

Riesgos de incendio asociados con los refrigerantes A2L para aires acondicionados

Por: Ing. Phillip Johnson e Ing. Julius Ballanco

Los refrigerantes utilizados en los aires acondicionados están cambiando gracias a un acuerdo internacional conocido como el Protocolo de Montreal. Con la actual ronda de cambios, hay más de 68 millones de aires acondicionados en todo el mundo que ya están utilizando los nuevos refrigerantes con una clasificación grupal de seguridad de "A2L".

¿Por qué hay que volver a cambiar? La industria de los refrigerantes reconoce el impacto ambiental que tienen los aires acondicionados. Los primeros cambios redujeron el impacto de los refrigerantes en la capa de ozono. Afortunadamente, gracias a la colaboración internacional, ha habido una sostenida disminución de las sustancias que destruyen la capa de ozono en la atmósfera. La actual ronda de cambios apunta a reducir el efecto invernadero de los refrigerantes.

La clase de refrigerantes que reemplazará al R-410A, el más utilizado en los aires acondicionados, entra dentro de la clasificación del Grupo A2L. El R-410A fue el principal reemplazo del R-22 pero tiene un alto potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés).

Promotores del cambio

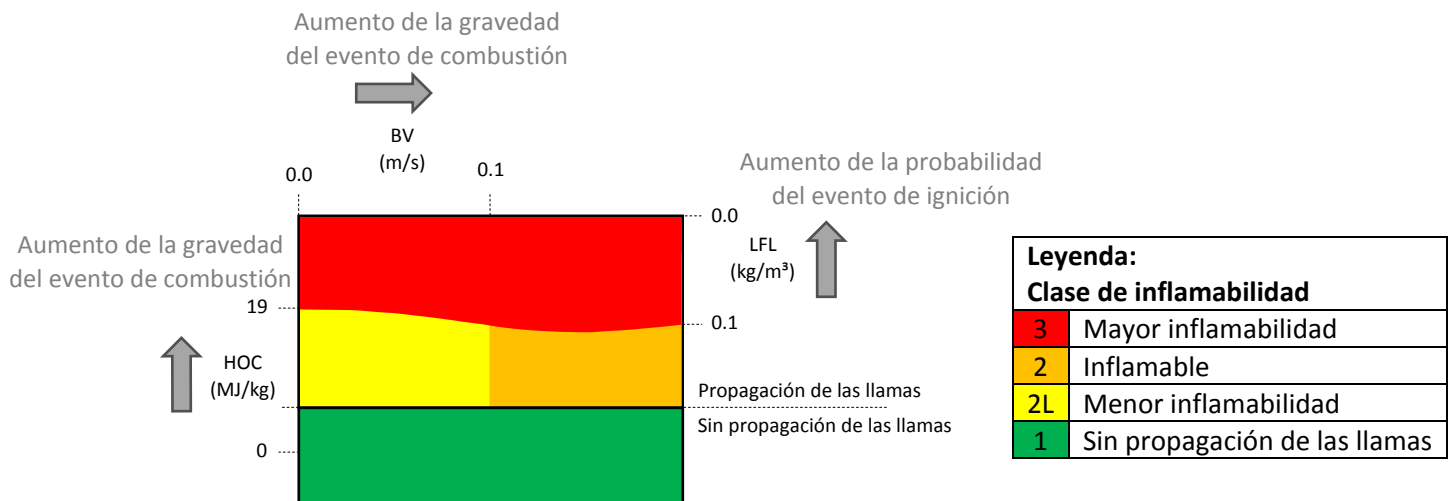
La Enmienda de Kigali se creó en octubre de 2016 y para junio de 2019 ya ha sido ratificada por 72 países. La enmienda entró en vigencia a nivel mundial el 1 de enero de 2019. La Enmienda de Kigali agregó restricciones al uso de sustancias con Potencial de Calentamiento Global (GWP) que atrapan el calor en la atmósfera superior, y estableció objetivos de reducción basados en emisiones de dióxido de carbono equivalentes (CO₂-e). Esto derivará en una reducción escalonada del uso de refrigerantes con mayor GWP y una transición a los refrigerantes con menor GWP. El objetivo final es reducir drásticamente el uso de los refrigerantes actuales a solo el 15% de base para el año 2037 en varios países. Este objetivo representa todo un desafío para la industria de la refrigeración y los aires acondicionados.

Varios de los estados de EE.UU. están avanzando en el tema ante la ausencia de medidas a nivel nacional con respecto a la Enmienda de Kigali. La Figura 1 resume el estado a julio de 2019. California está liderando la actividad con un proceso normativo que ya está en marcha. Se ha propuesto un límite de $GWP_{100} < 750$ para los refrigerantes de los aires acondicionados nuevos a partir del 1 de enero de 2023. Otros estados, como Washington, Nueva York, Vermont y Maryland, han dicho que comenzarán un proceso normativo a través de sus organismos estatales en 2019. Estos estados son miembros de la Alianza Climática de EE.UU., una coalición de estados que tiene el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El principal candidato con menor GWP propuesto para reemplazar al R-410A se encuentra dentro de la clasificación de inflamabilidad más baja, que es la 2L. Como se muestra en la Figura 2, los refrigerantes de Clase 2L tienen menos probabilidad de prenderse fuego y, si lo hacen, la gravedad de los eventos de combustión es menor, lo cual reduce significativamente el riesgo de inflamabilidad en comparación con los refrigerantes de Clase 2 o Clase 3. Por la estructura molecular de todos los refrigerantes halogenados, que es similar a la de los hidrocarburos, todos pueden combustionar ante una situación de mucha energía, como un incendio con otra fuente de combustible, o se pueden descomponer térmicamente si se los expone a una temperatura lo suficientemente alta. Esto incluye a la mayoría de los refrigerantes de Clase 1 que no propagan las llamas, como el R-12 y el R-22, que han estado en uso desde fines de la década del 30. Todos los aires acondicionados están diseñados para evitar que exploten por exceso de presurización ante la exposición al calor de un incendio estructural, ya sea con juntas soldadas con cobre, que se derrite en un incendio, o con un aliviador de presión. Durante décadas, los bomberos que combatían incendios estructurales quedaban expuestos a los productos derivados de la combustión de los refrigerantes, como el fluoruro de hidrógeno (HF) y/o el cloruro de hidrógeno (HCl), los cuales forman ácidos al entrar en contacto con el agua.

La clasificación de toxicidad para los refrigerantes puede ser de Clase A (menor toxicidad) o Clase B (mayor toxicidad), de acuerdo a la peligrosidad directa del propio refrigerante. La clasificación de toxicidad no se basa en los productos derivados de la combustión.

Representación de la Norma 34 de la ASHRAE – Clasificación de la Inflamabilidad del refrigerante



La Tabla 1 compara los refrigerantes de los cuatro grupos de seguridad. Las Figuras 3 y 4 proporcionan más detalles sobre las características de inflamabilidad de diferentes sustancias usando los parámetros LFL (límite de inflamabilidad inferior), HOC (calor de combustión), BV (velocidad de quemado) y MIE (energía de ignición mínima). La Figura 5 muestra el GWP₁₀₀ de varios refrigerantes vs. la clasificación de inflamabilidad. La tendencia es clara: para inclinar la balanza hacia un menor impacto ambiental, debe haber cierto grado de inflamabilidad. Para los pequeños electrodomésticos, como los refrigeradores, los riesgos de los refrigerantes de Clase 3, como el propano (R-290) o el isobutano (R-600a) son manejables.

Para los aparatos y equipos más grandes, los refrigerantes de Clase 2L son una opción sensata para mitigar el riesgo de la inflamabilidad.

Tabla 1: Ejemplos de refrigerantes seleccionados por grupo de seguridad

Fotografías: Daikin Industries, Ltd.

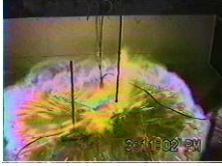



| Clasificación del grupo de seguridad | A3 | A2 | A2L | B2L |
|--------------------------------------|---|---|--|---|
| Sustancia | Propano | 1,1-Difluoroetano | Difluorometano | Amoniaco |
| Designación del refrigerante | R-290 | R-152a | R-32 | R-717 |
| Fórmula química | C_3H_8 | $C_2H_4F_2$ | CH_2F_2 | NH_3 |
| BV(m/s) | 0.39 | 0.23 | 0.067 | 0.072 |
| HOC(MJ/kg) | 46 | 16 | 9 | 19 |
| Imagen de la combustión |  |  |  |  |

Figura 3: Gases inflamables - Gravedad del evento de combustión

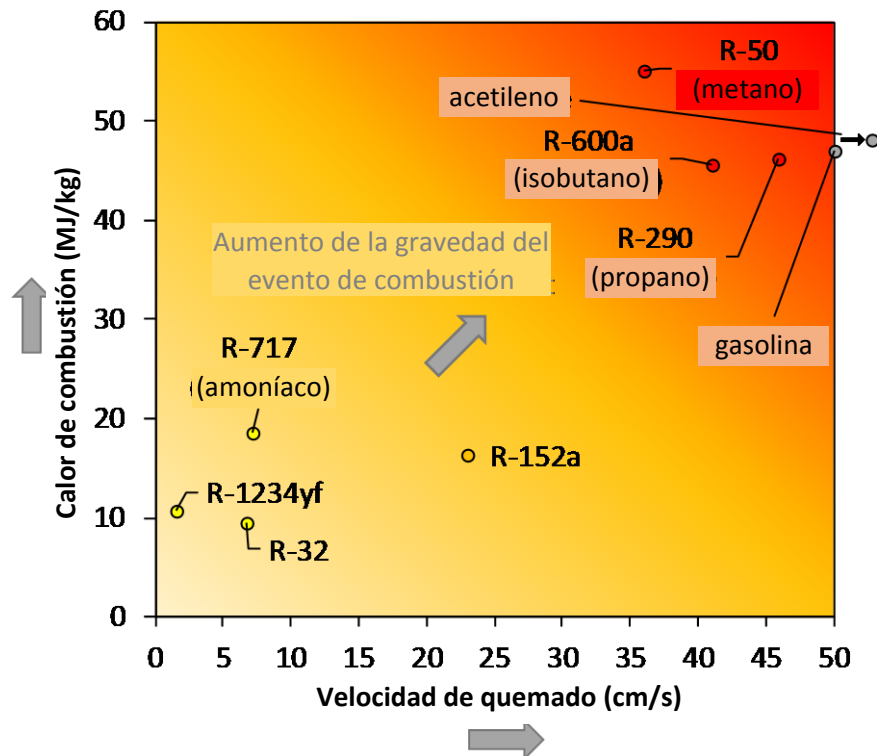


Figura 4: Gases inflamables - Probabilidad del evento de ignición

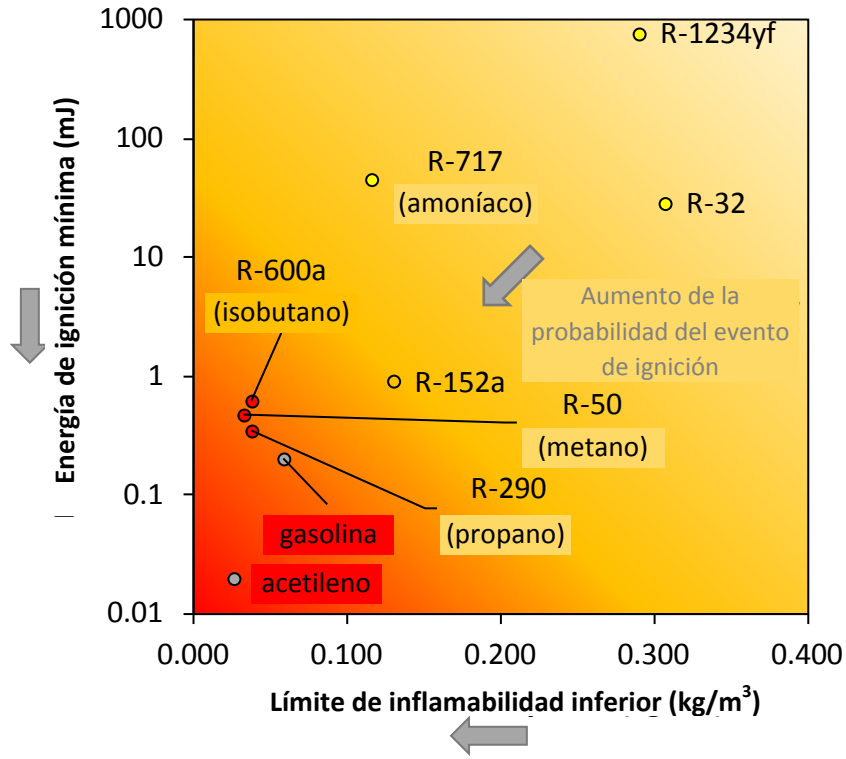
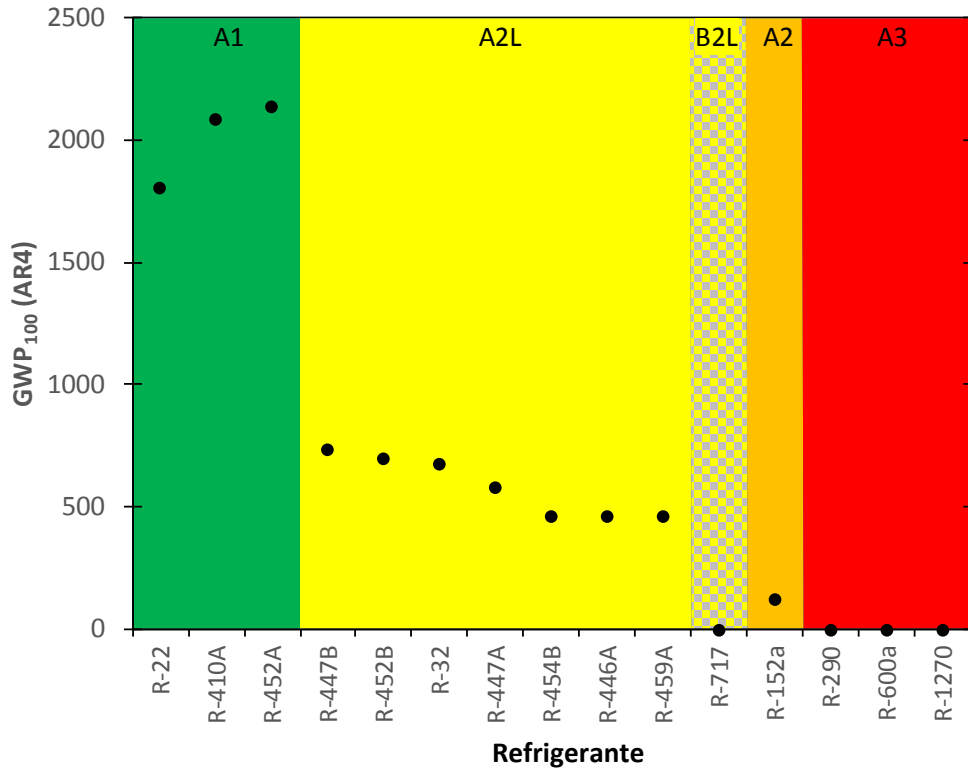


Figura 5: GWP₁₀₀ del refrigerante vs. clasificación de inflamabilidad



Adopción de refrigerantes A2L

Al mes de diciembre de 2018, ya se han instalado más de 68 millones de aires acondicionados con refrigerantes del grupo A2L en todo el mundo. Los fabricantes han solucionado los problemas de seguridad que implica el uso de refrigerantes A2L en los sistemas de aire acondicionado y han logrado mantener o mejorar la eficiencia energética. Los Estados Unidos están retrasados con respecto al resto del mundo debido a sus demoras en la modificación de los códigos de construcción y las normas de seguridad de los productos. Recientemente se han realizado cambios en las normas de seguridad, como la Norma 15 de la ASHRAE, la Norma 60335-2-40 de UL (aires acondicionados y bombas de calor) y la Norma 60335-2-89 de UL (refrigeración comercial).

Mitigación de los riesgos

El riesgo general de un peligro se determina mediante la combinación de la probabilidad de que ocurra y la gravedad del evento. Los métodos de manejo de riesgos buscan reducir tanto la probabilidad como la gravedad, para llegar a un nivel de riesgo que sea lo más bajo posible. Para los aires acondicionados, primero se intenta evitar la liberación del refrigerante y luego restringir la cantidad máxima de refrigerante permitida en el sistema.

Las normas de seguridad del producto utilizadas para probar y clasificar a los equipos imponen requisitos de diseño que minimicen las chances de que fallen o se dañen los componentes y provoquen una liberación rápida del refrigerante. La pérdida lenta del refrigerante, como la que se puede producir a través de perforaciones causadas por corrosión, no generan un peligro de incendio porque el refrigerante permanece por debajo del LFL. Las normas evalúan las pérdidas catastróficas, en las que se libera todo el refrigerante en 4 minutos. Las medidas de seguridad de las normas eliminan las fuentes de ignición en el equipo cerca de la fuente del refrigerante, exigen un tamaño de habitación adecuado para permitir la dispersión y dilución o exigen la presencia de ventilación mecánica activada por un sensor de refrigerante.

Investigación

Varias organizaciones han colaborado en la realización de una investigación revisada por colegas expertos sobre cómo utilizar los refrigerantes A2L de manera segura, con el fin de proporcionar una justificación técnica para los requisitos que imponen las normas y códigos. El Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (AHRI), la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) y el Departamento de Energía de EE.UU. han publicado varios informes con los resultados y continúan trabajando para explorar los problemas más en detalle. Una de las áreas de enfoque ha sido los límites de la cantidad de carga del refrigerante, que se basan en lo siguiente:

- el espacio disponible por el que puede dispersarse el refrigerante liberado
- la altura desde la que se puede liberar el refrigerante
- la presencia de un ventilador en el equipo para hacer que recircule el aire
- la presencia de un sistema de ventilación que suministre y extraiga el aire en el espacio

Si se libera un refrigerante más pesado que el aire cerca del cielorraso, se mezclará y diluirá a medida que caiga, mientras que si se libera cerca del suelo, se acumulará en el piso si no corre aire y tardará mucho más en disiparse por la habitación. Los conceptos de mitigación de riesgos son: utilizar

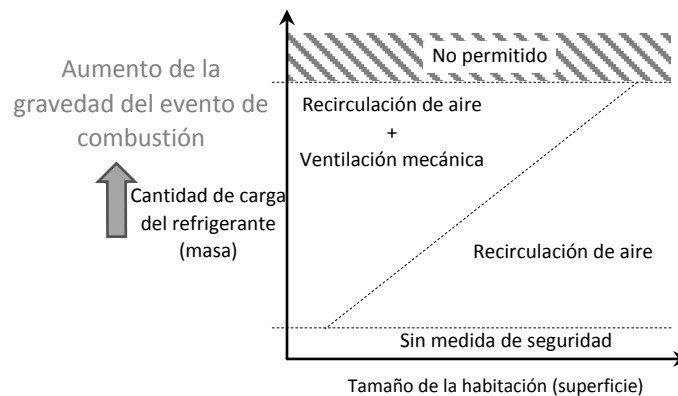
ventiladores de recirculación para mezclar el refrigerante con el aire de manera que la concentración en todos los lugares del espacio quede rápidamente por debajo del LFL y no pueda prenderse fuego.

Normas de seguridad

La Figura 6 muestra los límites de carga de refrigerante y su relación con los conceptos de las medidas de seguridad que comparten la Norma 15-2019 de la ASHRAE y la Norma 60335-2-40 de UL. Los requisitos de la Norma 60335-2-40 de UL se aplican al diseño del producto y son una parte obligatoria de las instrucciones de instalación del fabricante. Los requisitos de la Norma 15 de la ASHRAE son invocados por los requisitos del código de construcción.

Figura 6: Límites de carga del refrigerante A2L, Sistema Split canalizado

Los valores específicos dependen de la altura a la que se instale el equipo, la altura de la habitación y el LFL del refrigerante



La norma UL impone límites claros en cuanto la cantidad de carga del refrigerante para garantizar la seguridad. Para los equipos de menor escala por debajo de una cantidad de carga designada como m_1 , no se requieren medidas de seguridad adicionales porque el tamaño de la carga no genera ningún peligro para el edificio ni los ocupantes. Por encima de m_1 , debe haber un sensor de refrigerante que active la recirculación de aire para diluir el refrigerante por debajo del LFL. Se utiliza un flujo de aire para mezclar y diluir el refrigerante liberado con el fin de mantener la concentración promedio por debajo del 25% del LFL y dispersar rápidamente cualquier concentración localizada cerca de la fuente de liberación que pueda estar por encima del 25% del LFL.

Conciencia situacional

Con los nuevos refrigerantes, aparecen nuevos problemas que deben ser atendidos. Los instaladores, las autoridades competentes, los técnicos de reparación y el personal de bomberos deben estar al tanto de los cambios. El proceso de instalación de los aires acondicionados y las bombas de calor básicamente seguirá siendo el mismo. Los instaladores y técnicos asistirán a cursos de capacitación ofrecidos por el AHRI, IAPMO, NATE y ACCA sobre los nuevos requisitos para los refrigerantes A2L. Los procedimientos para combatir los incendios y los equipos de protección personal continuarán siendo los mismos, así como los cursos de capacitación sobre los peligros de los productos derivados de la combustión de los refrigerantes halogenados (CFC, HCFC, HFC y HFO).

Entender cómo trabajar con refrigerantes A2L sin correr riesgos a medida que se adopte su uso es beneficioso para todos. Si bien existen algunas nuevas consideraciones con respecto a los refrigerantes A2L, los cambios son de carácter gradual.

El Ing. Philip Johnson trabaja para Daikin Applied y el Ing. Julius Ballanco trabaja para JB Engineering y Code Consulting, P.C.

Referencias

ASHRAE. 2019. Norma 15 de ANSI/ASHRAE, *Norma de seguridad para los sistemas de refrigeración*. Atlanta, GA, EE.UU.

ASHRAE. 2019. Norma 34 de ANSI/ASHRAE, *Designación y clasificación de seguridad de los refrigerantes*. Atlanta, GA, EE.UU.

McLinden M., S. Brown, R. Brignoli, A. Kazakov, P. Domanski. 2017. *Opciones limitadas para los refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global*. Nature Communications, volumen 8, Artículo número: 14476. <https://www.nature.com/articles/ncomms14476>

Underwriters Laboratories. 2019. *Norma 60335-2-40 de UL, Segunda edición, Electrodomésticos y aparatos similares – Seguridad – Parte 2-40: Requerimientos particulares para las bombas de calor eléctricas, los aires acondicionados y los deshumidificadores*. Northbrook, IL, EE.UU.

Underwriters Laboratories. 2017. *Norma 60335-2-89 de UL, Primera edición, Electrodomésticos y aparatos similares – Seguridad – Parte 2-89: Requerimientos particulares para los equipos de refrigeración comerciales con unidad de refrigeración o compresor incorporado o remoto*. Northbrook, IL, EE.UU.

Terminología [barra lateral]

| | | | |
|--------------------|--|---|----------------------------------|
| CFC | Clorofluorocarbono- contiene flúor y cloro pero no hidrógeno | Moléculas de refrigerante con estructura similar al hidrocarburo que contienen uno o más átomos de carbono y en las que uno o más átomos de hidrógeno se reemplazan por flúor y/o cloro | |
| HCFC | Hidroclorofluorocarbono- contiene flúor, cloro e hidrógeno | | |
| HFC | Hidrofluorocarbono- contiene flúor e hidrógeno pero no cloro | | |
| HFO | Hidrofluoro-olefina, un HFC con uno o más enlaces de carbono dobles | | |
| GWP ₁₀₀ | Potencial de calentamiento global- fuerza radiante integrada (efecto invernadero) con un horizonte de 100 años, como un índice relacionado con el dióxido de carbono, valor obtenido de IPCC AR4 (2007) o AR5 (2013) | Métrica ambiental de las sustancias | |
| ODP | Potencial de agotamiento del ozono- capacidad de agotar el ozono estratosférico, como un índice relacionado con el refrigerante R-11 (CFC) | | |
| LFL | Límite de inflamabilidad inferior | Determinado de | Métrica de inflamabilidad de los |

| | | | |
|-----|---|--------------------------------------|-----------------------|
| | (kg/m ³)- menor concentración en el aire que puede propagar una llama | acuerdo con la Norma 34 de la ASHRAE | combustibles gaseosos |
| HOC | Calor de combustión (MJ/kg)- cálculo teórico de la energía que se libera al quemarse | | |
| BV | Velocidad máxima (m/s) a la que se propaga una llama laminar en relación con los gases no quemados que tiene delante, en una concentración óptima | | |
| MIE | Energía de ignición mínima (mJ)- cantidad mínima de energía que puede prender fuego una mezcla inflamable, en una concentración óptima | | |