para proporcionar operación confiable y sin problemas durante décadas. Esto

requiere, sin embargo, que las máquinas sean operadas correctamente y reciban el mantenimiento adecuado. Ese mantenimiento incluye la sustitución de las piezas que son objeto de desgaste normal.

Siempre existe una incertidumbre inevitable con respecto al desgaste. La velocidad de desgaste de estas piezas varía considerablemente en función de la aplicación, el medio ambiente y las condiciones específicas. Por lo tanto, se debe verificar con regularidad el estado de estas piezas y se debe tener en existencias una cantidad suficiente de repuestos. Estos repuestos ayudan a minimizar el tiempo de inactividad si surge la necesidad. La magnitud de las existencias se debe decidir basándose en la importancia de la aplicación, la disponibilidad del repuesto específico y la experiencia del personal de mantenimiento local.

9.2.2 Sustitución periódica de piezas

Siempre existe desgaste mecánico cuando dos superficies móviles están en contacto entre sí. En las máquinas eléctricas, la mayor parte del desgaste mecánico ocurre entre el eje giratorio y las piezas inmóviles. Las piezas de los cojinetes finalmente se desgastarán y deberán ser sustituidas, aun cuando se mantenga un engrase correcto. Otras piezas de desgaste son los sellos que están en constante contacto con el eje giratorio.

Las piezas antes mencionadas forman una amplia, aunque no completa, lista de las piezas con desgaste mecánico. Estas piezas tienen una vida útil estimada, pero, como se mencionó antes, la durabilidad real puede variar de manera significativa. Por este motivo, al menos estas piezas se deben tener en existencias. También se debe observar que la sustitución de estas piezas, debida al desgaste normal, no está cubierta por la garantía.

9.2.3 Necesidad de repuestos

Otros tipos de desgaste ocurren debido a temperaturas elevadas, alteraciones eléctricas y reacciones químicas. El desgaste de los diodos del puente rectificador suele estar relacionado con condiciones operativas eléctricas anormales. Se trata generalmente de un proceso lento, pero depende en gran medida de las condiciones de operación de las máquinas y de las alteraciones de los sistemas.

Los bobinados eléctricos de las máquinas de ABB tienen buena protección contra el desgaste, pero únicamente si se cumplen las condiciones de mantenimiento y operación correctas. No se debe exceder la temperatura operativa correcta y se debe limpiar la suciedad de los bobinados con regularidad. El bobinado también puede ser objeto de desgaste acelerado debido a varias alteraciones eléctricas.

9.2.4 Selección del paquete de repuestos más adecuado

ABB ofrece tres niveles de paquetes de repuestos ya preparados. El personal mejor informado sobre las condiciones operacionales de la máquina debe seleccionar el paquete más adecuado en función de lo crítica que sea la aplicación y del riesgo financiero asociado con la duración del tiempo de inactividad y la pérdida de producción.

Repuestos operacionales para la puesta en servicio y para asegurar la capacidad de uso

Estos son los repuestos más esenciales que siempre deben estar disponibles.

Piezas de mantenimiento recomendadas para solucionar problemas y para los trabajos de mantenimiento programados

Estas piezas deben estar disponibles cuando se realiza mantenimiento a mediano plazo.

Estas piezas también permiten una recuperación rápida en el caso de fallas en la mayoría de los accesorios.

Repuestos de equipos críticos para reducir el tiempo de reparación en caso de daños graves

Estos repuestos se recomiendan cuando la máquina forma parte de procesos esenciales.

Estos repuestos permiten una recuperación rápida incluso en caso de daños graves.

9.2.5 Repuestos típicos recomendados en distintos paquetes

A continuación se presenta una recomendación general de los repuestos típicos para distintos paquetes. Si desea recibir una cotización para piezas específicas de una máquina en particular, contacte a la organización de postventa de ABB.

Observe que, incluso aunque ABB ha personalizado los juegos de repuestos para que concuerden con la máquina, éstos podrían contener referencias a accesorios que no se encuentran en todas las máquinas.

9.2.5.1 Paquete de repuestos operacionales

Repuesto:	Cantidad:
Regulador automático de voltaje (AVR)	1 pieza
Rectificador	1 juego
Varistor	1 pieza
Cojinete para extremo DE (LA) (si lo tiene)	1 pieza
Cojinete para extremo NE (LOA)	1 pieza
Barra de conexión de cobre	1 juego

9.2.5.2 Paquete de repuestos recomendados

Repuesto:	Cantidad:
Resistencia calefactora	1 pieza
Paquete de seguridad	1 pieza

9.2.5.3 Paquete de repuestos de equipos críticos

Repuesto:	Cantidad:
-----------	-----------

Rotor de excitador	1 pieza
Estator de excitador	1 pieza
Puente rectificador	1 juego
Rotor (completo)	1 pieza
Estator con bastidor	1 pieza

9.2.6 Información sobre pedidos

Para asegurar que los pedidos y las entregas de repuestos sean rápidos y correctos, se debe proporcionar a nuestro personal de postventa el número de serie de la máquina en cuestión. El número de serie se puede encontrar en la placa de especificaciones que está fijada al bastidor de la máquina o estampado en el bastidor de la máquina; también se proporciona en este manual.

Además, proporcione información específica y detallada sobre las piezas que se piden. La información de contacto de postventa (ABB After Sales) se puede encontrar en el *capítulo 9. Postventa y repuestos*.