

$T_{\text{KOH(N)}} = 850^\circ\text{C}$

Gases para instrumentación
analítica

Abelló Linde

Linde

Gases Especiales Abelló Linde

Nuestra división de Gases Especiales ofrece una línea completa de gases puros y mezclas de gases para una gran variedad de aplicaciones en instrumentación analítica y en distintos sectores como medio ambiente, control de calidad y proceso, investigación y desarrollo, seguridad e higiene en el trabajo, etc.; junto con una completa gama de servicios que le permiten maximizar su productividad.

Nuestro objetivo es asegurarnos que el gas o la mezcla utilizada sea el más adecuado para la actividad que realiza.

Indice

Introducción. Instrumentación analítica	5
Métodos espectroscópicos	7
Espectrometría de absorción atómica (AAS)	8
Espectrometría de absorción molecular:	10
UV/visible	
Vibracional: infrarroja (IR), FTIR, infrarrojo cercano (NIR), Raman	
Resonancia magnética nuclear (RMN)	
Métodos espectroscópicos de emisión atómica (AES)	12
Fotometría de llama (FES)	
Espectrometría de emisión por chispa	
Emisión atómica ICP-AES	
Métodos de luminiscencia molecular (emisión molecular)	14
Fluorescencia y fosforescencia	
Quimioluminiscencia	
Espectrometría de masas (MS)	15
Espectrometría de rayos X	17
Métodos cromatográficos	18
Cromatografía de gases (GC)	18
Detector de ionización de llama (FID)	
Detector nitrógeno-fósforo (NPD)	
Detector fotométrico de llama (FPD)	
Detector de conductividad térmica (TCD)	
Detector de captura de electrones (ECD)	
Detector selectivo de masas (MSD)	
Detector de emisión atómica (AED)	
Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	23
Cromatografía de fluidos supercríticos	24
Extracción con fluidos supercríticos	
Métodos electroquímicos	26
Métodos térmicos	27
Análisis por adsorción de gases	28
Métodos paramagnéticos	28
Analizadores elementales	29
Mezclas de gases	31
Acrónimos habituales en análisis instrumental	33

Gases para instrumentación analítica



Introducción. Instrumentación Analítica

La Química Analítica puede definirse como la ciencia que desarrolla métodos e instrumentos para obtener información sobre la composición y naturaleza química de la materia. Dentro de la Química Analítica se incluye el Análisis Químico que es la parte práctica que aplica los métodos de análisis para determinar el contenido cualitativo y cuantitativo de una muestra. Los ámbitos de aplicación del Análisis Químico son muy variados: en cualquier sector industrial en el control de calidad de materias primas y productos acabados; en sectores como el automóvil hasta el textil o en la industria química, petroquímica y farmacéutica; en el diagnóstico de enfermedades en el campo medicinal; productos alimenticios; explotación de recursos naturales; control de contaminación ambiental del aire y aguas; investigación, etc.

En la última década se ha incrementado constantemente la demanda de nuevos procedimientos analíticos; se ha ampliado la diversidad de las técnicas y han emergido nuevas técnicas instrumentales, y sistemas de automatización y procesado de datos. También han sido foco de interés la calidad y características de los procedimientos empleados.

De entre los distintos métodos de análisis, destacaremos los métodos instrumentales; basados en medir propiedades físico-químicas mediante instrumentos adecuados.

Muchos de estos métodos instrumentales requieren distintos gases técnicos. Además de mezclas de gases para la calibración de instrumentos de medida (ver catálogo Mezclas de Calibración de Gases); los "gases para instrumentación" tienen otras muchas funciones. Se emplean en: preparación de muestras, como sistema

de extracción, eliminación de sustancias volátiles o concentración de muestras, como gases "zero" o gases de referencia; así como gases portadores, gases de protección, gases de purga o arrastre, combustibles, reactivos, oxidantes, etc.

Un prerequisite básico en los equipos analíticos actuales para un funcionamiento exento de problemas y con unos resultados fiables es el uso de gases de alta calidad. Los gases de instrumentación y gases de referencia no deberán contener en ningún caso impurezas que interfieran o influyan en las medidas obtenidas y/o que perjudiquen o deterioren los distintos elementos de los instrumentos de medida. Por otro lado, cualquier tipo de instalación o canalización destinada a este tipo de gases, deberá garantizar el mantenimiento de la calidad de los gases en el punto de consumo.

Calidad garantizada

Rigurosos procedimientos de producción y envasado y exhaustivos ensayos analíticos de los gases garantizan el cumplimiento de las especificaciones dadas en cuanto al nivel máximo de impurezas admisibles en cada botella. Para ello, Abelló Linde, S. A. emplea métodos analíticos como los que se exponen en el presente catálogo: cromatografía de gases con distintos detectores, espectrometría de masas, espectrometría FTIR, espectrometría de absorción atómica, etc.

En las fichas técnicas de los gases y en la Tarjeta de Control individual que se entrega con cada botella de gas pueden encontrar información más detallada referente al nivel de impurezas máximo admisible en las distintas calidades de gases de alta pureza.



La elección correcta del gas de instrumentación.

Al comenzar un trabajo analítico habitual, el analista debe seleccionar el método de preparación de muestra y el método analítico más adecuado. Dependiendo de los rangos de detección previstos, habrá que limitar los niveles máximos de impurezas admisibles en los gases de instrumentación. Como por ejemplo, purezas de gas de al menos 5.0 deberían utilizarse para la extracción y el análisis de muestras con altos contenidos del compuesto a analizar, sin embargo, se necesitarían purezas de gases de hasta 7.0 para rangos de concentraciones a nivel de trazas y ultra-trazas.

Abelló Linde, S. A. en sintonía con el Grupo Linde, división Gas, ha desarrollado el programa de productos HiQ®; una línea de productos, materiales y servicios, diseñados a la medida y con las necesidades concretas de cada aplicación. En esta línea, Abelló Linde S.A. comercializa gases puros y mezclas de calibración estándar, para determinadas aplicaciones, con los componentes, las exigencias técnicas y de calidad necesarias en cada caso.

Nuestro programa HiQ® incluye gases con especificaciones como: Argón 5.0 ICP, Helio 5.0 *Halocarbon-free*, Nitrógeno 5.5 *Halocarbon-free*, etc. cuyo denominación indican su aplicación específica, y que han sido desarrollados teniendo en consideración su uso y aplicación particular, durante todo el proceso de producción y control. Así por ejemplo, en los gases denominados *Halocarbon-free* se analizan los niveles de impurezas en ppb que puedan interferir en un cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (ECD), como puedan ser compuestos halogenados.

Gases especiales Abelló Linde, S. A.

Nuestra división de Gases Especiales ofrece una línea completa de gases puros y mezclas de gases para una gran variedad de aplicaciones en instrumentación analítica y en distintos sectores como medio ambiente, control de calidad y proceso, investigación y desarrollo, seguridad e higiene en el trabajo, etc.; junto con una completa gama de servicios que le permiten maximizar su productividad. Nuestro objetivo es asegurarnos que el gas o la mezcla utilizada sea el más adecuado para la actividad que realiza.

La utilización de gases de alta pureza hace necesario disponer de instalaciones y equipos apropiados para asegurar que la calidad del gas que se utiliza en los puntos de uso sea idéntica a la del gas en la botella e igual en todos los puestos de trabajo. Los sistemas centralizados para el suministro de gases especiales, diseñados por Abelló Linde, S. A. son la mejor alternativa ya que incluyen componentes cuidadosamente seleccionados y evaluados, que comprenden desde reguladores, válvulas y filtros hasta tuberías de acero inoxidable específicamente concebidas y tratadas para el suministro de gases de alta pureza.

Sin pretender dar una exposición exhaustiva, y siendo conscientes de la complejidad de los principios expuestos, en el presente catálogo resumimos de forma general algunos de los métodos de instrumentación analítica más habituales, indicando los gases y calidades necesarias. No obstante existen en el mercado una gran cantidad de instrumentos analíticos con configuraciones singulares, accesorios y necesidades particulares. Para más información, contacte con nuestro personal especializado.

Calidad de los principales gases de alta pureza utilizados en análisis instrumental

GAS	CALIDAD	Impurezas máximas (ppm)						
		O ₂	N ₂	H ₂ O	CnHm	SF ₆	CO	CO ₂
Argón	5.0	≤ 2		≤ 3	≤ 0.2			
	5.0 ICP	≤ 2		≤ 3	≤ 0.2			
	5.3	≤ 1		≤ 2	≤ 0.1			
	5.6	≤ 0.7		≤ 0.1	≤ 0.1			
	6.0	≤ 0.5		≤ 0.5	≤ 0.1			
Helio	5.0	≤ 2	≤ 3	≤ 3	≤ 0.2	≤ 0.001		
	5.0 Halocarbon free	≤ 2	≤ 5	≤ 3	≤ 1			
	5.3	≤ 1	≤ 2	≤ 2	≤ 0.1			
	5.6	≤ 0.7	≤ 1	≤ 1	≤ 0.1			≤ 0.1
	6.0	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.1			≤ 0.1
Hidrógeno	5.0	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 0.5			
	5.3	≤ 1	≤ 3	≤ 2	≤ 0.2			
	6.0	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.1		≤ 0.1	≤ 0.1
Nitrógeno	5.0	≤ 3		≤ 3	≤ 0.2			
	5.3	≤ 2		≤ 2	≤ 0.1			
	5.5	≤ 0.5		≤ 2	≤ 0.1		≤ 0.5	≤ 0.5
	5.5 Halocarbon free	≤ 0.5		≤ 2	≤ 0.1	≤ 0.001	≤ 0.1	≤ 0.1
	6.0	≤ 0.3		≤ 0.5	≤ 0.1		≤ 0.1	≤ 0.1
Aire Sintético	Uso laboratorio			≤ 5	≤ 5		≤ 1	≤ 1
	Zero			≤ 3	≤ 0.1		≤ 1	≤ 1

Métodos espectroscópicos

De forma general, cuando una radiación electromagnética incide sobre una muestra material, esta radiación puede ser parcialmente absorbida, dispersada, reemitida o puede provocar un cambio en las propiedades de la radiación.

Los métodos espectroscópicos se basan en el intercambio entre la radiación electromagnética y la materia midiendo la energía absorbida o emitida durante la transición entre distintos niveles de energía.

En función del tipo de medida se distingue entre métodos de absorción y métodos de emisión. Los métodos espectroscópicos también se pueden clasificar según la región del espectro electromagnético utilizado para la medida. Las regiones del espectro que se han utilizado abarcan los rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, visible, radiación infrarroja, microondas y radiofrecuencias (RF). Los métodos más habituales y representativos son:

Métodos de Absorción:

- Absorción atómica
- Absorción molecular:
 - Espectrometría UV-Visible,
 - Espectrometría vibracional:
 - Infrarroja (IR) – Dispersivo y Espectrometría Infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) - ,
 - Raman,
 - Infrarrojo cercano (NIR) e Infrarrojo lejano (FIR)
 - Resonancia magnética nuclear (RMN)

Métodos de Emisión Atómica:

- Fotometría de llama
- ICP
- Espectrometría de emisión por chispa

Métodos luminiscentes (Emisión molecular):

- Quimioluminiscencia
- Fluorescencia y fosforescencia.

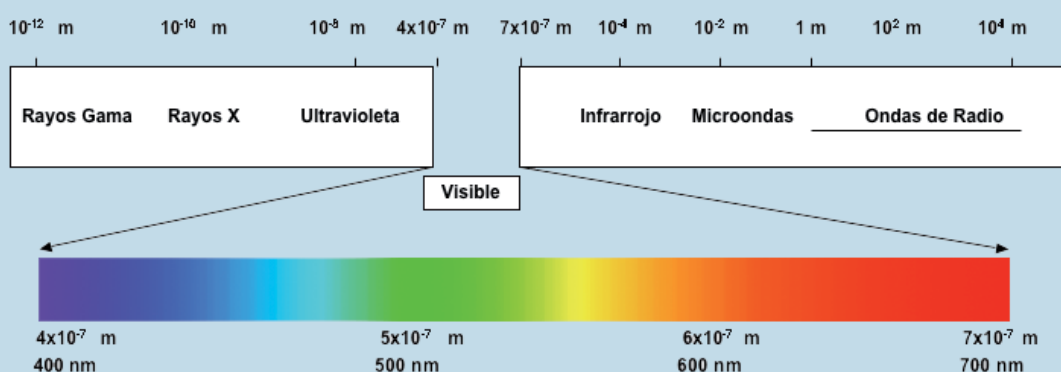
Espectroscopía de Rayos X:

- Fluorescencia de Rayos-X

El uso actual del término espectroscopía amplía su significado para incluir técnicas que ni siquiera abarcan la radiación electromagnética, como espectroscopía acústica, de masas o de electrones.

Dejamos fuera del alcance de este catálogo otros métodos espectroscópicos, como por ejemplo: espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS, X-ray photoelectron spectroscopy, o ESCA), espectroscopia Auger, espectroscopia fotoelectrónica ultravioleta (UPS, ultraviolet photoelectron spectroscopy) así como otros métodos radioquímicos como puede ser la espectrometría fotoelectrónica de rayos gamma.

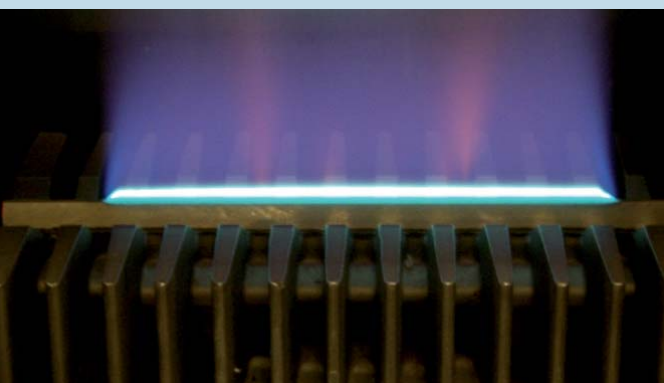
Longitud de onda (m)



Longitud de onda (nm)



Lámpara de cátodo hueco



Atomización por llama + aire



Cámara de grafito

Espectrometría de absorción atómica (AAS)

La espectrometría de absorción atómica (AAS) es una técnica analítica aplicable al análisis de trazas de elementos metálicos tanto en minerales, muestras biológicas, metalúrgicas, farmacéuticas, aguas, alimentos y de medio ambiente.

La AAS se basa en el principio de que los átomos libres en estado fundamental pueden absorber la luz a una determinada longitud de onda. La absorción es específica, por lo que cada elemento absorbe a longitudes de onda únicas.

Los metales o metaloides en disolución se vaporizan y posteriormente se atomizan térmicamente. Los equipos comerciales constan básicamente de los siguientes elementos: fuente de radiación, atomizador, monocromador y fotomultiplicador.

La **fente de radiación** más común que proporciona la luz que absorben los átomos para las mediciones, es la lámpara de cátodo hueco.

Para **atomizar** la muestra se necesita calor. El calor se genera bien mediante una llama o bien mediante un atomizador electrotérmico como el horno de grafito. La llama en AAS se genera en un quemador acetileno/aire o acetileno/óxido nitroso (según la temperatura requerida para atomizar la muestra, en función de los elementos a medir y la sensibilidad requerida).

En AAS con cámara de grafito la atomización ocurre en un tubo cilíndrico de grafito abierto por ambos lados en el que se introduce la muestra. Se utiliza una corriente de gas inerte con presión positiva que evita que el aire entre en el horno y permite extraer los vapores generados por la combustión de la muestra. Se emplea habitualmente argón.

El **monocromador** cumple la función de aislar las líneas espectrales no deseadas, dejando sólo paso a la longitud de onda seleccionada para el análisis. El **fotomultiplicador** convierte la luz en señales eléctricas.

Combustible/Oxidante	Temperatura llama (°C)
Gas*/aire	1700-1900
Gas*/O ₂	2700-2800
H ₂ /aire	2000-2050
C ₂ H ₂ /aire	2200-2400
C ₂ H ₂ /O ₂	3050-3150
C ₂ H ₂ /N ₂ O	2600-2800

*Propano o Gas natural

Existen dos métodos particulares adicionales. En la técnica de generación de hidruros (para la determinación de arsénico, antimonio, estaño, selenio, bismuto, plomo); como resultado de una reacción química, el hidruro volátil generado es arrastrado a la cámara de atomización por un gas inerte, generalmente argón o nitrógeno. La técnica de vapor frío es un método de atomización aplicable solamente a la determinación del mercurio. En este caso no es necesaria la llama; ya que a 20 °C el mercurio exhibe ya suficiente presión vapor.



Métodos de espectrometría de absorción atómica (AAS). Gases empleados habituales.

Técnica	Límite de detección	Gases, denominación y calidad	Aplicación	Observaciones
Absorción atómica con llama	ppb/ppt	Acetileno Absorción Atómica 2.6	Gas combustible	1 y 2
		Aire comprimido	Gas combustible	
		Acetileno Absorción Atómica 2.6	Gas combustible	1 y 2. Llama más favorable para elementos como Al, Si, V, Ti.
		Oxido nitroso Usos Laboratorio	Gas combustible	
		Hidrógeno 5.0	Gas combustible	Este tipo de llama, aunque no es frecuente, ofrece ventajas en el análisis de metales alcalinos como Cs, Rb, K, Na. La matriz puede tener efectos sobre este tipo de llama.
		Aire comprimido	Gas combustible	
Cámara de grafito	ppb/ppq	Argón 5.0	Inerte/ Gas de purga	La desventaja del nitrógeno es la posible formación de nitruros y cianuros así como la reducción de la sensibilidad.
		Nitrógeno 5.0		
Generador de Hidruros/Vapor frío	ppb/ppt	Argón 5.0	Gas portador	Portadores de metales nobles se utilizan para incrementar la sensibilidad del mercurio enriquecido.
		Nitrógeno 5.0	Gas portador	

- 1.- Debido a la presencia de fosfina procedente de la producción de acetileno, la llama azulada del acetileno industrial puede tener un color lechoso, que interfiere con el análisis fotométrico. Por esta razón debe emplearse "Acetileno Absorción atómica 2.6" especialmente purificado.
- 2.- La proporción de acetona en el acetileno aumenta cuando la presión de la botella disminuye. Esto causa errores de medida en el caso de aquellos elementos cuya sensibilidad depende mucho de la composición de gas combustible y comburente. Por esto los fabricantes de los equipos recomiendan sustituir las botellas de acetileno a partir de los 6 - 7 bar.

Espectrometría de absorción molecular

La espectrometría molecular basada en la radiación ultravioleta, visible (UV-Vis) e infrarroja (IR) se emplea en la identificación y determinación de muchas especies inorgánicas, orgánicas y bioquímicas. La espectroscopia UV-visible es probable que sea la técnica más utilizada en los laboratorios químicos y clínicos de todo el mundo.

La espectrometría de absorción molecular se basa en la medida de la transmitancia o absorbancia de disoluciones que se encuentran en cubetas transparentes. La concentración de un analito absorbente está relacionada linealmente con la absorbancia.

La mayoría de equipos de espectroscopia UV-Visible e IR constan básicamente: 1) fuente de energía radiante; 2) selector de longitudes de onda, que aísla una región limitada del espectro para su medida –monocromador o filtro - ; 3) uno o varios recipientes –cubetas o celdas- para muestras (de materiales que no interfieran en la medida: Visible, vidrio común; UV, sílice o cuarzo; IR, sales de haluros o poliméricos); 4) detector de radiación que convierte la energía radiante en señal eléctrica medible y 5) unidad de lectura y procesamiento de señales.

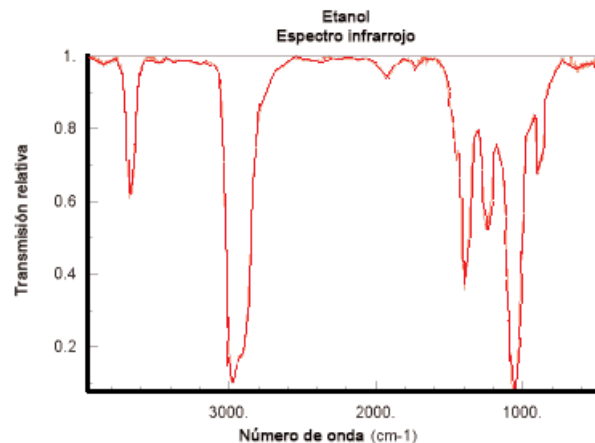
En espectrometría UV-visible es frecuente el empleo de gases inertes (nitrógeno, argón o helio) para realizar barridos o mantener atmósferas inertes sobre la muestra.

Espectrometría infrarroja (IR)

La espectroscopia IR es una herramienta poderosa para determinar la estructura de compuestos inorgánicos y orgánicos. Además desempeña una función importante en el análisis cuantitativo, sobre todo en el área de la contaminación ambiental.

La espectroscopia IR consiste en la medición de la longitud de onda e intensidad de la absorción de luz infrarroja de una muestra. Se suele considerar un intervalo de longitud de onda de 0,75 μm a 1000 μm . La luz infrarroja media tiene la energía suficiente para excitar vibraciones moleculares a niveles de energía más altos. La longitud de onda de las bandas de absorción infrarroja es típica de enlaces químicos específicos y su mayor utilidad se encuentra en la identificación de moléculas orgánicas y orgánico-metálicas.

Cada molécula o especie química tiene un espectro infrarrojo característico, de ahí su alta selectividad, que hace posible la estimación de un analito en una matriz compleja y una alta selectividad del método. Un espectro infrarrojo se representa gráficamente como la cantidad de luz transmitida frente a la longitud de onda (o número de onda) de la radiación IR.



El espectro de un gas o de un líquido de bajo punto de ebullición se obtiene permitiendo a la muestra que se expanda en una cubeta a la que se le ha hecho el vacío. Es un método habitual en análisis de contaminantes del aire y de contaminantes en ambientes de trabajo, así como para el control del contenido en impurezas de gases técnicos.

Los instrumentos para medir la absorción infrarroja requieren una fuente de radiación infrarroja continua y un detector. Las fuentes infrarrojas consisten en un sólido inerte el cual es eléctricamente calentado a temperaturas entre 1500 y 2200 K emitiendo radiación infrarroja (emisor de Nerst, fuente Gobar, láser dióxido de carbono, arco de mercurio, filamento de wolframio...). En cuanto a los detectores pueden clasificarse en tres categorías: detectores térmicos, piroeléctricos y fotoconductores, siendo estos últimos los más sensibles.

Existen, fundamentalmente dos tipos de instrumentos para medidas de absorción infrarroja: espectrofotómetros dispersivos y transformada de Fourier (FTIR). Estos últimos han desplazado a los primeros por su rapidez, fiabilidad y comodidad.

Los espectrofotómetros FTIR detectan todas las longitudes de onda a un tiempo, lo que le confiere mayor poder de concentración de luz que los instrumentos dispersivos y por tanto mejor precisión. En espectrofotometría FTIR es habitual el empleo de nitrógeno como gas inerte o bien aire; en cualquier caso, seco y libre de CO_2 del aire, para reducir la absorción de fondo del vapor de agua y del CO_2 .

Para la región del IR medio se utilizan detectores piroeléctricos de sulfato de triglicina. Cuando se precisa mejor sensibilidad o tiempo de respuesta, se emplean detectores fotoconductores de telururo de cadmio/mercurio o de antimonio de indio refrigerados mediante nitrógeno líquido.

Espectrofotometría en el infrarrojo cercano (NIR)

La espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIR) se extiende en un rango de 800 nm - 2.5 μm (12,500 - 4000 cm^{-1}) y tiene energía suficiente para excitar sobretonos y combinaciones de vibraciones fundamentales.

Se emplea habitualmente para la medición cuantitativa de grupos funcionales orgánicos, especialmente O-H, N-H y C=O. Los límites de detección son normalmente 0,1 % y las aplicaciones más comunes incluyen análisis farmacéuticos, agrícolas, polímeros y clínicos.

Los componentes de los espectrofotómetros NIR son similares a los UV/VIS, siendo muy frecuente encontrar en el mercado equipos que abarcan el intervalo del espectro UV/VIS/NIR. Algunos de estos equipos incorporan dos entradas de gas inerte que permiten utilizar un gas de purga, generalmente nitrógeno, con caudales independientes al compartimento del monocromador y de la muestra.

El tipo y diseño de los equipos de NIR, lo hacen más adecuado que la espectroscopía IR para la monitorización on-line y el control de procesos.

Espectrometría RAMAN

Conjuntamente con la IR, la espectroscopía RAMAN nos proporciona información cualitativa y cuantitativa acerca de sustancias químicas debido a la interacción de la radiación con las vibraciones moleculares.

Los espectros Raman se obtienen al irradiar una muestra con una fuente láser. Durante la irradiación, se registra el espectro de la radiación dispersada un cierto ángulo.

En particular, la espectrometría RAMAN nos proporciona datos complementarios respecto a enlaces no polares y grupos funcionales (C=C, C-S, S-S, metal-metal). Se utiliza con frecuencia como técnica adicional para elucidar la estructura molecular de un compuesto. Los espectrómetros FT-RAMAN equipados con detector de germanio precisan ser refrigerados con nitrógeno líquido.

Resonancia magnética nuclear (RMN)

La resonancia magnética nuclear (RMN) está basada en la medición de la absorción de una radiación de radiofrecuencia por un núcleo en un campo magnético fuerte. La absorción de la radiación hace que el spin nuclear se alinee o gire en la dirección de mayor energía. A continuación los núcleos reemiten radiación RF y vuelven al estado inicial.

La espectroscopia RMN es una de las herramientas más poderosas para elucidar la estructura de especies orgánicas e inorgánicas.

El componente principal de los RMN es el imán. Actualmente en los instrumentos de alta resolución se utilizan imanes superconductores. Para mantener sus características, el solenoide, bobina arrollada de alambre superconductor, se mantiene sumergido en helio líquido, por debajo de 10 K. El baño de helio líquido se mantiene mediante un baño externo de nitrógeno líquido. La mayoría de equipos se rellenan periódicamente; cada 10 ó 15 días de nitrógeno líquido y cada 60 a 130 días de helio líquido.

Debe extremarse la precaución en el uso y manejo de gases criogénicos para evitar quemaduras, suboxigenación así como "quenchedings". El "quenching" se produce cuando la bobina superconductora supera aproximadamente los 10 K y produce la evaporación instantánea de los gases licuados que contienen al imán, llevando a la pérdida del campo magnético.



Métodos de espectrometría de emisión atómica (AES)

Los métodos de emisión se basan en la medida de la radiación emitida por átomos o moléculas excitados que vuelven a su estado fundamental. Para que exista un estado excitado es necesario un aporte energético. Este aporte energético se realiza mediante llama, plasma, arco eléctrico o chispa de alto voltaje. Para los átomos excitados por una fuente de energía de alta temperatura esta emisión de luz se conoce como emisión atómica u óptica (espectroscopía de emisión atómica, AES) y para átomos excitados con luz es llamada fluorescencia atómica (espectroscopía de fluorescencia atómica, AFS).

La espectroscopía de emisión atómica (AES) utiliza la medición cuantitativa de la emisión óptica de átomos excitados para determinar la concentración de la sustancia analizable.

Los métodos de AES en general siguen el siguiente proceso: la muestra en solución es aspirado a la región de excitación donde son vaporizados y atomizados por una llama, descarga o plasma. Estas fuentes de atomización a altas temperaturas proveen energía suficiente para promover los átomos a niveles de energía altos. Los átomos vuelven a niveles más bajos emitiendo luz. A medida que los átomos vuelven al estado estable, la radiación emitida pasa a través del monocromador que aísla la longitud de onda especificada para el análisis requerido. Un fotodetector mide la energía de la radiación seleccionada la cual es luego amplificada y enviada a un dispositivo de lectura.

Entre los métodos de espectroscopía de emisión atómica, de acuerdo con el método de aporte energético, encontramos:

Fotometría de llama (FES)

La espectroscopía de emisión por llama (FES) o Fotometría de Llama, es un método muy habitual en el sector médico-clínico. Con este método se analizan cualitativamente y cuantitativamente trazas de metales alcalinos y alcalinotérreos. Sus usos más importantes son la determinación de sodio, potasio, litio y calcio en fluidos biológicos y tejidos. La llama se produce con la ayuda de propano (o metano) y aire libre de aceite.

Espectrometría de emisión por chispa

El aporte energético se realiza en este caso por la creación de un arco voltaico o chispa entre dos electrodos. El análisis consiste en el estudio del espectro de las radiaciones observadas una vez producida la chispa.

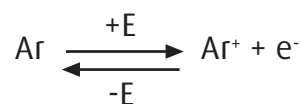
Actualmente se aplica al análisis elemental de muestras sólidas, y de forma particular en la industria metalúrgica.

Por medio de la espectrometría por chispa, todos los metales y metaloides y algunos no metales pueden excitarse a partir de muestras sólidas. Se utilizan para el análisis de metales férricos, aluminio, cinc, cobre, níquel, cobalto, magnesio, plomo, etc.

Se emplea argón de alta pureza o mezclas de hidrógeno (del 2% al 5%) con argón para crear atmósferas reductoras. Impurezas como oxígeno o agua afectan gravemente a la sensibilidad del espectrómetro de chispa.

Emisión atómica ICP-AES

El aporte energético como fuente de atomización/excitación se realiza en este caso por la creación de un plasma. Estas técnicas incluyen el plasma acoplado inductivamente y el plasma acoplado directamente. Un plasma lo definimos como un gas ionizado; esto es, una mezcla gaseosa que contiene cationes y electrones. Si este gas es Argón:



La temperatura del plasma está entre 6000 a 10000 K. Es una especie de llama, pero no hay combustión.

Las fuentes de plasma ofrecen varias ventajas comparadas con los métodos de llama y electrotérmicos: se trata de una técnica para elementos múltiples y tiene un amplio rango de trabajo, además los intervalos lineales de concentración suelen ser más amplios. Las fuentes de plasma actuales brindan un método mucho más fácil para la manipulación de muestras gaseosas y líquidas. El espectro para decenas de elementos puede ser registrado al mismo tiempo, algo muy importante cuando la muestra es pequeña. Las fuentes de plasma también permiten la determinación de no metales como cloro, bromo, yodo y azufre.

ICP - Plasma acoplado por inducción

Se puede generar un plasma acoplado por inducción al dirigir la energía de un generador de radiofrecuencia hacia un gas apropiado, normalmente argón. Es importante que el gas de plasma sea puro ya que los contaminantes en el gas pueden apagar la antorcha.

El éxito del plasma acoplado por inducción estriba en su capacidad de analizar una gran cantidad de muestras en un período corto con muy buenos límites de detección para la mayoría de los elementos. El plasma acoplado por inducción está a menudo conectado con diferentes sistemas de detección, como espectrometría de masas.

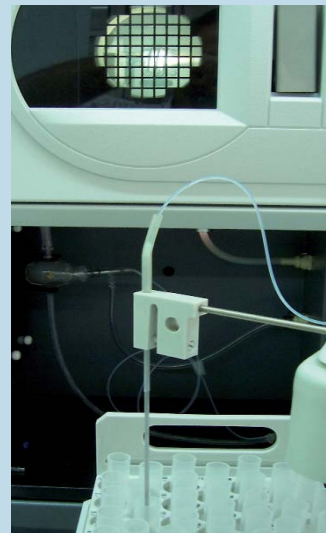
DCP - Plasma acoplado directamente

El plasma acoplado directamente se crea por una descarga eléctrica entre dos electrodos. Es necesario un gas de plasma de soporte, habitualmente argón.

En cualquier caso es necesario gas argón para la formación del plasma, así como un gas portador para la introducción de la muestra en el nebulizador. El nebulizador convierte la muestra en un aerosol y ésta es introducida en el área de excitación del plasma. También será necesario utilizar bien argón o bien nitrógeno como gas refrigerante de la antorcha y gas de purga.

Los caudales de gas argón empleados son significativos, siendo globalmente, dependiendo del diseño de la antorcha, del orden de hasta 20 NI/min para gas plasma, gas portador, gas de purga o auxiliar y gas de refrigeración.

Linde ha desarrollado el Argón 5.0 ICP HiQ® de forma específica para las aplicaciones de emisión atómica ICP-AES.



Métodos de espectrometría de emisión atómica (AES). Gases empleados habitualmente.

Técnica	Límite de detección	Gases	Calidad gas	Aplicación	Observaciones
Fotometría de llama (FES)	ppm	Propano Aire comprimido	2.5	Gas combustible Gas comburente	El propano es más denso que el aire. No debe almacenarse o emplearse en locales subterráneos.
Emisión por chispa	ppm/ppb	Argón 2-4 % H ₂ + Ar	5.0 6.0 / 6.0	Atmósfera protectora	Impurezas de oxígeno y humedad influyen en la sensibilidad y resultado de la medida. Es esencial una alta pureza de la atmósfera protectora.
Plasma acoplado por inducción - ICP	ppb/ppt	Argón	5.0 ICP HiQ®	Gas portador	La sensibilidad y reproducibilidad dependen de la pureza del gas. Aplicable también al ICP-MS.
		Argón	5.0 ICP HiQ®	Gas plasma	
		Argón Nitrógeno	5.0 ICP HiQ® 5.0	Gas refrigeración Gas refrigeración	

Métodos de luminiscencia molecular

Espectrometría de emisión de fluorescencia y fosforescencia

La espectrometría de luminiscencia se basa en la excitación de moléculas por la absorción de un haz de radiación electromagnética. Posteriormente la especie excitada se relaja hasta el estado fundamental, liberando su exceso de energía en forma de fotones. La característica más atractiva de la fluorescencia molecular es su sensibilidad, de 10 a 1000 veces mayor que la espectroscopía de absorción. Otra ventaja es su amplio intervalo de concentración lineal. Sin embargo los métodos de fluorescencia tienen menos aplicaciones que los métodos de absorción dado el número relativamente limitado de sistemas químicos que presentan fluorescencia apreciable. Por otra parte los instrumentos suelen ser más costosos. Las aplicaciones más relevantes corresponden a análisis de alimentos, sustancias farmacéuticas, muestras clínicas y productos naturales.

Los dos métodos difieren en el tiempo de emisión: la fluorescencia ocurre mucho más rápidamente que la fosforescencia, y en general cesa o se completa la emisión 10^{-5} s después de la excitación. Se suele observar en el rango de longitudes de onda del UV/Visible y Rayos-X. La emisión fosforescente puede continuar minutos o incluso horas después que cese la radiación. Se observa habitualmente en el espectro visible. Los más importantes en química analítica son los métodos fluorescentes.

Los equipos de espectrometría de luminiscencia suelen ser polivalentes, con modificaciones o adaptaciones en su configuración, para la medición de fluorescencia, fosforescencia o quimioluminiscencia. Los componentes de los equipos de luminiscencia son equivalentes a los espectrómetros UV/visible. Por su sensibilidad, los detectores de fluorescencia son particularmente válidos para cromatografía líquida.

Normalmente, las medidas de fosforescencia se llevan a cabo a la temperatura del nitrógeno líquido con el objeto de prevenir la degradación de la radiación de salida. Normalmente forma parte del fosforímetro un recipiente dewar con ventanas de cuarzo.

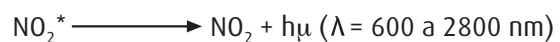
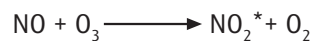
Espectrometría de emisión por quimioluminiscencia

La quimioluminiscencia se basa en el espectro de emisión de una especie excitada que se forma en el curso de una reacción química, la cual emite luz al volver a un estado de menor energía. La molécula excitada puede ser el producto de la reacción entre la sustancia analizable (analito) y un reactivo apropiado, por ejemplo, ozono o peróxido de hidrógeno. En otros casos la sustancia analizable no está directamente involucrada en la reacción quimiolumínica; en cambio es el efecto inhibitor de la sustancia analizable lo que sirve como parámetro analítico.

Aunque las reacciones químicas que producen quimioluminiscencia son pocas, muchos de los componentes involucrados son importantes para el medio ambiente. La creciente utilización del método se debe a su alta selectividad, sencillez y sensibilidad.

La instrumentación para las medidas de quimioluminiscencia es simple y consiste en una cámara de reacción adecuada y un tubo fotomultiplicador. No precisa fuente de radiación externa, ya que ésta es la propia reacción química y, por el mismo motivo, tampoco requiere dispositivo de selección de longitud de onda.

Varios analizadores para la determinación de gases se basan en la quimioluminiscencia. El monóxido de nitrógeno (NO) puede determinarse por reacción con ozono (O_3). La reacción convierte el NO en NO_2 excitado, con la consiguiente emisión de luz. La reacción del óxido nítrico con el ozono ha sido también aplicada para la determinación del contenido de dióxido de nitrógeno de los gases de escape de automóviles.



Otros métodos de quimioluminiscencia se emplean para monitorizar el ozono atmosférico y para la determinación de contaminantes conteniendo azufre, tales como dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

Espectrometría de masas (MS)

La espectrometría de masas (MS) es una técnica analítica en la que las sustancias químicas se identifican separando los iones moleculares según su masa por medio de campos eléctricos y magnéticos.

La MS brinda información cualitativa y cuantitativa acerca de la composición molecular de compuestos inorgánicos y orgánicos.

Los espectrómetros de masas constan de cuatro partes básicas: un sistema de manipulación para introducir la muestra; una fuente de iones, en la cual se convierten los componentes de la muestra en iones; un analizador que separa partículas de acuerdo a la relación masa/carga; y un detector, en el que los iones separados son recogidos y caracterizados. El espectrómetro requiere un trayecto de colisión libre para los iones y por lo tanto funciona al vacío entre 10^{-5} y 10^{-6} Torr.

El sistema de entrada de la muestra está diseñado para una mínima pérdida de vacío. Habitualmente se consideran: sistemas discretos de entrada, entrada por sonda directa y sistemas de entrada cromatográficas.

La fuente de iones crea fragmentos de iones gaseosos de la muestra. Hay dos clases de fuentes: de fase gas y de desorción.

En las fuentes de fase gas, la muestra primero se volatiliza antes de ionizar los componentes gaseosos. La muestra se vaporiza fuera de la fuente de energía. Los sistemas de ionización son: a) ionización química, b) ionización por impacto de electrones y c) ionización por campo.

a) En la ionización química, una pequeña cantidad de átomos gaseosos ioniza por colisión con átomos producidos por el bombardeo del gas reactivo. El gas reactivo más común es el metano, aunque también pueden emplearse oxígeno, amoníaco e hidrógeno.

b) El método de ionización más usado es la ionización por impacto de electrones. Se utiliza un haz generado por una lámpara de tungsteno o de filamento de renio para ionizar los átomos o moléculas de fase gas. Durante la colisión del haz y las moléculas de la muestra se forman iones.

c) Cuando las moléculas se sitúan en un campo eléctrico de alta potencia pueden perder un electrón y transformarse en iones. Los campos altos pueden crearse en una fuente de iones aplicando alto voltaje entre el cátodo y el ánodo, lo que se llama emisor de campo.

En las fuentes de desorción los iones se forman en la fase condensada; se prescinde de la vaporización de la muestra y, en consecuencia, requiere siempre una sonda de muestra.

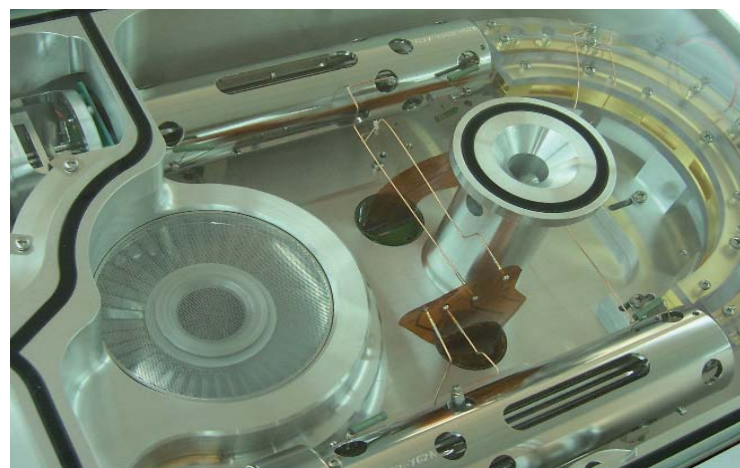
Una gran ventaja de la ionización por desorción es que permite el análisis de moléculas no volátiles y térmicamente inestables. Como fuentes de desorción se distinguen: desorción por campo, bombardeo con átomos acelerados, espectrometría de masas de iones secundarios, desorción por láser, desorción por plasma, desorción térmica, ionización electrodinámica.

El objetivo del analizador de masas es separar los iones que se producen en la fuente de acuerdo a las diferentes relaciones de masa/carga. Los diseños de analizador más comunes incluyen: analizadores de sector magnético (o de enfoque simple), de doble enfoque, los analizadores de cuadrupolo –de utilización más frecuente-, analizadores de trampa de iones y analizadores de masa por tiempo de vuelo (TOF).

El detector o sistema de recolección de iones mide la abundancia relativa de fragmentos de cada masa. El más usual es el multiplicador de electrones, además de la copa de Faraday, detector de placas fotográficas y detectores de centelleo.

Técnicas acopladas a la espectrometría de masas

El desarrollo más importante de la espectrometría de masas ha venido de la mano del acoplamiento de varias técnicas analíticas: ICP/MS, MS/MS (Espectrometría de masas en tándem), GC/MS, HPLC/MS.





Espectrometría de rayos X (XRS)

La espectroscopía de rayos X (XRS), al igual que la espectroscopía óptica, se basa en la medida de la emisión, absorción, dispersión, fluorescencia y difracción de la radiación electromagnética, en el intervalo de las longitudes de onda de 10^{-5} Å a 100 Å ; no obstante la espectroscopía de R-X convencional abarca la región de 0,1 Å a 25 Å.

A grandes rasgos los elementos de los instrumentos constan de: fuente de radiación, dispositivo de selección del intervalo de longitud de onda, soporte para la muestra, detector de la radiación (o transductor), procesador de la señal y dispositivo de lectura.

Fluorescencia de Rayos X

La fluorescencia o emisión de rayos X (XRF) es sin duda la técnica más relevante. En un principio se utilizó para el análisis de muestras geológicas, desarrollándose posteriormente a otras aplicaciones y sectores debido a la fácil preparación de muestras, además de ser un análisis no destructivo y multielemental. Mediante esta técnica es posible determinar todos los elementos del Sistema Periódico, desde el flúor hasta el uranio, en muestras sólidas, en polvos y en líquidos, y conocer con rapidez la composición elemental exacta de una sustancia. Así mismo, mediante la utilización de los patrones adecuados, es posible realizar el análisis cuantitativo de los elementos presentes. Se aplica básicamente al estudio de minerales, rocas, catalizadores, aleaciones, recubrimientos (pinturas, barnices, esmaltes y pigmentos – como por ejemplo en obras de arte y arqueometría -), además de para la determinación de elementos traza en productos petrolíferos, conservas alimenticias, residuos industriales y urbanos, obras de arte, etc.

En los espectrómetros de Rayos X, la excitación se produce normalmente por irradiación de la muestra con el haz de rayos X procedente de un tubo de rayos X o de una fuente radioactiva. En estas condiciones, los elementos de la muestra son excitados por absorción del haz primario y emiten su radiación de fluorescencia

característica. Para longitudes de onda mayores a 2 Å es necesario eliminar el aire entre la fuente y el detector, bien por vacío o por desplazamiento del aire con un flujo continuo de helio.

Existen varios tipos básicos de espectrómetros de Rayos X: espectrómetros de longitud de onda dispersiva (WDXRF), espectrómetros de energía dispersiva (EDXRF) y espectrómetros no dispersivos (NDXRF); equipados con distintos tipos de detectores para el registro de la radiación fluorescente emitida por la muestra.

Un tipo de detector habitual es el detector de flujo gaseoso. Se emplea gas PR-10, mezcla de gases de composición 10 % metano + resto argón, siendo muy importante minimizar y controlar las posibles impurezas de nitrógeno, oxígeno, agua, hidrógeno e hidrocarburos. Para evitar contaminaciones es básico un correcto manejo de los reguladores de presión y sus conexiones.

Otros tipos de detectores precisan ser refrigerados mediante nitrógeno líquido.

Difracción de Rayos X

La aplicación fundamental de la difracción de Rayos X es la identificación cualitativa y cuantitativa de la composición mineralógica de una muestra cristalina.

La difracción está basada en las interferencias ópticas que se producen cuando una radiación monocromática atraviesa una rendija de espesor comparable a la longitud de onda de la radiación. En el caso de la difracción de Rayos X, la longitud de onda utilizada es del mismo orden que las distancias interatómicas en los sólidos. Cuando estas distancias se repiten de forma periódica pueden actuar como rendija de difracción. Puede ser necesario el empleo de gases inertes para la protección de muestras sensibles y gases reactivos para llevar a cabo reacciones "in situ".



Métodos cromatográficos

En términos generales, la cromatografía es un proceso de separación de una mezcla en sus componentes individuales. A través del proceso de separación, cada componente de una muestra puede ser identificado (determinación cualitativa) y cuantificado (determinación cuantitativa). Así mismo se utiliza para la purificación de compuestos. Existen varios tipos de técnicas cromatográficas con sus correspondientes equipos, así como una gran variedad de aplicaciones en laboratorios y en diferentes procesos productivos.

Todos los métodos cromatográficos se basan en el mismo principio: La muestra a separar es transportada por una fase móvil (líquida o gas) a través de una fase estacionaria (sólida o líquida). Los componentes individuales de la muestra son retenidos por la fase

estacionaria con diferente fuerza de acuerdo con sus propiedades físico-químicas.

Esta diferente capacidad de retención hace que los componentes de la muestra se vayan separando a lo largo de su tránsito por la columna cromatográfica y, de esta forma, son eluidos o extraídos como sustancias puras.

En función de la fase móvil podemos considerar tres métodos cromatográficos: **Cromatografía de gases** (la fase móvil es un gas), **cromatografía líquida** (la fase móvil es un líquido) y **cromatografía de fluidos supercríticos** (la fase móvil es un gas en condiciones de presión y temperatura por encima de su punto crítico característico, comportándose como un fluido supercrítico).

Cromatografía de gases (GC)

Debido a su simplicidad, sensibilidad y efectividad en la separación de componentes, la cromatografía de gases es una de las herramientas más importantes en química. La cromatografía de gases (GC) es un método ampliamente utilizado para la separación y análisis de compuestos orgánicos, con puntos de ebullición de hasta 300 °C y que sean térmicamente estables.

Se utiliza en muchos análisis de rutina en todos los sectores industriales o medicinales: determinación de oxígeno disuelto, nitrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono en sangre; análisis de contaminantes del aire; alcohol en sangre; aceites esenciales y productos alimenticios por poner sólo algunos ejemplos. También la GC se emplea para monitorizar procesos industriales de forma automática: se analizan las corrientes de gas periódicamente y se realizan las correspondientes correcciones en los procesos productivos para contrarrestar variaciones no deseadas.

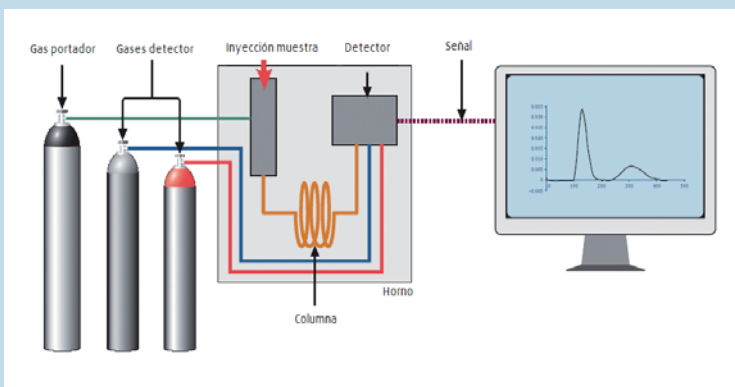
Básicamente, la GC requiere los siguientes pasos: evaporación de la muestra en un puerto de entrada calefactado (inyector); separación de los componentes de la muestra en la columna de separación, e identificación y cuantificación de cada componente por el detector. Al final del proceso, la señal amplificada del detector se registra y se evalúa por un ordenador con un programa de adquisición de datos, integrando el área o altura de picos y calculando los resultados analíticos. Para ello, la muestra se inyecta en una corriente de gas inerte, **gas portador o carrier**, y es transportada por este gas a través

de la **columna** (existen distintos sistemas de inyección de muestra: inyección directa con jeringa, "split-injection", "on-column-injection", "loop-injection", etc.). La columna puede ser empacada o capilar dependiendo de las propiedades de la muestra. A medida que el gas avanza por la columna, los componentes de la muestra se mueven a velocidades distintas dependiendo del grado de interacción de cada componente con la fase estacionaria de la columna.

En consecuencia, se separan los distintos componentes. Dado que el proceso de separación depende de la temperatura, la columna va instalada en un horno con control de temperatura.

Conforme los componentes son eluidos de la columna, pueden ser cuantificados por un **detector** adecuado o recogidos para un posterior análisis. Los detectores son los dispositivos capaces de generar una señal eléctrica proporcional a la cantidad eluida de un analito. Existe una gran variedad de detectores, y la elección dependerá de las características y propiedad físico-químicas de los componentes a detectar y medir.

Entre los detectores más habituales se encuentran: detector de ionización de llama (FID), detector de conductividad térmica (TCD), detector de captura de electrones (ECD), detector de nitrógeno – fósforo (NPD), detector fotométrico de llama (FPD), detector de fotoionización (PID), detector selectivo de masas (MSD), etc.



El **gas portador** tiene un papel primordial en el transporte de la muestra a través de la columna y entrada en el detector. El gas portador debe ser inerte. Suelen emplearse como portadores helio, hidrógeno, nitrógeno o argón. La elección dependerá de la columna, aplicación, seguridad; y deberá ser adecuado también para el tipo de detector. Pero esta elección también depende de los requerimientos en la eficacia de la separación y rapidez de análisis. Para muchas determinaciones, el hidrógeno y el helio nos darán el mejor comportamiento y resolución.

La pureza del gas portador es otro factor importante. Las impurezas, como hidrocarburos, agua u oxígeno, generan ruido en la línea base, reducen la sensibilidad y pueden incrementar el límite de detección. También trazas de agua y oxígeno pueden deteriorar la columna o el detector, lo que conduce inevitablemente a una reducción de su vida útil. Las presiones de trabajo así como los caudales del gas portador varían según los sistemas, siendo habituales presiones de 1 a 5 bar, con caudales entorno a 25 ml/min para columnas de relleno o empacadas y de 1 a 2 ml/min para columnas capilares. Adicionalmente, puede ser necesario el uso de gas auxiliar o "make-up" para diferentes aplicaciones.

Además del gas portador, los distintos detectores cromatográficos necesitan diversos gases. Los detectores FID, NPD y FPD necesitan una mezcla de aire sintético e hidrógeno para la llama; mientras que el ECD puede necesitar una mezcla de metano con argón y/o nitrógeno. En el detector TCD, los gases necesarios son los mismos que los gases portadores.

Las características más importantes a considerar en los detectores y que pueden verse afectadas por la calidad de los gases empleados son:

- Ruido: es la amplitud de la señal (sin paso de muestra).
- Límite de detección: mínima cantidad de sustancia capaz de dar una señal doble del nivel de ruido.
- Sensibilidad: efectividad de un detector para convertir la muestra en una señal eléctrica medible.
- Linealidad: rango de concentración de muestra para el cual el detector responde de forma proporcional.

Para minimizar el ruido y conservar la sensibilidad, el límite de detección y la reproducibilidad del detector, debe prestarse especial atención tanto a la selección de gases y su calidad, a la de

los materiales y canalizaciones empleados; así como a la instalación de los mismos.

Abelló Linde, S. A. dispone de un amplio abanico de gases de alta pureza especialmente producidos y controlados para su utilización como gases portadores así como gases para detectores.

Además de los gases portadores y de los detectores; hay inyectoros que trabajan a temperatura sub-ambiente; precisando CO₂ "sonda" (o nitrógeno líquido) como refrigerante. También se emplea este método para iniciar rampas de temperatura por debajo de la temperatura ambiente e incluso cuando se necesita reducir los tiempos de enfriamiento del horno.

Todos los métodos cromatográficos son relativos, es decir, es necesario calibrar con patrones conocidos, para cuantificar los compuestos a determinar por comparación con patrones de composición y concentración conocidos.

Entre los detectores más frecuentes podemos destacar los siguientes:

Detector de ionización de llama (FID)

Es uno de los detectores más utilizados en la cromatografía de gases. En él se produce una llama de hidrógeno (H₂)/aire. En esta llama se queman aquellos compuestos que tienen enlaces H-C y se mide la diferencia de potencial producida por los iones formados; este tipo de detector se emplea por tanto para determinar hidrocarburos (C_nH_m) u otros compuestos orgánicos a nivel de ppb. Este detector no es muy adecuado para grupos funcionales como carbonilos, alcoholes, halógenos y aminas ya que producen pocos iones en una llama. Además no es sensible a gases no combustibles como CO₂, SO₂, NO_x ni H₂O. Impurezas de CO₂ en el gas portador pueden inhibir la respuesta del detector y los hidrocarburos producen ruido en la línea base.

Detector de nitrógeno fósforo (NPD)

Es un tipo de detector termiónico de llama (TID), selectivo a compuestos orgánicos que contienen fósforo y nitrógeno. Este detector consiste en una llama de hidrógeno (H₂)/aire pero de mayor sensibilidad y especificidad para este tipo de compuestos que el FID. Es habitual su aplicación para el análisis de plaguicidas con fósforo.



Resumen de las aplicaciones más comunes de los distintos detectores empleados en cromatografía de gases.

Tipo Detector	Muestras aplicables más habituales
(FID) Ionización de llama	Hidrocarburos
(TCD) Conductividad térmica	Detector universal
(ECD) Captura de electrones	Compuestos halogenados
(MSD) Espectrometría de masas	Ajustable a cualquier especie
(NPD) Termoiónico	Compuestos con Nitrógeno y Fósforo
Conductividad eléctrica (Hall)	Compuestos que contienen halógenos, azufre o nitrógeno
(FPD) Fotoionización	Compuestos ionizables por radiación ultravioleta
Transformada de Fourier IR	Compuestos orgánicos

Gases y purzas aconsejadas en métodos de cromatografía de gases.

Detector	Gas portador	Gases detector	Calidad gas según rango de medida			Observaciones
			ppt-100 ppb	100 ppb - 10 ppm	> 10 ppm	
TCD		Hidrógeno Helio Argón Nitrógeno		5.3	5.0	
FID	Hidrógeno Helio Nitrógeno	Hidrógeno Aire Sintético	6.0	5.6-5.3	5.0	A
ECD	Hidrógeno Helio Nitrógeno	Nitrógeno Gas PR5 - PR 10 (Metano + Ar)		Halocarbon-free		B
FPD	Hidrógeno Helio Nitrógeno	Hidrógeno Aire Sintético	6.0	5.6-5.3	5.0	A
PID		Helio Nitrógeno	6.0	5.6-5.3	5.0	C
HID		Helio	7.0-6.0	6.0		D
TID (NPD)	Hidrógeno Helio Argón Nitrógeno	Hidrógeno Aire Sintético	6.0	5.6-5.3	5.0	A
AED	Helio	Helio Nitrógeno Hidrógeno Oxígeno Metano	6.0 6.0 5.0 5.0 4.5	6.0 5.3 5.0 5.0 4.5		E
MSD		Helio	7.0-6.0	6.0		

Observaciones:

- A: Impurezas de hidrocarburos (C_nH_m) en los gases del detector causan ruido en la línea base y empeora el límite de detección. Por tanto el contenido en hidrocarburos debe ser tan bajo como sea posible. También se emplean mezclas de gas 40 % hidrógeno + Helio como gas combustible para FID/FPD.
- B: El detector ECD da una respuesta muy sensible a impurezas de gases, canalizaciones, reguladores, enlaces, juntas, etc. de sustancias con una gran afinidad de electrones, como humedad, oxígeno y CFCs. La humedad y los CFCs causan deterioro en el límite de detección.
- C: Impurezas de hidrocarburos fácilmente ionizables incrementan el ruido de la línea base. El contenido en hidrocarburos debe ser tan bajo como sea posible.
- D: Debido a la tendencia a interferencias del HID, el detector debe trabajar bajo atmósfera protectora.
- E: Junto a la alta pureza del helio como gas portador y plasma, el espectrómetro necesita nitrógeno de alta pureza como gas de purga y varios gases reactivos, dependiendo de los elementos a medir.

Detector fotométrico de llama (FPD)

El detector fotométrico de llama (FPD) permite mediciones sensibles y selectivas de azufre volátil y compuestos de fósforo. El principio de detección es la formación en una llama de hidrógeno (H_2)/aire de especies de azufre excitado (S_2^*) y HPO^* , que emiten luz con longitudes de onda características. Un tubo fotomultiplicador mide la emisión de quimiluminiscencia característica de esas especies. Habitualmente se utiliza nitrógeno (N_2) como gas portador.

Detector de conductividad térmica (TCD)

Es el detector universal de la cromatografía de gases. Puede detectar aire, hidrógeno, monóxido de carbono, nitrógeno, gases inorgánicos, etc. Es un detector no específico y no destructivo. Para la mayoría de moléculas orgánicas la sensibilidad del TCD es menor comparada con el FID. Consta de un puente de Wheatstone, y mide diferencias de potencial debida a la distinta conductividad característica de cada compuesto.

La conductividad térmica del He y del H_2 son aproximadamente de 6 a 10 veces mayores que de la mayoría de compuestos orgánicos, de modo que pequeñas cantidades de materia orgánica, genera una disminución relativamente importante de la conductividad térmica del effluente de la columna, y en consecuencia el detector experimenta un marcado aumento de la temperatura. Las conductividades de otros posibles gases portadores son más parecidas a las de constituyentes orgánicos y por esta razón se emplea habitualmente He como gas portador.

Se recomienda el gas portador con mínimas impurezas de oxígeno y agua, dado que el filamento del detector es fácilmente oxidable, reduciendo su sensibilidad.

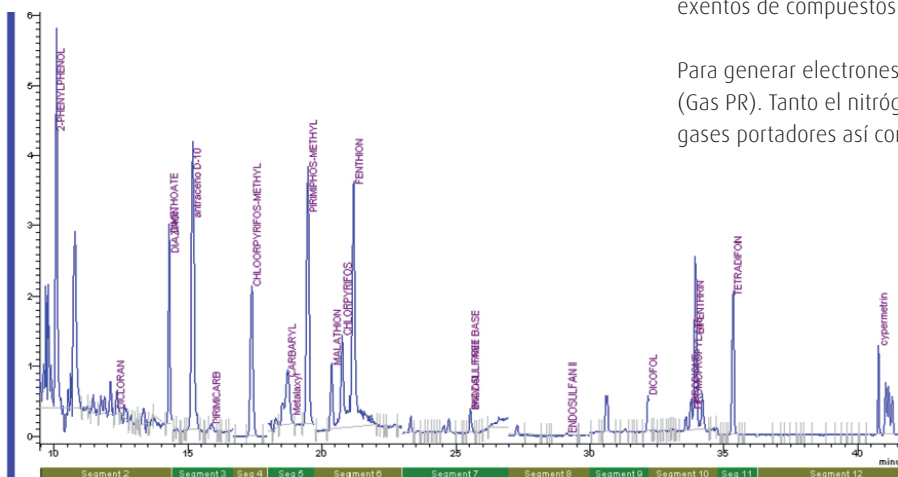


Detector de captura de electrones (ECD)

En el detector de captura de electrones, se emplea una fuente de radiaciones beta, como tritio radioactivo o Ni 63, para ionizar el gas portador y, a su vez, generar electrones. El ECD es un detector de respuesta selectiva, de tal forma que si el effluente contiene moléculas orgánicas con grupos funcionales electronegativos (como halógenos, peróxidos, quinonas, grupos fosforados o nitrogenados), los electrones son capturados y disminuye la corriente registrada. En comparación con la señal sin los componentes de la muestra, la reducción en el flujo de electrones es proporcional a la cantidad de componentes electroafines. No es sensible a grupos funcionales como aminas, alcoholes e hidrocarburos. Aplicación característica del ECD es el análisis de insecticidas clorados.

Un aspecto muy importante en el ECD es el gas portador. Dado que el ECD es sensible al agua, el gas portador debe ser seco. Al mismo tiempo, el contenido en halocarbonados debe ser el menor posible, ya que son compuestos típicos para analizar con ECD. Nitrógeno 5.5 Halocarbon-free HiQ® o Helio 5.0 halocarbon-free HiQ® son los gases recomendados específicos como gases portadores para GC-ECD. Se deben extremar las precauciones en cuanto a la limpieza de las canalizaciones y equipos utilizados, siempre con productos exentos de compuestos halogenados.

Para generar electrones el ECD requiere nitrógeno o metano/argón (Gas PR). Tanto el nitrógeno como el gas PR son utilizados como gases portadores así como gases para el detector.





Detector selectivo de masas (MSD)

En este detector los compuestos separados y eluidos de la columna de separación se ionizan y por la acción de campos magnéticos y eléctricos se analizan en función de sus masas. Es uno de los detectores más potentes actualmente.

Detector de emisión atómica (AED)

En este caso, el eluyente se introduce en un plasma de helio obtenido con microondas que se acopla a un espectrómetro de emisión.

Son también posibles otros tipos de detectores, aunque tal vez menos extendidos y para aplicaciones específicas: Detector de fotoionización UV PID, Detector de ionización de descarga DID, Detector de ionización de helio HID, Infrarrojo de transformada de Fourier FTIR, etc.

Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

La cromatografía líquida utiliza como fase móvil un líquido, el cual va progresando por la columna de separación con la ayuda de una bomba.

La aplicación fundamental de la cromatografía líquida de alta resolución va desde la determinación cuantitativa y cualitativa de aminoácidos y proteínas, vitaminas, ácidos nucleicos, hidrocarburos, plaguicidas, esteroides, compuestos organometálicos, etc.

Habitualmente es necesario eliminar los gases disueltos en los líquidos portadores: por vacío, destilación o mediante un sistema de burbujeo por inyección de Helio para extraer por "stripping" los gases disueltos en la propia fase móvil, generalmente oxígeno y nitrógeno.

Se emplean varios tipos de detectores en el HPLC, entre otros: índice de refracción, UV-visible, detector de fluorescencia, FTIR, conductividad, quimioluminiscencia, detector de masas, detector electroquímico, detector evaporativo de dispersión de la luz (ELSD), detector por diodos array (PDA), etc. Alguno de estos detectores, como el ELSD, requieren una importante corriente de nitrógeno.

Actualmente es habitual encontrar equipos acoplados HPLC / MS. Estos equipos requieren caudales significativos de nitrógeno, del orden de 15 a 20 NI/min; de calidad mayor al 98 %. Determinadas configuraciones o equipos requieren además el uso de gas Argón de alta pureza.



Cromatografía de fluidos supercríticos (SFC)

Una sustancia es conocida como fluido supercrítico cuando se encuentra en condiciones de presión y temperatura por encima de su temperatura y presión críticas (PC: punto crítico). Los fluidos supercríticos se producen por compresión de un gas que se encuentra por encima de su temperatura crítica o por calentamiento de un líquido que se encuentra por encima de su presión crítica.

Los fluidos supercríticos tienen propiedades, como densidad y viscosidad, que son intermedias entre la sustancia en su estado gaseoso y en su estado líquido.

En la cromatografía de fluidos supercríticos (SFC) la fase móvil es un fluido supercrítico. Es un híbrido de cromatografía líquida y de gas. La SFC permite la separación y determinación de un grupo de compuestos que no pueden ser manipulados adecuadamente por la cromatografía líquida ni de gas. Son compuestos no volátiles o térmicamente inestables, de manera que no puede emplearse la cromatografía de gases; y tampoco poseen grupos funcionales que permitan la detección por medio de la cromatografía líquida.

El dióxido de carbono es el fluido supercrítico más usado por su temperatura crítica baja (31° C), presión crítica de 72,9 bar, por ser inerte, por su baja toxicidad y reactividad y alta pureza. Es un excelente solvente para muchas moléculas orgánicas. El dióxido de carbono no disuelve compuestos polares por lo tanto cuando se analizan estos compuestos se puede agregar metanol, éteres cíclicos o ácido fórmico al dióxido de carbono. Será necesario la utilización de Dióxido de Carbono sonda de alta pureza llevado a condiciones supercríticas como gas portador. También se han utilizado como fluidos supercríticos otros compuestos como etano, butano, pentano, dietiléter, óxido nítrico, amoníaco.

El cromatógrafo de fluidos supercríticos consta de un recipiente para la fase móvil, un inyector, una columna en un horno, un restrictor y un detector. Los componentes son similares a los de un cromatógrafo de gases, con la excepción del restrictor; pero diseñados para trabajar a mayores presiones. El restrictor es necesario para mantener la presión por encima del punto crítico.

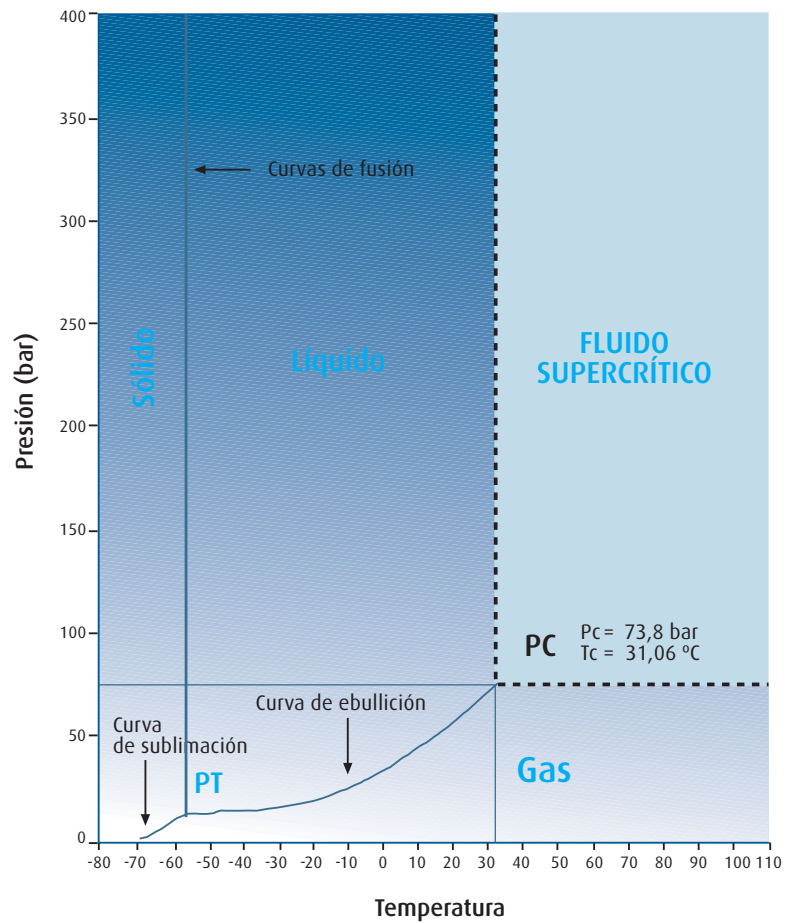
Cuando se usan columnas capilares y dióxido de carbono, prácticamente pueden utilizarse todos los detectores de GC y muchos detectores de cromatografía líquida. Con las columnas empacadas y modificadores orgánicos, el número de detectores disponible es más limitado.

El FID es uno de los más utilizados. Otros detectores empleados son el Detector Fotométrico por Llama (FPD), Detector de Captura de Electrones (ECD) y Espectrómetro de Masas (MS). El empleo de un detector u otro nos indicará los gases del detector y su calidad, además del Dióxido de Carbono 4.5 Sonda empleado como portador.

La cromatografía de fluido supercrítico se ha acoplado a detectores más complejos y a otras técnicas de separación, entre otros: SFC/MS (el efluente de la columna se pasa directamente a la cámara de entrada de un espectrómetro de masas), SFC/FTIR (el efluente de la columna se pasa directamente a la cámara de entrada de un espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier) y SFC/GC (una fracción del efluente de la columna se transfiere a un cromatógrafo de gases).

Diagrama de fases del dióxido de carbono

PT: punto triple
 PC: punto crítico
 Pc: Presión crítica
 Tc: Temperatura crítica



Extracción con fluidos supercríticos (SFE)

Los fluidos supercríticos pueden utilizarse para extraer analitos de las muestras. Las principales ventajas de usar fluidos supercríticos para las extracciones es que son económicos, libres de contaminantes y más seguros que los disolventes orgánicos.

La extracción con fluidos supercríticos (SFE) está basada en el principio por el cual las solubilidades de un fluido supercrítico aumentan significativamente con el aumento de la densidad y en que los diferentes solutos tienen diferentes solubilidades en las mismas condiciones.

La SFE es un importante método de purificación a gran escala de líquidos complejos o matrices sólidas. La mayor ventaja de este método es que el fluido supercrítico puede ser eliminado fácilmente después de la extracción bajando la temperatura o presión o ambas.

El fluido supercrítico se convierte en gas y las especies extraídas se condensan en un líquido o sólido.

Los principales componentes de extractor SFE son una bomba, una cámara de extracción, una cámara de recuperación y un dispositivo de recolección. Para la recolección de los analitos extraídos, luego de la despresurización, se han adoptado dos métodos, estos son SFE online y off-line.

En SFE on-line, los analitos extraídos son acoplados directamente a un sistema de separación cromatográfico. El método off-line permite la extracción y concentración de los analitos para su posterior análisis.

Para generar un fluido supercrítico, se presuriza con una bomba por encima de su presión crítica. Se requiere Dióxido de Carbono Sonda SFE 4.5 .

Métodos electroquímicos



Engloba aquellos métodos instrumentales basados en medir corrientes eléctricas, cargas, potenciales o todos ellos. El electroanálisis es aplicable en los procesos en que se verifica una oxidación, una reducción o ambas y aquellos en los cuales se produce difusión o dilución de las especies con carga (y de las especies sin carga relacionadas).

Estas técnicas incluyen métodos potenciométricos (medición de potenciales), conductimétricos (medición de conductancia, inverso de la resistencia, relacionada directamente con las concentraciones iónicas), métodos coulombimétricos (relaciona el nº de moles de una sustancia que se oxida o que se reduce con la carga total), y métodos voltamperométricos (combina las mediciones de potencial, corriente y tiempo). En estos métodos se detecta la modificación de la corriente (con el transcurso del tiempo) mientras se hace variar el voltaje a la celda electroquímica.

La introducción de dos electrodos en una disolución permite el estudio de ésta mediante la medición de las diferencias de potencial que se aplican entre los electrodos o cualquier otra magnitud física asociada.

La interferencia más común es la cantidad de oxígeno disuelto en la disolución, que puede eliminarse por borboteo con gases inertes como nitrógeno o helio. Con el borboteo la solubilidad del oxígeno en la disolución disminuye, como resultado del desplazamiento del oxígeno por el gas.

Entre los métodos voltamperométricos se incluye la polarografía, en la que se emplea un electrodo de gotas de mercurio; siendo necesaria la purga de la celda con un flujo continuo de nitrógeno; técnica instrumental hoy prácticamente con escasa utilización.

Merecen atención particular la gran cantidad de sensores empleados para la detección y medición de gases en aire en ambientes de trabajo basados en métodos electroquímicos; normalmente para la monitorización en continuo de procesos industriales y seguridad. Suelen ser sensores electroquímicos de tres electrodos. Son sensores para compuestos tan variados entre otros como: amoníaco (NH_3), fosfina (PH_3), arseniuro de hidrógeno (AsH_3), cloruro de hidrógeno (HCl), cloro (Cl_2), flúor (F_2), bromo (Br_2) y dióxido de cloro (ClO_2), diborano (B_2H_6), silano (SiH_4), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), sulfuro de hidrógeno (SH_2), etc.

Para la calibración o verificación de estos sensores se hace imprescindible el uso de gases "zero" y mezclas de gases con concentraciones conocidas del componente detectable.

Métodos térmicos

El análisis térmico engloba un grupo de métodos en los cuales las propiedades físicas o químicas de una sustancia, una mezcla o una reacción son medidas como función de la temperatura o tiempo mientras que la muestra está sujeta a un programa de temperatura controlada.

Al aumentar progresivamente la temperatura de una muestra se puede caracterizar la misma a partir de las transformaciones de las propiedades físicas y químicas que se producen. Normalmente se basan en el estudio de variación de la masa y de absorción o emisión de calor.

Entre las técnicas de Análisis Térmico destacan:

La **Dilatometría (DIL)** determina los cambios dimensionales de los materiales cuando se someten a un programa de temperatura controlada, eventualmente en una atmósfera controlada.

La **Termogravimetría (TG)** está basada en la medida de la variación del peso de una muestra cuando se somete a un programa de temperatura en una atmósfera controlada. El termograma resultante representa la variación del peso frente la temperatura o el tiempo, generando información acerca de la estabilidad térmica de la muestra, velocidades de reacción y composición.

El **Análisis Térmico Diferencial (DTA)** mide la diferencia de temperatura entre la muestra y un material de referencia (térmica, física y químicamente inerte) en función del tiempo o de la temperatura cuando dicha muestra se somete a un programa de temperatura en una atmósfera controlada.

La **Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)** puede ser de dos tipos: flujo de calor o de potencia compensada. En el primer caso, se mide la variación en el flujo de calor entre la muestra y la referencia cuando dicha muestra se somete a un programa de temperatura en una atmósfera controlada. En el segundo caso se mide la potencia que hay que aportar o retirar del sistema para que muestra y referencia se mantengan a la misma temperatura cuando dicha muestra se somete a un programa de temperatura en una atmósfera controlada.

El **Análisis Termomecánico (TMA)** mide la deformación de una muestra cuando se somete a una fuerza constante y a un programa de temperatura en una atmósfera controlada.

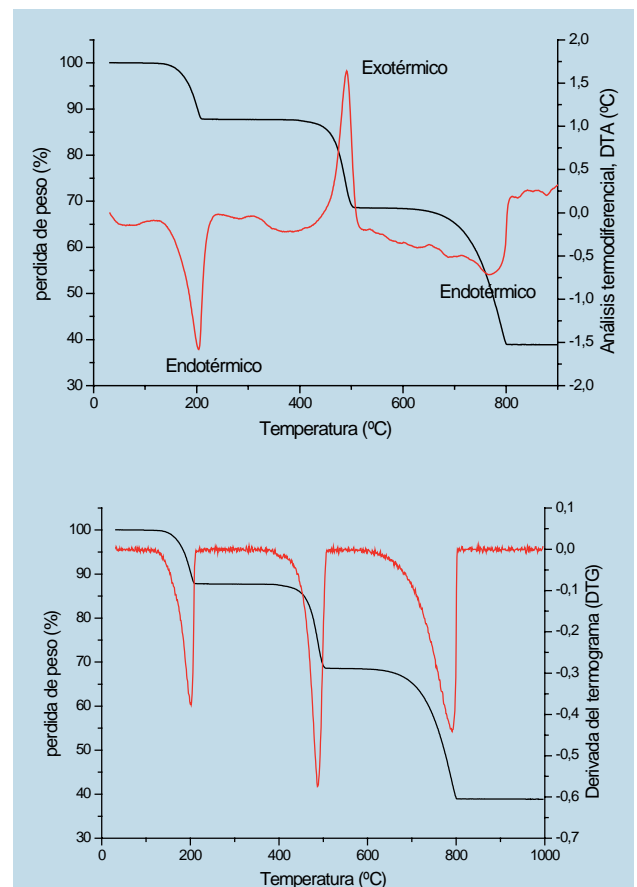
Entre las técnicas **EGA** (Evolved Gas Analysis) destacamos la **Termogravimetría acoplada a Espectrometría de Masas (TG-MS)**. Mediante esta técnica es posible analizar por espectrometría de masas los gases consumidos o emitidos por una muestra cuando es

sometida a un programa de temperatura en una atmósfera controlada y simultáneamente a la evolución de la masa (TG).

Los instrumentos de Termogravimetría consisten en una balanza analítica sensible, un horno, un sistema de gas de purga y un sistema de manejo de datos. La mayoría de los hornos tienen un rango de temperatura que va desde temperatura ambiente a 1600 °C.

La termobalanza necesita un flujo continuo de gas de purga, normalmente nitrógeno, argón o helio. Si la temperatura de trabajo es elevada (1600 °C) se aconseja la utilización de argón puesto que a estas temperaturas el nitrógeno puede ser un gas reactivo. Para termobalanzas que no lleguen a estas temperaturas es suficiente la utilización de nitrógeno. Además de este gas de purga, las termobalanzas suelen disponer de entradas de gas adicionales para introducir gases reactivos directamente sobre la muestra.

En el caso del DSC, es necesario nitrógeno líquido para someter a las muestra a temperaturas por debajo de -196 °C.



Análisis por adsorción de gases

Determinación de propiedades texturales:

La mayoría de los átomos que constituyen un sólido están ligados por todos sus lados por otros átomos. Sin embargo, debido a las fuerzas de van der Waals, los átomos que se encuentran en la superficie del sólido son más reactivos y atraen gas, vapor y líquidos para satisfacer el desequilibrio de las fuerzas atómicas.

Área superficial

Uno de los parámetros fundamentales de los sólidos es su superficie específica. Por ejemplo en los catalizadores, es en su superficie donde tiene lugar el proceso catalítico; en el caso de muchos fármacos, su solubilidad depende en gran medida de su área superficial; estudios de corrosión y adherencia, etc.

Para determinar el área superficial, las muestras sólidas son pretratadas aplicando una combinación de calentamiento, vacío o flujo de gas para limpiar su superficie. Posteriormente el sólido se enfría, bajo vacío, a temperaturas criogénicas. Un adsorbato (generalmente nitrógeno) se pone en contacto con el sólido con incrementos controlados. Después de cada dosis de adsorbato, se permite equilibrar la presión y se calcula la cantidad adsorbida. El volumen de gas adsorbido a cada presión (a temperatura constante) define una isoterma de adsorción, de la que se determina la cantidad de gas requerida para formar una capa monomolecular sobre la superficie externa del sólido y sus poros. Conociendo la superficie cubierta por cada molécula de gas, puede calcularse el área superficial. Aunque es habitual el empleo de nitrógeno, también son frecuentes el uso de kriptón, argón y dióxido de carbono.

Porosidad, tamaño y distribución de poros

La determinación del área superficial implica crear las condiciones para formar una capa monomolecular media de moléculas de gas sobre la muestra. Extendiendo este proceso hasta permitir la condensación del gas en los poros, se puede evaluar la estructura de la muestra. Conforme se incrementa la presión, el gas condensa primero en los poros de menor tamaño. La presión se incrementa hasta que se alcanza la saturación, al tiempo que los poros se llenan de líquido. La presión del gas adsorbato se reduce escalonadamente, evaporando el gas condensado. La evaluación de la adsorción y desorción nos revela información acerca del tamaño y volumen de poro, área del poro y su forma

Determinaciones de propiedades químicas en superficies:

El incremento del precio del petróleo y la demanda de tecnologías limpias ha incrementado el interés industrial por los procesos de separación de hidrocarburos ligeros. En este sentido, el estudio de los procesos de adsorción y desorción de gases en sólidos porosos tiene una gran trascendencia en su aplicación industrial para la separación por medio de tamices moleculares sólidos.

La quimisorción se emplea para determinar la dispersión de metales, el área superficial activa de los metales, el tamaño de partículas activas y la acidez de la superficie de catalizadores.

La quimisorción es la interacción de un gas activo con la superficie de un sólido. Generalmente se asume que una capa quimiadsorbida tiene un espesor de una molécula individual. La eficiencia de un catalizador se relaciona directamente con la densidad de lugares activos en su superficie.

Métodos paramagnéticos

La determinación de oxígeno es importante en muchos procesos industriales. Los métodos para la medición de contenidos de oxígeno son físicos o químicos. Los métodos físicos utilizan la propiedad paramagnética del oxígeno o la conductividad térmica como base para las determinaciones cuantitativas.

La mayoría de los gases son levemente diamagnéticos y son repelidos del campo magnético. El oxígeno es diferente, es un gas paramagnético, lo que significa que es atraído por un campo magnético. Muchos analizadores se basan en las propiedades paramagnéticas del oxígeno.

Para la calibración o verificación de estos equipos se hace imprescindible el uso de gases "zero" y mezclas de gases con concentraciones conocidas de oxígeno.

Analizadores elementales

Distintas empresas fabrican y comercializan instrumentos automáticos para analizar algunos de los elementos más comunes en compuestos orgánicos, determinando el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno. Estos analizadores elementales se sirven de dispositivos de análisis instrumental ya mencionados.

En general, estos equipos se basan en la oxidación/reducción a elevadas temperaturas de los compuestos orgánicos, que convierten a los elementos de interés en moléculas gaseosas. En algunos equipos los gases se separan en una columna cromatográfica y las determinaciones se completan mediante detección por conductividad térmica. En otros, los gases se miden con detectores específicos para cada gas.

El uso general de gases desempeña alguna de estas funciones:

- Se utiliza aire o nitrógeno para el sistema neumático de los analizadores de carbono, hidrógeno y nitrógeno.
- Oxígeno o Aire Sintético como gas comburente en diversos de estos analizadores.
- Hidrógeno o dióxido de carbono como gas de calibración.
- Helio, nitrógeno o argón como gases portadores.

Es importante garantizar gases puros que no contengan trazas de elementos que puedan falsear el análisis.

La diversidad es bastante amplia, así como los distintos principios de funcionamiento o detección: existen analizadores simultáneos de carbono orgánico total (TOC) y nitrógeno total (TN); analizador específico de nitrógeno total por combustión y detección por quimioluminiscencia; TOC por combustión y detección por NDIR, etc.

Por ejemplo, un analizador elemental típico de Carbono/Hidrógeno/Nitrógeno está basado en un proceso que implica la completa e instantánea oxidación de la muestra mediante una combustión con oxígeno puro a una temperatura aproximada de 900°C a 1000°C, dando como productos de combustión CO₂, H₂O y óxidos de nitrógeno. Estos últimos son, a su vez, reducidos en un horno específico de reducción a N₂. Por último, los gases CO₂, H₂O y N₂ son transportados mediante el gas portador (He) y después separados selectivamente en columnas específicas para ser luego desorbidos térmicamente. Finalmente, los gases pasan de forma separada por un detector de conductividad térmica que proporciona una señal proporcional a la concentración de cada uno de los componentes individuales de la mezcla.





Mezclas de gases

La mayor parte de los métodos de análisis instrumental son métodos relativos, siendo necesario el uso de patrones. Muchas técnicas instrumentales necesitan mezclas de gases para su calibración.

Las mezclas de calibración de gases son un grupo de mezclas de gases en las que se tienen en cuenta especiales requerimientos de tolerancia de preparación, incertidumbre y pureza de los componentes empleados.

Fundamentalmente se emplean en la calibración de instrumentos y adicionalmente en la investigación experimental y procesos en los que se requieren mezclas de gases con una composición definida y precisa.

Abelló Linde, S. A. dispone de mezclas de gases estándar para distintos procesos así como mezclas de gases de calibración para las aplicaciones más habituales. Nuestro laboratorio tiene capacidad para fabricar prácticamente cualquier tipo de mezcla de calibración bajo pedido.

ABELLÓ LINDE, S. A. está acreditada por la ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN como laboratorio de calibración de mezclas de gases, según Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2000, para los componentes y concentraciones reflejados en su vigente alcance de acreditación (LC/115). De igual modo, el grupo LINDE y su red internacional unificada de laboratorios, proporciona a Abelló Linde, S. A. la capacidad de ofrecer al cliente mezclas de gases con certificado de calibración acreditado por organismos europeos pertenecientes a la European for Accreditation (EA) de acuerdo a sus respectivos alcances.

El Grupo Linde dispone de diversos laboratorios convenientemente acreditados, entre ellos : Holanda (RvA, K 091), Suiza (SAS, SCS 023), Alemania (DAR, DKD-K-38301), Chequia (CAI, K 2316). Este espectro de acreditaciones en el Grupo Linde, nos permite comercializar patrones de calibración con certificado acreditado de hasta ocho componentes, para múltiples compuestos como Hidrocarburos, NO, NO₂, CO, CO₂, SO₂... en el rango de concentraciones indicado en los alcances de acreditación correspondientes.

El personal de Abelló Linde S. A. podrá facilitarle información mas detallada y aconsejarle la mejor solución para su aplicación concreta.

Abelló Linde, S. A. en sintonía con el Grupo -Linde, división Gas, ha desarrollado el programa de productos HiQ®, una línea de productos, materiales y servicios, diseñados a la medida y con las necesidades concretas de cada aplicación. En esta línea, Abelló Linde S.A. comercializa mezclas de calibración estándar, para determinadas aplicaciones con los componentes, las exigencias técnicas y de calidad necesarias en cada caso.

Para más información solicite nuestro catálogo "Mezclas de gases".





Acrónimos más habituales en análisis instrumental

AAS	<i>Atomic absorption spectrometry</i> Espectrometría de absorción atómica	ICP	<i>Inductively coupled plasma</i> Plasma acoplado por inducción
AES	<i>Atomic emission spectrometry</i> Espectrometría de emisión atómica	IR	<i>Infrared</i> Infrarrojo
AFS	<i>Atomic fluorescence spectrometry</i> Espectrometría de fluorescencia atómica	IRD	<i>Infrared detector</i> Detector infrarrojo
DSC	<i>Differential scanning calorimetry</i> Calorimetría por barrido diferencial	LC	<i>Liquid chromatography</i> Cromatografía líquida
DTA	<i>Differential thermal analysis</i> Análisis térmico diferencial	MS	<i>Mass spectrometer</i> Espectrometría de masas
ECD	<i>Electron capture detector</i> Detector de captura de electrones	MSD	<i>Mass selective detector</i> Detector selectivo de masas
EDXRF	<i>Energy dispersive X-Ray fluorescence</i> Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva	NDXRF	<i>Nondispersive X-Ray fluorescence</i> Fluorescencia de Rayos X no dispersiva
ELCD	<i>Electrolytic conductivity detector</i> Detector de conductividad electrolítica	NIR	<i>Near infrared</i> Infrarrojo cercano
ELSD	<i>Evaporative light scattering detector</i> Detector evaporativo de dispersión de la luz	NDIR	<i>Near infrared detector</i> Detector Infrarrojo cercano
ESCA	<i>Electron spectroscopy for chemical applications</i> (or analysis) = XPS	PID	<i>Photoionization detector</i> Detector de fotoionización
FAAS	<i>Flame atomic absorption spectrometry</i> Espectrometría de absorción atómica de llama	SFC	<i>Supercritical fluid chromatography</i> Cromatografía con fluidos supercríticos
FTD	<i>Flame thermionic detector</i> Detector termoiónico de llama	TG (TGA)	<i>Thermogravimetry</i> Termogravimetría
FAES	<i>Flame atomic emission spectrometry</i> Espectrometría de emisión atómica de llama	TID	<i>Thermoionic ionization detector</i> Detector de ionización termoiónica
FID	<i>Flame ionization detector</i> Detector de ionización de llama	USD	<i>Ultrasonic detector</i> Detector ultrasónico
FPD	<i>Flame photometric detector</i> Detector fotométrico de llama	UV	<i>Ultraviolet</i> Ultravioleta
FTIR	<i>Fourier transform infrared</i> Infrarrojo por transformada de Fourier	VIS	<i>Visible spectral region</i> Región del espectro visible
GC	<i>Gas chromatography</i> Cromatografía de gases	XPS/XPES	<i>X-ray photoelectron spectroscopy</i> Espectroscopía fotoelectrónica de rayos X
GC/IR	<i>Gas chromatography / infrared</i> Cromatografía de gases/infrarrojo	XRD	<i>X-ray diffraction</i> Difracción de rayos X
GC/MS	<i>Gas chromatography / MS</i> Cromatografía de gases/masas	XRF	<i>X-Ray fluorescence</i> Fluorescencia de Rayos X
HPLC	<i>High performance liquid chromatography</i> Cromatografía líquida de alta resolución	WDXRF	<i>Wavelength dispersive X-Ray fluorescence</i> Fluorescencia de Rayos X de longitud de onda dispersiva



Calidad garantizada

Rigurosos procedimientos de producción y envasado y exhaustivos ensayos analíticos de los gases garantizan el cumplimiento de las especificaciones dadas en cuanto al nivel máximo de impurezas admisibles en cada botella. Para ello, Abelló Linde, S.A. emplea métodos analíticos como los que se exponen en el presente catálogo: cromatografía de gases con distintos detectores, espectrometría de masas, espectrometría FTIR, espectrometría de absorción atómica, etc.

Getting ahead through innovation.

Con sus conceptos innovadores para el suministro de gas, Linde Gas ha sido pionera en el mercado internacional. Como líder tecnológico, nuestra tarea es seguir avanzando constantemente. Caracterizada por su espíritu emprendedor, Linde Gas trabaja de manera constante para conseguir productos de calidad superior y procesos innovadores.

Linde Gas ofrece más. Creamos valor añadido, claras ventajas competitivas y una mayor rentabilidad. Cada concepto está diseñado a medida para satisfacer las necesidades exactas de nuestros clientes de forma exclusiva. Esto es aplicable a todas las industrias y todas las compañías, independientemente de su tamaño.

Si quiere seguir el ritmo de la evolución del mercado, necesita un socio colaborador a su lado para quien la calidad superior, la optimización de procesos y la productividad mejorada son parte del quehacer empresarial diario. Sin embargo, para Linde Gas la colaboración es mucho más que estar a su disposición; para nosotros es más importante estar a su lado. Después de todo, las actividades conjuntas son la esencia del éxito comercial.

Linde Gas - ideas become solutions.

www.linde-gas.com

12439/0705

Abello Linde, S.A.
Delegaciones



Región Nordeste:

Bailén, 105 - 08009 BARCELONA
Tel. Call Center: 902 426 462 - Fax: 902 181 078
e-mail: ccenternordeste@es.linde-gas.com

Región Centro:

Ctra. Alcalá - Daganzo, km. 3,8 - Pol. Ind. Bañuelos, c/. Haití, 1
28806 ALCALÁ DE HENARES (Madrid)
Tel. Call Center: 902 426 464 - Fax: 918 776 110
e-mail: ccentercentro@es.linde-gas.com

Región Levante:

Camino de Liria s/n, Apdo. de Correos, nº 25
46530 PUÇOL (Valencia)
Tel. Call Center: 902 426 463 - Fax: 961 424 143
e-mail: ccenterlevante@es.linde-gas.com

Región Sur:

Gibraltar, s/n - 11011 CÁDIZ
Tel. Call Center: 902 426 465 - Fax: 956 284 051
e-mail: ccentersur@es.linde-gas.com

Abelló Linde, S.A.

Bailén, 105 - 08009 Barcelona • Tel.: 934 767 400* - Fax: 932 075 764
E-mail: info@abellolinde.com • www.abello-linde-sa.es

Abelló Linde