

Motores eléctricos en atmósferas explosivas: Guía práctica de selección

Autores: Emilio Rebollo-López, Francisco Blázquez-Delgado, Carlos Antonio Platero-Gaona, Francisco Blázquez-García y Ester Jiménez-Ondaro de la Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

En la industria actual existen numerosos procesos en los que se encuentran involucradas sustancias, ya sea en estado líquido, sólido o gaseoso; que son susceptibles de provocar una explosión [1]. Estos procesos pueden parecer específicos de ciertas industrias muy concretas; sin embargo, son más habituales de lo que se podría pensar en una primera aproximación.

Fundamentalmente, los procesos industriales en este tipo de industrias se pueden englobar en dos grandes grupos:

- Procesos que trabajan con sustancias sólidas, habitualmente en forma de polvo inflamable, como pueden ser las harinas o el carbón y otros combustibles sólidos (Centrales térmicas, plantas con tratamiento de carbón).
- Procesos que trabajan con sustancias gaseosas o líquidas que se transforman fácilmente en fase vapor, como pueden ser combustibles líquidos, hidrógeno o alcohol (Industria petroquímica, cosmética o farmacéutica).

Aquellas zonas en que es probable que se encuentre una sustancia inflamable mezclada con aire en una concentración suficiente como para producir una explosión [1], se consideran áreas de riesgo y deberán ser clasificadas adecuadamente [2] y tratadas según las premisas que se exponen en este artículo. Estos entornos exigen una serie de medidas de seguridad específicas y muy rigurosas [3], reguladas por una normativa concreta, que limita las características de los equipos que se pueden instalar en estas áreas.

Al trabajar en estos entornos, existen dos tipos de riesgos distintos que, de no ser tratados adecuadamente, pueden desencadenar una explosión: por un lado, se deben considerar los riesgos puramente mecánicos, y por otro, aquéllos de carácter eléctrico. Dentro de este último grupo cabe una distinción más: por un lado los generados por equipos que se pueden denominar “*de poca potencia*”, que son típicamente equipos de instrumentación y medida, y por otro lado aquellos generados por equipos que se denominarán “*de potencia*”, en los que se encuadran los elementos motrices como son los motores, y, en concreto, los motores asíncronos.

Este artículo se centra en el estudio de las atmósferas explosivas que se generan en entornos industriales. No se tratan aplicaciones relativas al campo de la minería, que poseen una normativa específica y unos principios de tratamiento de las zonas de riesgo distintos a los que se analizan aquí [4] [5].

A lo largo del tiempo se han ido desarrollando diferentes normativas, cada vez más exhaustivas y que tienden a la homogeneización dentro de la Unión Europea [6]. En la actualidad el marco legal relacionado con el trabajo en atmósferas explosivas, se basa en dos puntos fundamentales:

- A nivel nacional, en España viene regido por el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, concretamente en su *Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT 29* (Prescripciones particulares para la instalación eléctrica de los locales con riesgo de explosión),

que entró en vigor con carácter obligatorio en el año 2003.

- A nivel comunitario, mediante la *Directiva de “Nuevo Enfoque” 94/9/CE* (Aparatos y sistemas de protección ATEX), que se conoce como *Normativa o Directiva ATEX*, y que se concreta a nivel nacional mediante el *Real Decreto RD 400/1996* (Atmósferas potencialmente explosivas).

A estos dos puntos se debe añadir la *Norma UNE-EN 60079*, en cuyas partes se tratan todos los ámbitos relacionados con atmósferas explosivas en entornos industriales.

En 2008, la *Unión Europea* publicó un paquete legislativo con la intención de mejorar la aplicación y el cumplimiento del marcado CE (Regulación 765/2008 [7] y Decisión 768/2008/EC [8]). Entre las directivas que se pretenden actualizar se encuentra la relativa a equipos y sistemas de protección en atmósferas explosivas (ATEX). En noviembre de 2011 se elaboraron los proyectos de nuevas directivas que derogarán las anteriores y que se encuentran pendientes de aprobación, aunque las propuestas se encuentran disponibles para su consulta [9].

El trabajo que aquí se muestra pretende servir de guía a la hora de seleccionar el modo de protección más adecuado para motores que vayan a ser instalados en un entorno con riesgo de explosión. Su interés fundamental radica en que trata conceptos que no son extensamente conocidos en el ámbito de la ingeniería eléctrica y que sin embargo, como ya se ha explicado, son de gran utilidad en un gran número de procesos industriales. Es interesante destacar que los criterios que aquí se exponen se ajustan a las normativas de carácter europeo que se han citado en párrafos anteriores, sin embargo, en otras zonas del mundo es habitual en-

contrar criterios distintos de clasificación, basados en normativa norteamericana [10].

2. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

Como paso previo a la selección e instalación de equipos en entornos ATEX, es necesario clasificar de forma rigurosa las zonas en que se encuentran las atmósferas explosivas [2]. De esta manera es posible seleccionar el equipo que mejor se adecúe a las necesidades de seguridad de cada zona, ya que no todos los equipos se encuentran habilitados para trabajar en cualquier tipo de área.

En función de la naturaleza de la atmósfera explosiva que se pueda encontrar, los emplazamientos se pueden clasificar en emplazamientos de clase I o de clase II:

- EMPLAZAMIENTOS DE CLASE I: Lugares en los que hay o puede haber una atmósfera explosiva debida a gases, vapores o nieblas. Algunos ejemplos típicos son los lugares donde se trasvasen o se manipulen líquidos volátiles o gases inflamables, garajes y talleres de reparación de vehículos, etc. A lo largo de este artículo se denominará en ocasiones a este tipo de emplazamientos como emplazamientos o zonas de “tipo gas”.
- EMPLAZAMIENTOS DE CLASE II: Lugares en los que hay o puede haber una atmósfera explosiva debida a polvo en suspensión. Este tipo de entornos se pueden encontrar en lugares como emplazamientos de pulverización

de carbón y de su utilización subsecuente, plantas de fabricación y procesamiento de fibras, industria de procesamiento de madera, etc. A lo largo de este artículo se denominará en ocasiones a este tipo de emplazamientos como emplazamientos o zonas de “tipo polvo”.

Tras esta primera clasificación, se procede a una segunda subdivisión, en función de la probabilidad de encontrar atmósfera explosiva en el emplazamiento. Los emplazamientos de clase I se subdividen en zonas 0, 1 y 2, siendo la zona 0 la de mayor probabilidad de encontrar atmósfera explosiva. De forma análoga se subdividen los emplazamientos de clase II en zonas 20, 21 y 22. Se procurará que, de existir zonas clasificadas según la Directiva ATEX, éstas sean, en la medida de lo posible, de tipo 2 o 22 (según la clase del emplazamiento), ya que son las menos peligrosas. Una vez efectuada la clasificación de las zonas de riesgo, deben quedar claramente representadas en el plano de la instalación. En cualquier caso, en aquellos lugares que hayan sido clasificados como zonas ATEX, debe instalarse, en un lugar visible [3], una señal como la mostrada en la Figura 1:



Fig. 1: Señal indicativa de zona clasificada con riesgo de explosión

De este modo, esta clasificación de áreas condiciona los equipos eléctricos que se pueden instalar en la zona. Tradicionalmente, la Categoría del equipo era el atributo que indicaba en qué tipo de áreas podía ser instalado sin riesgo de que provocase una explosión. Aunque esta denominación sigue en vigor, en los últimos años se ha introducido el nuevo concepto de “Niveles de Protección de Equipos” (EPLs), que se puede considerar análogo al anterior concepto de “Categorías”. El EPL de un equipo viene marcado en la placa de características del mismo mediante dos letras. La primera indica el tipo de atmósfera en la que puede trabajar, denotándose con la letra G las atmósferas tipo gas y con la letra D las atmósferas tipo polvo. La segunda letra indica el nivel de protección propiamente dicho; los equipos con letra “c” sólo se pueden instalar en zonas 2 o 22, los que llevan letra “b” pueden trabajar en zonas 1, 2 o 21, 22, mientras que los equipos marcados con letra “a” se pueden instalar en cualquier zona clasificada (incluso zonas 0 o 20). En la Tabla I se muestra la correlación entre Categorías y EPLs, y las áreas en que se pueden instalar los equipos dotados de dicha categoría.

3. APLICACIÓN A MOTORES ELÉCTRICOS

3.1. EL MOTOR ELÉCTRICO COMO FUENTE DE IGNICIÓN

Para que tenga lugar una explosión es fundamental que se den tres factores simultáneamente: la cantidad necesaria de sustancia inflamable, la cantidad necesaria de oxígeno y una fuente de

CATEGORÍA DEL EQUIPO	ZONA EN QUE SE ADMITE (PARA ATMÓSFERAS TIPO GAS/ CLASE I)	ZONA EN QUE SE ADMITE (PARA ATMÓSFERAS TIPO POLVO/ CLASE II)	EPL PARA ATMÓSFERAS TIPO GAS/ CLASE I	EPL PARA ATMÓSFERAS TIPO POLVO/ CLASE II
Categoría 1	Zonas 0, 1 y 2	Zonas 20, 21 y 22	Ga	Da
Categoría 2	Zonas 1 y 2	Zonas 21 y 22	Gb	Db
Categoría 3	Zona 2	Zona 22	Gc	Dc

Tabla I: Correlación entre categorías/ EPLs de equipos y áreas clasificadas.

ignición capaz de iniciar el proceso de deflagración. Limitando o anulando cualquiera de estos tres parámetros se tendrá la seguridad de que no se produce la explosión, reduciendo el nivel de riesgo drásticamente [3].

Existen una serie de parámetros denominados “posibles fuentes de ignición efectiva”, que hay que evitar a la hora de diseñar procesos o equipos en áreas clasificadas, ya que son las principales causas de accidentes debidos a explosiones. Sin embargo, sólo algunas se pueden producir durante el funcionamiento de los motores eléctricos y son las que se muestran a continuación:

- **Superficies calientes:** Por ejemplo por malos contactos eléctricos, sobrecargas o falta de refrigeración. Si una atmosfera explosiva entra en contacto con una superficie caliente se puede producir la explosión. Siempre que se trabaja en atmósferas clasificadas con riesgo de explosión, es especialmente importante garantizar que en ningún caso se supera la temperatura de autoignición de la sustancia inflamable. Esta temperatura de autoignición es aquella temperatura a la cual tiene lugar una explosión aún en ausencia de una chispa que la provoque. En atmósferas de tipo polvo se puede producir una deflagración en caso de que una capa de polvo explosivo se deposite sobre una superficie caliente. Incluso se puede dar el caso de que una atmósfera explosiva se encuentre en contacto con una superficie caliente durante tiempos prolongados y que desencadene una serie de reacciones preliminares que hagan aparecer productos más fácilmente inflamables que sean capaces de provocar la ignición de las sustancias originales. Se debe prestar especial atención a los procesos mecánicos y de fricción que puedan dar lugar a temperaturas peligrosas.
- **Chispas de origen mecánico:** Por ejemplo por fallos de alineación de ejes o fallos en los rodamien-

tos. Como se ha explicado en el punto anterior, hay que evitar que se produzca fricción o choque entre partes de la máquina. Esto puede dar lugar a la aparición de chispas de origen mecánico y provocar un aumento de temperatura que constituya una fuente de ignición efectiva.

- **Chispas y arcos eléctricos:** Por ejemplo por conexiones eléctricas sueltas o en los anillos colectores de las máquinas de rotor bobinado. En general todo el material eléctrico es susceptible de producir arcos eléctricos y chispas que pueden desencadenar una explosión, por lo que debe ser tratado con precauciones especiales en este tipo de atmósferas, incluso en aquellos casos en que se trabaje con potencias reducidas.
- **Corrientes eléctricas parásitas:** Que pueden producir calentamientos excesivos, por ejemplo en la carcasa de la máquina, e incluso dar lugar a arcos y chispas. Estas corrientes parásitas pueden circular por sistemas eléctricamente conductores o por partes de dichos sistemas.
- **Electricidad estática:** Por ejemplo la que se puede producir por fricción del eje. La acumulación de electricidad estática es peligrosa ya que las descargas que se pueden producir pueden conducir fácilmente a chispas capaces de provocar la ignición.

3.2. MODOS DE PROTECCIÓN APLICABLES A MOTORES ELÉCTRICOS. CRITERIOS DE SELECCIÓN

En caso de no poder garantizar la ausencia de mezcla sustancia inflamable/aire, la única forma de evitar que se desencadene la explosión será garantizar que no aparece en el entorno una fuente de ignición efectiva. Para ello existen dos filosofías que dan lugar a diferentes modos de protección. La primera consiste en conseguir que en el motor no se produzcan fuentes de ignición, por ejemplo sobredimensionan-

do eléctricamente el motor para evitar calentamientos, usando conectores de seguridad para evitar chispas o mejorando la calidad de los rodamientos. La segunda no impide tanto la producción de la fuente de ignición, como su propagación fuera de la propia máquina, por ejemplo dotando al motor de una carcasa lo suficientemente robusta como para ser capaz de confinar una explosión en caso de producirse.

De una forma o de otra, se trata de dotar al motor de un “modo de protección” adecuado. A continuación se explica brevemente en qué consisten los modos de protección aplicables al motor asíncrono, así como sus condiciones de utilización:

- **Envolvente antideflagrante (d):** Este modo de protección consiste en introducir el aparato eléctrico en una envolvente que es capaz de soportar una explosión que se produzca en su interior, sin sufrir avería en su estructura y sin transmitir la inflamación interna a la atmósfera explosiva exterior. Se utiliza en atmósferas de tipo gas. Este tipo de motor presenta una serie de ventajas frente a los dotados de otros modos de protección. Por un lado, no necesita sistema de presurización ni barrido antes del arranque; y por otro, no exige el uso de ningún tipo de gas inerte, con el consiguiente ahorro económico. Como inconveniente destaca el hecho de que necesita un mantenimiento muy exhaustivo, especialmente en los cierres mecánicos, ya que de no cuidarse adecuadamente estos cierres, la seguridad no queda asegurada. En caso de no poder garantizar un plan de mantenimiento adecuado no se recomienda la instalación de este tipo de equipos, ya que se estaría poniendo en riesgo la seguridad de la instalación y los trabajadores.
- **Seguridad aumentada (e):** Este modo de protección consiste en tomar cierto número de precauciones especiales, para evitar, garantizando un coeficiente de se-

guridad elevado, grandes calentamientos o la aparición de arcos y chispas. Se consigue, fundamentalmente, sobredimensionando el equipo. Del mismo modo que sucedía con la envolvente antideflagrante, solo se utiliza en atmósferas de tipo gas. Ambos modos de protección se utilizan en un rango de potencias parecido y poseen un coste medio comparable, por lo que se suelen utilizar en aplicaciones bastante similares. Este modo de protección presenta dos peculiaridades fundamentales. Por un lado, al tratarse de motores sobredimensionados, no se corresponden con las series de tamaños normalizados, lo que conlleva ciertas dificultades a la hora de diseñar las bancadas. Por otro lado, cuando este tipo de motor se alimenta a través de un variador se deben ensayar y certificar de manera conjunta los dos elementos (motor + variador) de forma que no se sobrepase la temperatura especificada en la carcasa. Esto es debido a que la alimentación mediante variador puede introducir armónicos capaces de provocar un aumento de tempera-

tura indeseado. Esta certificación adicional produce un sobrecoste que hace que en ocasiones no se utilice este modo de protección en favor de otros como el modo antideflagrante.

- **Presurizado (p):** Este modo de protección consiste en introducir un gas inerte a alta presión en el interior de la envolvente, de forma que, al estar a una presión mayor que la atmósfera externa, impida que el gas o el polvo del exterior puedan introducirse dentro del equipo. De la misma forma que los modos anteriores, su uso queda restringido a atmósferas explosivas de tipo gas. Este modo de protección presenta un coste considerablemente mayor que el resto de modos debido al equipo auxiliar de presurizado, por lo que se utiliza casi exclusivamente en aplicaciones de gran potencia.
- **Antichispas (nA):** Se trata de un modo de protección de tipo simplificado, por lo que solo puede ser utilizado en zona clasificada como 2, lo que representa la principal limitación de este modo de protección. Es similar a la seguridad aumentada, pero con

requisitos constructivos menos exigentes. Este modo de protección asegura que, en condiciones normales de funcionamiento, no se producen arcos o chispas con la energía suficiente como para constituir una fuente de ignición efectiva. Al tratarse de un modo simplificado, presenta un coste considerablemente menor que el resto de modos de protección, por lo que se recomienda su uso siempre que sea posible en zonas clasificadas como 2. Siempre que se instale un motor de tipo antichispas se deberá prever que, en caso de que la clasificación de áreas se vea modificada de cualquier forma, y el área de trabajo pase a ser zona 1, ya sea por un cambio de disposición o una ampliación en la planta, estos motores ya no podrán ser utilizados. Por lo tanto, se recomienda la instalación de este tipo de motor sólo si se está seguro de que la clasificación de áreas se va a mantener de forma indefinida o durante tiempos razonablemente largos.

- **Envolvente para polvo (tD):** Similar al modo d (antideflagrante), pero específico para atmósferas

		MOTORES DE MEDIA TENSIÓN. POTENCIA ALTA (>150 kW)		MOTORES DE BAJA TENSIÓN. POTENCIA MEDIA Y BAJA (≤ 150 kW)
TIPO GAS	ZONA 0		Prohibido	Prohibido
	ZONA 1	COSTE BAJO	-	-
		COSTE MEDIO	d, e	e, d
		COSTE ALTO	p	p
	ZONA 2	COSTE BAJO	nA	nA
		COSTE MEDIO	d, e	e, d
		COSTE ALTO	p	p
TIPO POLVO	ZONA 20		Prohibido	Prohibido
	ZONA 21	COSTE BAJO	-	-
		COSTE MEDIO	tD	tD
		COSTE ALTO	-	-
	ZONA 22	COSTE BAJO	-	-
		COSTE MEDIO	tD	tD
		COSTE ALTO	-	-

Tabla II: Cuadro guía de selección de modos de protección.

explosivos de tipo polvo. Es el modo que se usa siempre que sea necesario trabajar en este tipo de áreas.

En la Tabla II se muestra una primera orientación sobre el modo de protección más recomendable para una aplicación determinada para la que se conoce la potencia requerida, la clasificación del emplazamiento y el presupuesto disponible. En aquellas celdas en que son válidos dos modos de protección diferentes, se ha señalado en primer lugar el que resulta más económico en cada caso.

Sin embargo, existen una serie de limitaciones que se han explicado en la descripción de cada modo de protección y que no quedan representadas en la Tabla II. Estas limitaciones pueden

resultar fundamentales a la hora de descartarse por un modo de protección u otro. En la Figura 2 se representa un diagrama de flujo mediante el cual se puede efectuar de manera más precisa la selección del modo de protección más adecuado para una cierta aplicación en un entorno clasificado de tipo gas. No se consideran las áreas clasificadas de tipo polvo, debido a que, como se ha explicado, solo existe un modo de protección aplicable a este tipo de áreas, el modo tD.

4. EJEMPLO PRÁCTICO

Se va a efectuar la selección del modo de protección más adecuado para una aplicación real de una refinería. Se

precisa un motor de media tensión para accionar un compresor de hidrógeno. Este gas es frecuentemente utilizado en procesos de transformación de productos pesados en productos ligeros. Se trata de un gas altamente volátil y explosivo. En concreto, pertenece al grupo de gases denominado IIC, lo que significa que es altamente explosivo (los gases se clasifican en tres grupos IIA, IIB y IIC en función de su explosividad). Debe estar indicado en la placa de características del motor que la máquina está diseñada específicamente para trabajar en entornos con este grupo de gases.

El entorno ha sido debidamente clasificado y, en concreto, el emplazamiento en que se va a instalar el motor pertenece a un área clasificada como

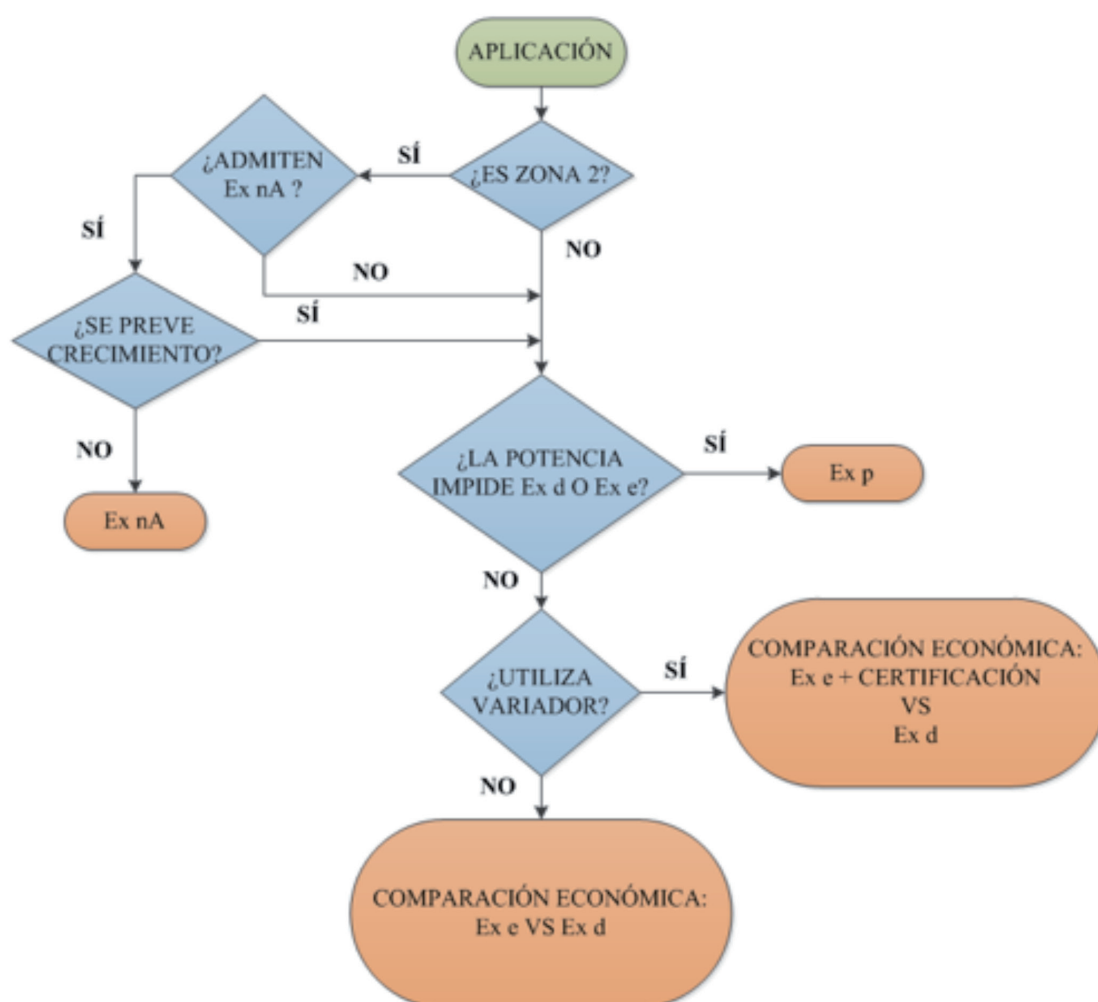


Fig. 2: Diagrama de flujo para clasificación de motores en atmósferas tipo gas

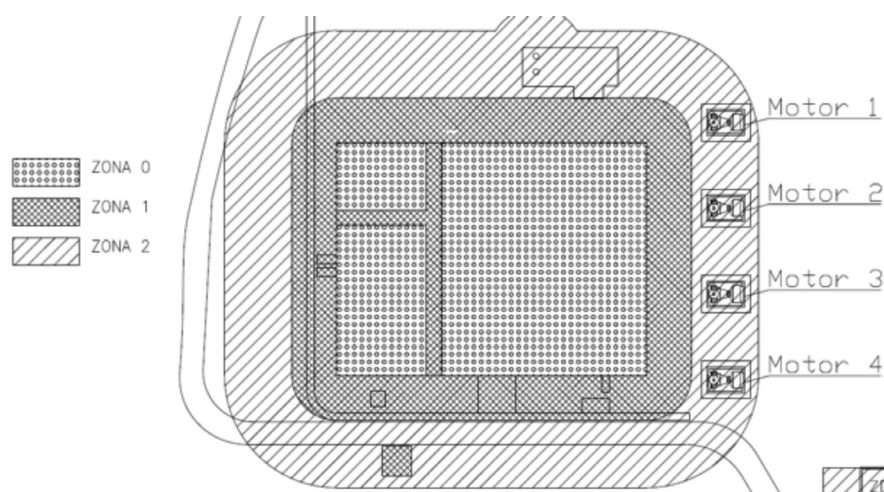


Fig. 3: Detalle de plano de entorno clasificado con riesgo de explosión

Zona 2. La Figura 3 muestra el plano del emplazamiento, con las distintas zonas marcadas. El motor que se desea seleccionar es cualquiera de los que se representan recuadrados en la citada figura.

La misión de este compresor es alcanzar muy altas presiones, lo cual,

unido al elevado caudal demandado por la aplicación hace que se requiera una potencia de 2200 kW, es decir, se trata de un motor de elevada potencia. No se han considerado limitaciones en cuanto al presupuesto, aunque se entiende que en caso de poder escoger entre varias opciones, se priorizará

por el equipo que suponga un coste menor.

Con ayuda de la Tabla II, teniendo en cuenta que se trata de zona 2, y la potencia es mayor de 150 kW, se efectúa una primera selección y se llega a la conclusión de que existen cuatro familias posibles para este emplazamiento: nA, e, d y p. Si solo se considerasen las orientaciones expuestas en dicha tabla, la única diferencia entre los cuatro modos de protección anteriores sería el coste, y la decisión más lógica implicaría la selección del modo nA, ya que es el que presenta un coste menor. Sin embargo, en este caso se da la peculiaridad, contemplada en el diagrama de flujo de la Figura 2, de que la empresa responsable de la refinería no admite la instalación de motores de tipo antichispas (nA), por los motivos que se han expresado cuando se ha explicado este modo de protección. Por otro lado, se ha explicado que en aquellas aplicaciones que requieren de potencias muy elevadas (y este caso se puede considerar como tal) lo más adecuado es optar por el modo de protección presurizado,

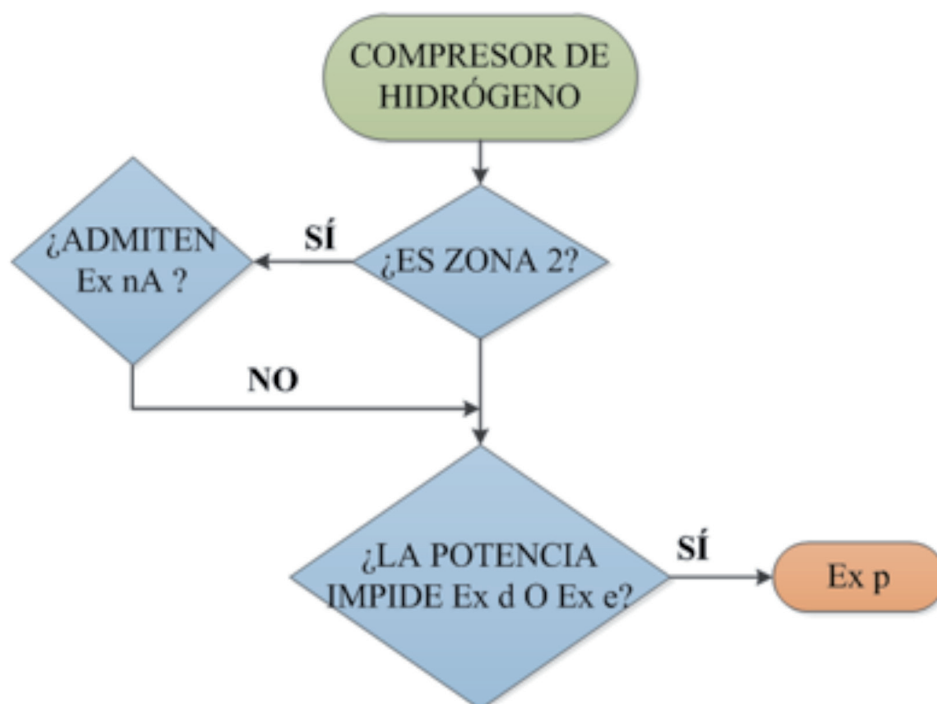


Fig. 4: Aplicación del diagrama de flujo al caso práctico propuesto

a pesar de su mayor coste. El diagrama de flujo representado en la *Figura 2* se puede seguir para este caso concreto, quedando de la forma que se muestra en la *Figura 4*. Se concluye, por tanto que el motor más adecuado para esta aplicación es un motor de media tensión de tipo presurizado (p). De hecho, es el que se encuentra instalado en la refinería que se ha tomado como ejemplo.

5. CONCLUSIONES

Este artículo explica la necesidad de instalar motores eléctricos diseñados y fabricados para trabajar específicamente en entornos con riesgo de formación de atmósferas explosivas, a la luz de las directrices prescritas a nivel europeo por la Directiva 94/9/CE [6]. En concreto se ha centrado en los modos de protección que se aplican a nivel industrial en el caso de los motores asíncronos.

Teniendo en cuenta las consideraciones aquí expuestas, se puede concluir una serie de ideas de carácter general que se deberán aplicar a la hora de efectuar la selección del modo de protección más adecuado para un emplazamiento dado. Estas ideas se concretan en los siguientes pasos a seguir para efectuar adecuadamente la selección del equipo:

1. Caracterizar la sustancia inflamable implicada en el proceso.
2. Clasificar el emplazamiento (zonas 0, 1 o 2; o bien 20, 21 o 22).
3. Seleccionar la categoría o nivel de protección del equipo (Tabla I).
4. Potencia requerida.
5. Presupuesto disponible.
6. Seleccionar el modo de protección adecuado (Tabla II, Figura 2 en caso de trabajar en zona tipo gas).

Llegados a este punto ya se dispondrá de la información suficiente para efectuar el pedido del motor a cualquiera de las firmas comerciales que suministran motores para trabajo en atmósferas explosivas. La información que se deberá proporcionar a la casa y que caracteriza el equipo es la siguiente:

- Modo de protección seleccionado.
- Potencia y velocidad requerida por el accionamiento.
- Categoría o EPL del equipo.
- Grupo de gas en caso de trabajar en emplazamientos de tipo gas, vapor o niebla.

Es importante destacar que, una vez efectuada la selección del motor de forma adecuada, es fundamental garantizar un correcto mantenimiento a lo largo de toda la vida útil de la máquina. Si no se efectúa el mantenimiento requerido, el modo de protección no queda asegurado, lo que implica un riesgo inasumible en este tipo de entornos [11].

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen la ayuda prestada para la elaboración del mismo a Cándido Cabañas (CEPSA), por las contribuciones basadas en su experiencia en el campo de las atmósferas explosivas.

PARA SABER MÁS

- [1] Laboratorio oficial J.M. Madañaga. *Seguridad Industrial en atmósferas explosivas*. García Torrent J (Editor). Madrid. 2003. ISBN 84-607-7481-3.
- [2] AENOR. *Atmósferas explosivas*. UNE-EN 60079. Madrid: AENOR, 2010.
- [3] Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (España). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo*. 2003.
- [4] Ministerio de Industria, Energía y Turismo (España). *Reglamento general de Normas Básicas de Seguridad Minera*. 1985.
- [5] AENOR. *Atmósferas explosivas*. *Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería*. UNE-EN 1127-2. Madrid: AENOR, 2003.

[6] Parlamento Europeo y Consejo. *Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de marzo de 1994 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas*. 1994.

[7] Parlamento Europeo y Consejo. *Reglamento (CE) Nº 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de julio de 2008 por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) Nº 339/93*. 2008.

[8] Parlamento Europeo y Consejo. *Decisión Nº 768/2008/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de julio de 2008 sobre un marco común para la comercialización de los productos y por la que se deroga la Decisión 93/465/CEE del Consejo*. 2008.

[9] European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres. Bruselas. 2011.

[10] Uriah VA. TMC Journal. 2011 <http://www.tmcnet.com/usubmit/2011/12/06/5976227.htm>

[11] Mistry B, Lawrence WG, Bulgarelli R et al. "Motors of explosive gas atmosphere: Selection-installation-inspection-maintenance following IEC standards," Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings (PCIC EUROPE), 2012, vol., no., pp.1-9, 19-21. June 2012.



Tus ahorros
rinden más
cuando
realmente
lo necesitas

3,10^{*}%
DE INTERÉS T.A.E.

Garantizado

EXCLUSIVO
PARA INGENIEROS

* Hasta agotar la emisión. Julio 2013.

SEGURIDAD · GARANTÍA · LIQUIDEZ · RENTABILIDAD

Grupo amic



La Mutualidad
de los Ingenieros

DESDE
3.000 €

