

# Seguridad en atmósferas explosivas: criterios, normativas y desafíos en la selección de equipamiento eléctrico

En sectores como el upstream y downstream de petróleo y gas, química, petroquímica, minería o en plantas procesadoras de granos y harinas, la presencia de sustancias inflamables convierte cualquier diseño eléctrico en un desafío crítico de gestión de riesgo. Una chispa de conmutación, la energía residual en un lazo de control o una superficie metálica caliente bastan para iniciar un evento catastrófico.

Frente a esto, la ingeniería moderna ya no se limita a comprar "equipos antiexplosivos" de forma genérica: exige comprender la relación entre la sustancia inflamable, la zonificación y la tecnología de protección adecuada.

Mirko Tórrez Contreras  
[linkedin.com/in/mirkotorrezcontreras](https://www.linkedin.com/in/mirkotorrezcontreras)

## El punto de partida: fluidos, polvos y fuentes de ignición

Todo diseño de prevención se apoya en el análisis de los límites de inflamabilidad (LFL/UFL), la energía mínima de ignición (MIE) y el punto de inflamación (*flash point*). Además, el comportamiento físico de los vapores —su densidad relativa respecto al aire— define dónde se acumularán y cómo se disiparán.

En paralelo, las atmósferas explosivas por polvos exigen consideraciones particulares: no solo importa la concentración en suspensión, sino el espesor de las capas sedimentadas sobre gabinetes y luminarias, ya que actúan como aislantes térmicos reduciendo drásticamente la temperatura admisible de autoignición.

## IECEx/ATEX frente al esquema NEC: dos miradas, una misma planta

Uno de los mayores dolores de cabeza en ingeniería básica y de detalle es la coexistencia de filosofías normativas:

- » El esquema internacional IECEx/directivas ATEX: clasifica las locaciones por zonas (zonas 0, 1 y 2 para gases; zonas 20, 21 y 22 para polvos) según la probabilidad y permanencia de la atmósfera explosiva.

### El lunes 21 de septiembre comienza un curso sobre este tema

Para dominar en detalle el análisis normativo comparativo (IEC vs. NEC), el cálculo de verificación por entidad en lazos intrínsecamente seguros, las soluciones híbridas y los criterios de inspección y montaje en planta, curso "Protección contra explosión: equipamientos eléctricos en áreas clasificadas", dictado por el especialista Mirko Torrez Contreras en AADECA.

[Más información.](#)

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8618>

| Principio             | Métodos representativos                                                                         | Criterio técnico                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Confinamiento         | <i>Ex d</i> (Flameproof/A prueba de explosión)                                                  | Admite el ingreso del gas y confina la explosión interna; enfría los gases calientes a través de las juntas de llama ( <i>flamepaths</i> ) evaluando el espacio intersticial máximo experimental (MESG). |
| Segregación / Purga   | <i>Ex p</i> (Presurización),<br><i>Ex m</i> (Encapsulado),<br><i>Ex o</i> (Inmersión en aceite) | Aísla los componentes susceptibles de chispear respecto de la atmósfera peligrosa mediante sobrepresión positiva o resinas.                                                                              |
| Limitación de energía | <i>Ex i</i> (Seguridad Intrínseca)                                                              | Impide la acumulación de energía eléctrica o térmica suficiente para iniciar la mezcla inflamable mediante barreras zener o aisladores galvánicos.                                                       |
| Prevención de arcos   | <i>Ex e</i> (Seguridad Incrementada), <i>Ex ec</i>                                              | Componentes diseñados con márgenes dieléctricos, distancias de fuga y fijaciones mecánicas robustas para evitar sobretensiones o chispas en servicio normal.                                             |

Tabla 1

- » El código NEC (NFPA 70): históricamente estructurado por clases y divisiones (NEC 500), aunque modernizado en el artículo NEC 505 para permitir la armonización por zonas.

Interpretar correctamente los grupos de gas (por ejemplo, Grupo IIA, IIB o IIC en IEC vs. Grupos A, B, C y D en NEC) y las clases de temperatura (T1 a T6) resulta indispensable para no sobredimensionar costos ni incurrir en faltas graves de seguridad.

A esto se suma el concepto de EPL: Ga, Gb y Gc, para gases, y Da, Db, Dc, para polvos. El EPL vincula de manera directa el riesgo intrínseco de la zona con la confiabilidad que debe garantizar el método de protección frente a fallas simultáneas.

## Técnicas de protección: más allá de la clásica caja antiexplosión

La mitigación de ignición se basa en cuatro principios fundamentales: confinamiento, segregación, limitación de energía y ventilación/extinción.

En instrumentación y control, la seguridad intrínseca (*Ex i*) sigue siendo la técnica por excelencia. Sin embargo, su correcta aplicación exige verificar los parámetros de entidad, considerando tanto los dispositivos de campo como las reacciones capacitivas e inductivas del cableado de interconexión.





## Nuevas fronteras: Ethernet APL, buses de campo y redes inalámbricas

La digitalización y la Industria 4.0 introducen un desafío adicional: llevar alto ancho de banda e instrumentación inteligente a zonas clasificadas.

La llegada de Ethernet APL, basada en el estándar 10BASE-T1L con el perfil de seguridad intrínseca 2-WISE, está transformando el conexionado en Zona 1 y Zona 0 por permitir alimentación y comunicación Ethernet a 10 Mbit/s sobre un único par trenzado, reduciendo la necesidad de pesados gabinetes antideflagrantes o gateways intermedios.

## Marcado de equipos y responsabilidades legales

Una de las fallas más habituales observadas en auditorías no radica en el diseño de ingeniería original, sino en el montaje y mantenimiento:

- » Instalación de prensacables industriales comunes en envoltentes Ex d
- » Daños o pintura sobre las superficies de juntas mecanizadas (*flamepaths*)
- » Omisión de selladores cortafuego en canalizaciones bajo código NEC
- » Modificaciones de cableado que anulan el lazo de seguridad intrínseca

Saber decodificar el marcado (*marking plate*) de un instrumento (marcado CE/Ex, grupo, categoría de equipo, tipo de protección, gas/polvo, clase de temperatura y código EPL) es una obligación legal y operativa para proyectistas, montadores e inspectores de planta. ■

### Glosario de siglas

- » 2-WISE: *2 Wires Intrinsically Safe Ethernet*, 'Ethernet intrínsecamente segura de dos cables'
- » AADECA: Asociación Argentina de Control Automático
- » APL: *Advanced Physical Layer*, 'capa física avanzada'
- » ATEX: atmósferas explosivas
- » EPL: *Equipment Protection Level*, 'nivel de protección del equipo'
- » IEC: *International Electrotechnical Commission*, 'Comisión Electrotécnica Internacional'
- » IECEx: *IEC Explosive*, 'IEC, Explosivo'
- » LFL: *Lower Flammable Limit*, 'límite inferior de inflamabilidad'
- » MESG: *Maximum Experimental Safe Gap*, 'brecha máxima experimental segura'
- » MIE: *Minimum Ignition Energy*, 'energía mínima de ignición'
- » NEC: *National Electric Code*, 'Código Eléctrico Nacional', de Estados Unidos
- » NFPA: *National Fire Protection Association*, 'Asociación Nacional de Protección contra el Fuego', de Estados Unidos
- » UFL: *Upper Flammable Limit*, 'límite superior de inflamabilidad'