

# Motores eléctricos para atmósferas explosivas: Riesgos de la reparación

*MARIANO GAUNA – YPF Argentina*

*Móvil: +549221668943*

*correo: mariano.a.agauna@ypf.com*

La ejecución de los servicios de mantenimiento periódico necesarios para los motores “Ex” asegura la correcta instalación y funcionamiento de estos equipos en atmósferas explosivas. A continuación se presentan algunas verificaciones que se deben realizar durante las actividades de mantenimiento rutinario de los motores “Ex”, de acuerdo con la ABNT NBR IEC 60079-17.

Se deberá consultar la documentación proporcionada por los fabricantes de motores “Ex” respecto a los requisitos de inspección periódica y actividades de mantenimiento predictivo o preventivo a aplicar. Los ejemplos de actividades que se indican a continuación se presentan para complementar los requisitos de los fabricantes, con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas en los motores “Ex” que pudieran crear una fuente de ignición para una atmósfera explosiva de gases inflamables o polvos combustibles que pudieran estar presentes. El lugar de instalación:

- los niveles de resistencia de aislamiento de los motores “Ex” deben medirse y registrarse periódicamente, de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma IEC 60034-27-4 – Máquinas eléctricas rotativas – Parte 27-4: Medición de la resistencia de aislamiento y la polarización del

índice de aislamiento. de bobinados de máquinas eléctricas rotativas;

- los dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y control de temperatura de los devanados del estator y de los cojinetes de los motores “Ex” deberán estar debidamente calibrados, probados y en funcionamiento;
- para motores con tipo de protección Ex “e” (seguridad aumentada) se debe verificar si el dispositivo de protección térmica actúa de manera que el tiempo de actuación desde el estado frío, obtenido a partir de las curvas características tiempo-corriente del dispositivo de protección, no exceder el tiempo  $t_E$  indicado en la placa de características del motor Ex “e”, con una tolerancia máxima de + 20 %, al inyectar la corriente inicial de arranque (IA/IN) del motor Ex “e” a proteger;
- las conexiones de puesta a tierra de la carcasa y de las cajas de terminales de potencia y control deben estar correctamente apretadas;
- no se deben superar las temperaturas admisibles en los cojinetes y en los devanados del estator;
- los tornillos de fijación de las tapas, carcasas y cajas de terminales del motor deben apretarse nuevamente con el torque correcto, después de realizar servicios de apertura y cierre para actividades de mantenimiento preventivo, reparación, revisión o recuperación;
- la lubricación de los cojinetes o el flujo de aceite a las carcasas de los cojinetes debe realizarse de forma adecuada, de acuerdo con las instrucciones del fabricante al usuario;

- el nivel y las condiciones del líquido lubricante en los cojinetes lisos deben ser adecuados;
- en motores “Ex” accionados por convertidores de frecuencia, las condiciones de aislamiento de los cojinetes y de las pistas internas y externas de los cojinetes deben ser adecuadas;
- los filtros de aire, aceite o agua en los sistemas de calefacción, refrigeración o lubricación deben estar limpios;
- se deben registrar las mediciones de los dispositivos de control de temperatura de los cojinetes y de los devanados del estator, así como las mediciones de vibración de los cojinetes y la carcasa.



Desde el punto de vista del mantenimiento de los motores “Ex”, para evitar la entrada de agua en las juntas de la carcasa metálica a prueba de explosión, así como para evitar la corrosión de estas juntas metal/metal, las Normas Técnicas Brasileñas adoptaron la IEC 60079-14 ( Las normas IEC 61892-7 (Instalaciones eléctricas en atmósferas explosivas) y IEC 61892-7 (Instalaciones eléctricas marinas en áreas clasificadas) recomiendan la aplicación de grasa industrial a base de vaselina o silicona. Para recintos metálicos a prueba de explosión con juntas de brida plana, dichas normas indican la instalación de cintas de papel impregnadas de

grasa a lo largo de la longitud exterior de las juntas metálicas.

En caso de las roscas de fijación estar falseadas en las tapas de los envolventes Ex “d”, la Norma IEC 60079-19 especifica que sobre estas roscas falseadas se realicen agujeros “ciegos” de mayor diámetro y que sobre estos agujeros se realicen nuevas roscas ciegas". En el interior de estas nuevas roscas se deben instalar insertos metálicos helicoidales de acero inoxidable para que las roscas internas de estos insertos metálicos sean idénticas a las roscas originales.

Los elementos por inspeccionar durante las actividades de inspección inicial detallada y las inspecciones periódicas visuales o detalladas en motores eléctricos “Ex” se presentan en los programas de inspección especificados en la Norma IEC 60079-17, dependiendo del tipo de protección “Ex” aplicable al motor.

#### **Elementos de inspección desde el punto de vista del “equipamiento” para motores “Ex”:**

- el motor “Ex” es adecuado para los requisitos EPL requeridos por el equipo (Gb, Gc, Db, Dc) o Zona (Zonas 1, 2, 21 o 22) del lugar de instalación;
- el grupo de motores “Ex” (IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB o IIIC) es adecuado para el lugar de instalación;
- la clase de temperatura del motor “Ex” (T1 a T6) cumple con los requisitos del lugar de instalación (para áreas clasificadas que contienen gases inflamables);
- la clasificación de temperatura máxima del equipo “Ex” es correcta

(para áreas clasificadas que contienen polvos combustibles);

- el grado de protección (Código IP – IEC 60034-5) del motor “Ex” es adecuado al nivel de protección requerido del equipo o grupo o conductividad del lugar de instalación;
- no existan daños ni modificaciones no autorizadas;
- los tapones de los tornillos de las carcasas son del tipo correcto, están apretados y fijados (para motores Ex “d”);
- las caras de las bridas están limpias y sin daños y los sellos, si están presentes, son satisfactorios (para motores Ex “d”);
- el estado de los sellos de la carcasa es satisfactorio;
- las dimensiones de los huecos en las uniones bridadas están dentro de los límites, según la documentación del fabricante o están dentro de los valores máximos permitidos por la norma de fabricación aplicable, en el momento de la instalación o están dentro de los valores máximos permitidos por los registros de instalación (para motores Ex “d”);
- las conexiones eléctricas estén bien ajustadas (para motores Ex “eb”, Ex “ec” o Ex “t”);
- los ventiladores de motor “Ex” tienen distancias de espacio libre adecuadas a la carcasa o cubiertas, los sistemas de enfriamiento no están dañados, las bases del motor no tienen signos de grietas;
- la circulación del aire de ventilación no se ve impedida;
- la resistencia de aislamiento de los devanados del motor “Ex” es satisfactoria.

### **Elementos de inspección desde el punto de vista de la “instalación” de motores “Ex”:**

- el tipo de cable es apropiado;
- no hay daños evidentes en los cables;
- los dispositivos automáticos de protección eléctrica están correctamente calibrados (sin posibilidad de reinicio automático);
- los dispositivos automáticos de protección eléctrica funcionan dentro de los límites permitidos;
- se cumplen las condiciones específicas de uso, indicadas en los Certificados de Conformidad “Ex” con sufijo “X”, si procede;
- la instalación de convertidores de tensión o frecuencia variables, si corresponde, se realiza de acuerdo con la documentación de certificación de conformidad del motor “Ex”;
- las obstrucciones adyacentes a las juntas bridadas a prueba de explosión cumplen con la norma IEC 60079-14 (para motores Ex “d”);
- para los motores Ex “e”, los dispositivos de protección operan dentro de los límites permitidos de tE (tiempo de rotor bloqueado en caliente hasta alcanzar la temperatura límite de la clase de temperatura) o tA (tiempo de arranque del conjunto motor y máquina accionada, desde el momento de la puesta en servicio). puesta en marcha hasta la velocidad de funcionamiento);
- la temperatura de entrada del gas protector está por debajo del máximo especificado (para motores Ex “p”);
- los conductos, tubos y carcasas están en buen estado (para motores Ex “p”);
- el gas de protección está sustancialmente libre de contaminantes (para motores Ex “p”);

- la presión o el caudal del gas de protección es adecuado (para motores Ex “p”);
- los indicadores de presión o caudal, las alarmas y los enclavamientos funcionan correctamente (para motores Ex “p”).



### Elementos de inspección desde el punto de vista “ambiental” de los motores “Ex”:

- el motor “Ex” está adecuadamente protegido contra la corrosión, la intemperie, las vibraciones y otras influencias externas adversas;
- no existe acumulación indebida de polvo o suciedad en el motor “Ex” que pueda perjudicar su rendimiento y funcionamiento;
- el aislamiento eléctrico de los bobinados del motor “Ex” está limpio y seco (para motores Ex “eb”, Ex “ec”, Ex “tb” o Ex “tc”).

### Servicios de Reparación, Revisión y Recuperación de motores “Ex”

En el mercado existen empresas de servicios certificados, independientes y competentes que realizan reparaciones y recuperación de motores “Ex”, que cuentan con los recursos, experiencia, conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo dichos servicios de forma competente y segura.

Los talleres de reparación y recuperación de motores certificados “Ex” deberán contar con personal debidamente capacitado, calificado y certificado, de manera que cuente con los conocimientos, habilidades y competencias necesarias para llevar a cabo las actividades de recuperación de las cuales son responsables. Además de los recursos humanos necesarios (técnicos e ingenieros que realizan y supervisan), los talleres de reparación y recuperación de motores “Ex” también deben contar con los recursos físicos requeridos, tales como herramientas, autoclaves de impregnación de barniz al vacío, máquinas equilibradoras, sistemas de soldadura, tornos de mecanizado y instrumentos de medición.

En cuanto a los requisitos técnicos, competencias personales de los colaboradores y Sistema de Gestión de Calidad (SGC) indicados en la Norma IEC 60079-19, los principales puntos auditados por los Organismos de Certificación “Ex” para asegurar la capacidad de un taller en realizar adecuadamente las reparaciones y Servicios de recuperación de motores “Ex” como se indica a continuación:

- existencia de procedimientos para recuperar partes de motores “Ex”, tales como tapas de carcasas, tapas de cojinetes, resistencias de calentamiento e instrumentos de cojinetes;
- sistema de calibración trazable para máquinas, instrumentos de medición y prueba, calibres y calibradores;
- Sistema de Gestión de Calidad, basado en los requisitos de la Norma ISO 9001;
- análisis crítico de contratos de clientes para la prestación de

servicios de reparación y recuperación de motores “Ex”;

- sistema de archivo y trazabilidad de los informes sobre trabajos de reparación y recuperación realizados;
- control de materias primas (barnices, pinturas, materiales consumibles para soldadura, alambres para rebobinar motores);
- procedimiento para obtener piezas de repuesto de los fabricantes originales de motores “Ex”, cuando estén disponibles;
- requisitos para la subcontratación de servicios específicos, tales como soldadura, metalización, equilibrado y pruebas de carga. Las empresas subcontratadas deberán ser evaluadas en relación con su Sistema de Gestión de Calidad;
- sistema de gestión de la documentación técnica del motor y archivo por un periodo mínimo de 10 años;
- Existencia de procedimientos para la realización de trabajos de reparación y recuperación, tanto para su ejecución en el interior del taller (servicios «in situ») como para los servicios a realizar fuera del taller, en el campo (servicios «off site»)

Los ejemplos de procedimientos de reparación y recuperación de motores “Ex” requeridos por el proveedor de servicios “Ex” certificado incluyen: mediciones del aislamiento del motor y de los índices de polarización; rebobinado de motor (como copia de bobinado); equilibrado del rotor del motor; mediciones de niveles de vibración en motores; soldadura; mecanizado; metalización; casquillo de tapas; tratamientos térmicos; pruebas no destructivas; tratamientos superficiales en ejes y cojinetes lisos; Sistemas de recubrimiento para

envolventes y carcasas, según los requerimientos del lugar de instalación, tales como entornos industriales agresivos e instalaciones offshore.

La ejecución de servicios de reparación y recuperación es especialmente aplicable a máquinas eléctricas rotativas “Ex”, debido a su elevado coste, lo que hace técnica y económicamente viable recuperar un motor o generador “Ex” que haya presentado un defecto. Un pequeño motor “Ex”, con una potencia de unos 5 kW, por ejemplo, se puede sustituir fácilmente y a un coste razonable en caso de avería. Sin embargo, un motor de grandes dimensiones, con una potencia de unos 1.000 kW, por ejemplo, seguramente habrá que repararlo o recuperarlo, debido a su elevado coste de adquisición y al largo tiempo de fabricación.

Los procedimientos de reparación y recuperación aplicables a motores eléctricos para atmósferas explosivas están especificados en la Norma IEC 60079-19. Ejemplos de técnicas y procesos de reparación y recuperación aplicables a motores y generadores con tipos de protección Ex “pxb”, Ex “pzc”, Ex “eb”, Ex “ec”, Ex “nA”, Ex “tb” o Ex “tc” o Ex “db eb”: metalización, galvanoplastia, casquillos, soldadura fuerte, soldadura (MMA, MIG, TIG, arco sumergido o alambre de relleno), costura de metales, mecanizado, perforación roscada y rebobinado de estator.

Para que los motores “Ex” reparados o reacondicionados mantengan la integridad de los tipos de protección “Ex” utilizados en su diseño y fabricación, puede ser necesario un conocimiento detallado del diseño original del fabricante, que puede obtenerse a partir de los planos de diseño y de fabricación y documentación de certificación. Cuando el motor “Ex” no se envía al fabricante original para servicios de reparación o recuperación,

como suele suceder en la práctica, se deben cumplir los requisitos especificados en las Normas específicas sobre los tipos de protección “Ex” aplicables al motor y cuando esté disponible en la documentación de certificación del motor “Ex”. Al completar los servicios de restauración, la empresa de servicio Ex debe estar satisfecha de que el motor Ex esté en plenas condiciones de servicio y cumpla con los requisitos aplicables de las normas para los tipos de protección Ex incorporados en el motor. Dicho cumplimiento deberá ser registrado por el reparador y mantenido en los archivos de servicio y en los registros de instalación por los usuarios.

Cabe señalar que existe una gran cantidad de motores eléctricos “Ex” instalados en áreas clasificadas de diversas empresas en Brasil y otros países del mundo para los cuales ya no hay repuestos disponibles, muchas veces debido a que los fabricantes de estos Los motores ya no se encuentran en el mercado. En estos casos, la Norma IEC 60079-19 recomienda que los servicios de reparación y recuperación se realicen de acuerdo con las técnicas y procedimientos especificados en dicha Norma, así como los requisitos de evaluación y fabricación indicados en las respectivas Normas Técnicas de la Serie IEC 60079 relativa a los tipos de protección “Ex” aplicables al motor a recuperar, teniendo en cuenta, incluso, la Edición aplicable en la fecha de fabricación del motor.

A continuación se presentan algunos ejemplos de servicios de reparación y recuperación de motores con tipos de protección “Ex”, realizados por talleres certificados de acuerdo con la IEC 60079-19 y los Documentos Operacionales IECEx aplicables (IECEx OD 314-5 y IECEx OD 315-5).

Después de la realización de los servicios de reparación y recuperación de motores “Ex”, atendiendo a los requisitos especificados en la IEC 60079-19, se deben fijar en la carcasa del motor “Ex” las placas complementarias adecuadas que marcan la reparación o recuperación, que tienen como objetivo presentar la información necesaria para servicios de reparación o recuperación posteriores.



Estas placas de identificación de servicios de reparación o recuperación deben indicar una LETRA “R” dentro de un CUADRADO cuando los servicios de reparación o recuperación se hayan realizado de acuerdo con la documentación de certificación o con una letra “R” dentro de un TRIÁNGULO (con el vértice apuntando hacia abajo) cuando los servicios de reparación o recuperación se hayan realizado de acuerdo con la documentación de certificación. Los servicios de reparación o recuperación no se han realizado de acuerdo con la documentación de certificación (en los casos

en que dichos documentos no estén disponibles), pero se han realizado de acuerdo con los requisitos especificados en las Normas de la serie IEC 60079 aplicables a los tipos de protección existente en el motor “Ex”, como IEC 60079-2 (motores Ex “pyb” o Ex “pzc”), IEC 60079-7 (motores Ex “eb” o Ex “pzc”), IEC 60079-8 (motores Ex “pyb” o Ex “pzc”), IEC 60079-9 (motores Ex “pyb” o Ex “pzc”), IEC 60079-10 (motores Ex “pyb” o Ex Ex “pzc” motores), IEC 60079-11 (Ex “pyb” o Ex “pzc”), IEC 60079-12 (Ex “pyb” o Ex “pzc”), IEC 60079- 1” o Ex “ec”) o IEC 60079-31 (motores Ex “tb” o Ex “tc”).



Placa de marcado suplementaria que se aplica cuando los servicios de reparación o recuperación del motor “Ex” se realizan de conformidad con los documentos de certificación o las especificaciones del fabricante.



Placa de marcado complementaria que se aplica cuando los servicios de reparación o recuperación del motor “Ex” están en conformidad con los requisitos de las Normas IEC 60079, pero no con los documentos de certificación.

Siempre que los servicios de reparación o recuperación de motores “Ex” se realicen de acuerdo con los requisitos especificados en la Norma IEC 60079-19 y en las respectivas Normas adoptadas de la Serie IEC 60079 relacionadas con los tipos de protección “Ex” aplicables En cuanto al motor, los motores

“Ex” se consideran seguros para ser reinstalados en áreas clasificadas, después de haber sido reparados o reacondicionados. En estos casos, los respectivos certificados de conformidad de los motores “Ex” siguen siendo válidos, sin pérdida de certificación y sin necesidad de ser recertificados por un Organismo de Certificación, en los casos generales de servicios de recuperación.

### Malas experiencias

No es raro que los motores se envíen a reparar a talleres sin los recursos adecuados en cuanto a materiales y mano de obra, y que presenten defectos poco después de volver a funcionar. Entre las causas más comunes de esta ocurrencia están: la sustitución de componentes por otros “similares” que cuentan con la certificación de conformidad y el montaje de rodamientos sin respetar la tolerancia máxima prevista en la documentación.

Si el motor no se repara adecuadamente, puede sufrir daños tanto al volver a funcionar como un poco más tarde, lo que inevitablemente acarreará pérdidas, incluida la pérdida de producción para la industria. Por lo tanto, vale la pena realizar reparaciones en motores Ex en una empresa de reparación debidamente equipada y con personal capacitado.