

Lámparas de cátodo hueco

Estudio comparativo



Figura 1. Lámpara de cátodo hueco de cadmio (Cd) de Agilent

La lámpara de cátodo hueco es una lámpara de descarga diseñada para su uso como fuente de línea espectral con espectrómetros de absorción atómica (AA). Se necesita una lámpara de cátodo hueco de uno o varios elementos para cada elemento que se determine utilizando la técnica AA. El requisito clave para la lámpara de cátodo hueco es generar una línea de emisión estrecha para el elemento que se está determinando. La línea de emisión debería tener una pureza espectral y una intensidad suficientes para conseguir una buena calibración (a ser posible lineal) con un nivel de ruido bajo.

Aunque muchos usuarios asumen que el rendimiento en las lámparas de diferentes fabricantes debe ser el mismo, a menudo presentan diferencias notables que pueden afectar la precisión y fiabilidad de los resultados de AA. Los problemas de rendimiento habituales pueden ser:

- Baja sensibilidad, lo que deteriora la capacidad de detección.
- Estabilidad deficiente o alto nivel de ruido, lo que deteriora la precisión y la exactitud.
- Exceso de curvatura de la calibración, que reduce el rango dinámico lineal.
- Estabilidad deficiente de la lámpara, que puede hacer perder el tiempo con la resolución de problemas y el análisis de las muestras y al mismo tiempo mermar la productividad.
- Corta vida útil de la lámpara, lo que incrementa los costes operativos rutinarios, ya que se necesitan más repuestos.

En este artículo se compara el rendimiento de las lámparas de cátodo hueco de diferentes proveedores, y se centra en los aspectos críticos para su rendimiento.

Historia de las lámparas de Agilent

La experiencia de Agilent con las lámparas de cátodo hueco comenzó a principios de la década de 1960, cuando en Ransley Glass, trabajábamos con el personal de la sección de espectroscopia y el laboratorio de instrumentos de la división de química física del CSIRO (Australia) para desarrollar y fabricar una gama de lámparas fiables cuando la técnica AA estaba todavía en ciernes. A medida que la demanda de lámparas crecía gracias a la rápida evolución de la técnica AA, Ransley Glass suministraba lámparas para su uso con Techtron, PerkinElmer y otros fabricantes de instrumentos. Ransley Glass creció hasta convertirse en Atomic Spectral Lamps, que más tarde se fusionó con Techtron Pty. Ltd. Techtron se fusionó con Varian Associates en 1967 para convertirse en Varian Techtron Pty. Ltd. Varian Associates a su vez fue adquirida por Agilent Technologies, Inc. en mayo de 2010. Como se destaca en esta breve historia, Agilent tiene experiencia continuada en el desarrollo, producción y mejora de lámparas desde los albores de la técnica AA.

Fabricación de lámparas de Agilent

La fabricación de lámparas de cátodo hueco es un proceso complejo que requiere experiencia en disciplinas muy diversas, como el soplado de vidrio, técnicas de soldadura de cuarzo o vidrio, fabricación de aleaciones metálicas y de especies intermetálicas y técnicas de purificación o estabilización de lámparas.

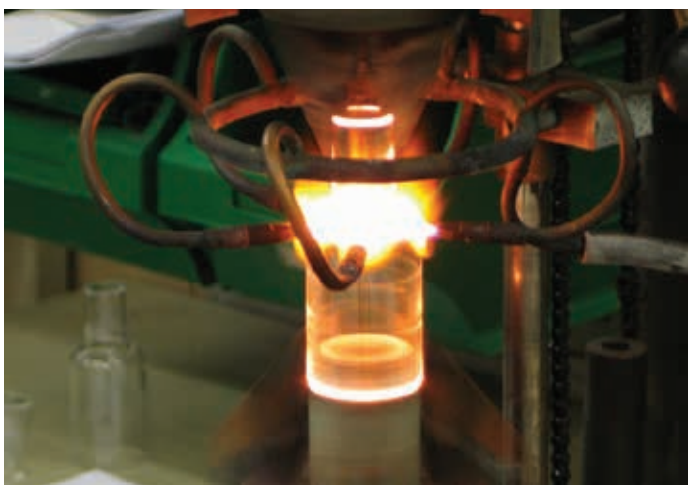


Figura 2. Las lámparas de Agilent se fabrican a mano en una instalación certificada según la norma ISO 9001 para garantizar el rendimiento y la fiabilidad. Aquí el sello graduado se suelda a la base de la lámpara.

En la primera fase de fabricación de las lámparas de cátodo hueco de Agilent, la estructura de la lámpara se monta a partir de componentes prefabricados en el casquillo de la lámpara. Esto incluye el soporte del cátodo y el ensamblaje del ánodo. El cátodo se prepara en una zona de fabricación diferente, que se aísla para garantizar su pureza y, en caso necesario, para proteger los materiales del cátodo de su degradación. El cátodo se monta en el soporte y la lámpara se sella soldando el sello graduado (con la ventana de cuarzo en la mayoría de las lámparas) al cuerpo de la lámpara (Figura 2). La lámpara completamente montada y sellada se somete a un proceso exclusivo de purificación y estabilización.

La purificación de la lámpara es el paso más crítico, ya que su objetivo es eliminar las impurezas del cátodo. Esto se consigue desgasificando la lámpara a una temperatura alta adecuada en condiciones de alto vacío. Durante esta etapa de purificación, se deposita una capa del material del cátodo en el interior del envoltorio de vidrio de la lámpara. La cantidad de material depositado varía en función de la volatilidad del cátodo.

La operación de purificación también emplea el bombardeo iónico del ánodo de circonio. Esto evapora y deposita una pequeña cantidad del material anódico de circonio dentro del envoltorio de la lámpara. Esto crea la característica zona de recogida negra de la lámpara Agilent (Figura 3). Esta película de circonio es altamente reactiva y actúa como un purificador muy eficiente de las impurezas de gases como el oxígeno y el hidrógeno. Después del último llenado de gas, esta zona de recogida activa absorbe cualquier impureza de gas remanente y garantiza una mayor vida útil de la lámpara y una pureza espectral durante toda su vida útil.



Figura 3. El punto negro visible en la lámpara Agilent es la zona de recogida activa creada deliberadamente para prolongar la vida útil de la lámpara y asegurar una pureza espectral continuada.

Después de la purificación, la lámpara se llena con gas puro de calidad espectroscópica (neón para la mayoría de las lámparas) y se sella. A continuación, las lámparas se utilizan en condiciones controladas durante varias horas para acondicionar y estabilizar la lámpara antes de las pruebas de rendimiento finales. El prolongado procesamiento y el uso de materiales espectroscópicamente puros garantizan un rendimiento fiable y una larga vida útil para las lámparas de cátodo hueco de Agilent.

Factores de rendimiento de la lámpara

El rendimiento de cualquier lámpara de cátodo hueco varía en función de numerosos factores del diseño. Entre los principales parámetros se incluyen la composición del cátodo, la presión interna del gas, el diámetro del orificio del cátodo hueco y la corriente de operación. En la mayoría de las lámparas, los parámetros de operación recomendados se han optimizado para lograr un rendimiento general óptimo. Por ejemplo, el uso de una corriente más alta que la recomendada puede aumentar la intensidad de la lámpara; sin embargo, esto reduce su vida útil a medida que aumenta la velocidad de pulverización catódica y el relleno de gas se agota a un ritmo más rápido. Una mayor corriente de operación también puede distorsionar la forma del pico de emisión y reducir con ello la sensibilidad. Las lámparas de diferentes fabricantes utilizan distintos parámetros de operación recomendados para sus lámparas en función de su diseño específico. Esto significa que el usuario puede observar cambios importantes de rendimiento al comparar lámparas de diferentes fabricantes.

La vida útil de la lámpara depende en gran medida de la presión interna del gas que haya en su interior. Cuando la lámpara está en funcionamiento, los átomos del gas de llenado se adsorben gradualmente en las superficies interiores de la lámpara. Esto "consume" el gas situado dentro de la lámpara, con lo que se reduce gradualmente la presión del gas. Cuando la presión del gas en la lámpara es demasiado baja, la descarga no es eficaz. Aunque aún pueda haber un resplandor en la lámpara, no se puede detectar emisión atómica. Esto define la vida útil operativa de la lámpara. Sin embargo, la presión interna del gas influye también en la intensidad de emisión y en la sensibilidad lograda. Aunque lo deseable es tener un alto nivel de llenado de gas para lograr una vida útil de la lámpara prolongada, esto puede reducir la intensidad de emisión y propiciar una sensibilidad menor debido a la autoabsorción dentro de la lámpara. Una vez más, puede ser necesario lograr un compromiso en el llenado de gas para garantizar una adecuada vida útil de la lámpara, a la par que se consigue una buena intensidad de emisión y un buen rendimiento de la relación señal a ruido (S/N).

Metodología de pruebas para la lámpara

Para las pruebas de rendimiento, se seleccionaron lámparas para los siguientes elementos: arsénico (As), selenio (Se), cadmio (Cd), plomo (Pb), oro (Au), cobre (Cu) y sodio (Na). Se seleccionaron estos elementos con el fin de abarcar el intervalo completo de longitudes de onda detectables por un espectrómetro de absorción atómica (AAS). Los resultados presentados aquí se basan en la evaluación de las lámparas fabricadas en 2014 y 2017.

Se seleccionaron el arsénico y el selenio porque ambos elementos presentan una intensidad relativamente baja, debido a la dificultad en ser sometidos a pulverización catódica y excitados, y porque las líneas de emisión primarias se encuentran en la región UV baja a 193,7 nm y 196,0 nm respectivamente.

Se seleccionaron el cadmio y el plomo porque ambos son elementos más volátiles y fáciles de excitar. La alta volatilidad implica que, si bien resulta fácil alcanzar una buena intensidad, puede ser difícil lograr una prolongada vida útil porque el cadmio y el plomo pueden ser eliminados del cátodo por completo por pulverización, mucho antes de que se agote el gas de llenado en el interior de la lámpara. Por lo tanto, aunque todavía pueda quedar un resplandor visible del cátodo, el instrumento no puede detectar ninguna línea de emisión útil en la longitud de onda analítica seleccionada. La lámpara de plomo de Agilent se volvió a someter a prueba en 2017 puesto que en agosto de 2015 se introdujo una nueva formulación de los cátodos. Este cambio se hizo para mejorar la vida útil de la lámpara y conservar o mejorar el rendimiento analítico.

Se seleccionaron el oro y el cobre porque las longitudes de onda analíticas preferidas se encuentran en la región UV, a 242,8 nm y 324,8 nm, respectivamente. Las intensidades logradas con ambas lámparas son estables durante periodos de tiempo prolongados.

Se seleccionó el sodio porque sus longitudes de onda primarias se encuentran en la región visible alrededor de 589 nm y los átomos obtenidos por pulverización son fácilmente ionizables. Esto puede reducir la emisión de la lámpara, de modo que esta no resulte apta para el análisis.

En esta comparación se sometió a prueba el rendimiento de las lámparas de los siguientes fabricantes:

Photron Pty. Ltd, Australia

(fabricado en Tailandia) – probado en 2014

- Lámpara de cátodo hueco de Pb con referencia P828 – N.º serie HKH0258
- Lámpara de cátodo hueco de Se con referencia P849 – N.º serie HKC0996

Heraeus Noblelight GmbH, Alemania

(fabricado en China) – probado en 2014

- Lámpara de cátodo hueco de Pb con referencia 80079139 – N.º serie 13100447
- Lámpara de cátodo hueco de Se con referencia 80079417 – N.º serie 12350467

Beijing ShuGuang-Ming Electronic Lighting Instrument Co. Ltd. (SGM), China

Probado en 2017

- Lámparas de cátodo hueco para Pb – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 34000, 34003, 34008 y 33051)
- Lámparas de cátodo hueco para Au – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 8431, 8429, 8443 y 8462)
- Lámparas de cátodo hueco para Cu – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 31254, 32412, 32444 y 32445)
- Lámparas de cátodo hueco para Na – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 7232, 10639, 10648 y 12716)
- Lámparas de cátodo hueco para Cd – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 23376, 23412, 27004 y 27180)
- Lámparas de cátodo hueco para As – Cant. 4 (sin referencia – N.º serie 13515, 13518, 13526 y 13531)

Probado en 2014

- Lámpara de cátodo hueco para Pb (sin referencia – N.º serie 17282)
- Lámpara de cátodo hueco para Se - (sin referencia – N.º serie 2973)

General Research Institute for Non-Ferrous Metals (GRINM), China

Probado en 2017

- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Pb
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Au
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Cu
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Cd
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Na
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para As – Cant. 2

Probado en 2014

- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Pb
- Lámpara de cátodo hueco de tipo As-1 para Se

Varsal Instruments, EE.UU. (fabricado en China) –

Probado en 2014

- Lámpara de cátodo hueco para Pb de tipo 1,5 pulg. (sin referencia – N.º serie Pb 17970)
- Lámpara de cátodo hueco para Se de tipo 1,5 pulg. (sin referencia – N.º serie Se 3036)

Las lámparas de estos fabricantes fueron probadas y comparadas utilizando los siguientes criterios de rendimiento:

- Intensidad de emisión
- Sensibilidad analítica (incluidos los límites de detección)
- Linealidad de la calibración
- Vida útil de la lámpara
- Estabilidad de la lámpara a corto y largo plazo
- Facilidad de uso

Todas las pruebas se realizaron con un instrumento AA de Agilent. A continuación se describen las razones para seleccionar estos aspectos específicos del rendimiento de la lámpara y la metodología de pruebas utilizada.

Intensidad de emisión

Cada línea analítica de una lámpara de cátodo hueco tiene una intensidad característica que se vincula con el rendimiento observable de la relación señal a ruido. Cuanto mayor sea la intensidad, menor será el nivel de ruido. Como se ha mencionado anteriormente, el uso de una corriente de lámpara más alta puede aumentar la intensidad de la lámpara y reducir su vida útil y su sensibilidad. Como cada fabricante de lámparas recomienda diferentes parámetros de operación, suele haber variaciones en la intensidad de emisión entre las distintas lámparas.

Para activar la optimización de la posición de la lámpara en el instrumento AA de Agilent, el usuario selecciona los parámetros de operación necesarios (longitud de onda, posición de rendija y corriente de operación) y optimiza la posición de la lámpara para lograr el máximo rendimiento luminoso a lo largo del paso de luz. Una vez que la lámpara está correctamente alineada, la intensidad de la emisión relativa se puede determinar como el porcentaje de ganancia que se muestra en la pantalla de optimización de la lámpara. La corriente de la lámpara utilizada para esta prueba fue la recomendada por el fabricante. Un porcentaje menor de ganancia indica que la intensidad de emisión de la lámpara era mayor (figura 4).

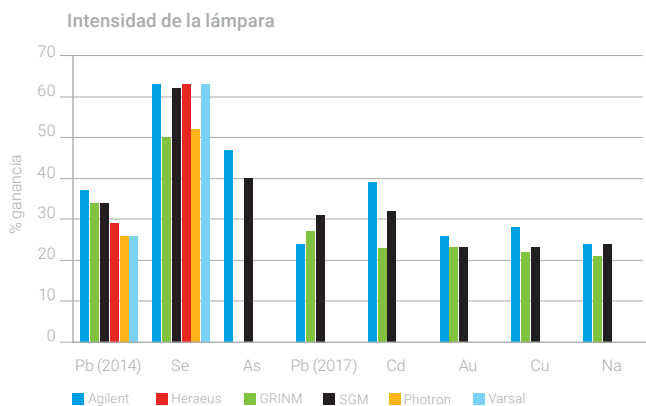


Figura 4. Intensidad relativa de las lámparas de cátodo hueco de plomo (Pb), selenio (Se), arsénico (As), cadmio (Cd), oro (Au), cobre (Cu) y sodio (Na). La ganancia de la lámpara Agilent es comparable a la de muchas de las lámparas de la competencia.

Linealidad de la calibración y límites de detección

La linealidad de la calibración depende de la ausencia de líneas de emisión interferentes próximas (influidas por la composición del cátodo) y de la corriente de operación recomendada. Allí donde haya líneas de emisión interferentes próximas, el uso de una corriente de operación más alta podría incrementar la prominencia de la línea de resonancia principal, con lo que se reducen los efectos de la interferencia. En su lugar, se puede utilizar una rendija estrecha para mejorar la resolución e identificar la línea de resonancia de la línea interferente. Sin embargo, esto disminuye el rendimiento de la luz y aumenta el ruido y las cifras de ganancia porcentual. El uso de una corriente de operación más alta también puede distorsionar el pico de emisión y reducir así la sensibilidad e introducir una curvatura pronunciada en la calibración.

Por tanto, la mayoría de las lámparas utilizan parámetros de operación optimizados, que equilibran las variables para obtener la mejor sensibilidad, junto con un alto rendimiento de la relación señal a ruido y una correcta vida útil de la lámpara.

La linealidad de la calibración se evaluó mediante la superposición de las curvas de calibración obtenidas para cada lámpara. Se utilizó el mismo conjunto de patrones, y las lámparas se utilizaron con la corriente de operación recomendada por el fabricante (Figuras 5 a 11).

Los límites de detección del instrumento también se calcularon a partir de la desviación estándar de 10 lecturas consecutivas de blanco (Tabla 1).

Tabla 1. Límites de detección del instrumento calculados a partir de la desviación estándar en lecturas consecutivas de blanco para las lámparas de cátodo hueco seleccionadas. La lámpara de Agilent proporcionó el límite de detección más bajo (mejor) para arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), oro (Au) y cobre (Cu); el segundo más bajo (mejor) para selenio (Se) y un límite de detección comparable para sodio (Na).

Fabricante de la lámpara	Límite de detección medido en mg/l (3 sigma)							
	Probado en el año 2014			Probado en el año 2017				
	Pb (283,3 nm)	Se	As	Pb (217,0 nm)	Cd	Au	Cu	Na
Agilent	0,05	0,97	0,21	0,010	0,0007	0,005	0,001	0,0008
Heraeus	0,08	0,97	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Photron	0,31	1,06	NT	NT	NT	NT	NT	NT
SGM	0,13	1,41	0,41	0,025	0,0011	0,019	0,009	0,0008
GRINM	0,08	1,00	*	0,027	0,0039	0,008	0,091	0,0007
Varsal	0,08	0,57	NT	NT	NT	NT	NT	NT

* Las lámparas de As de GRINM no se pudieron utilizar NT: no sometido a test

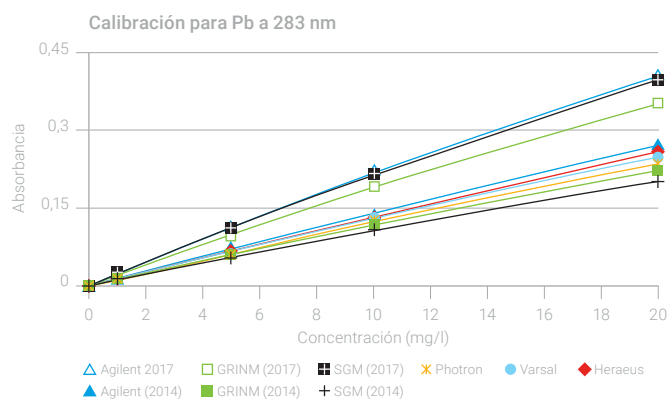


Figura 5. Comparación de las curvas de calibración del plomo (Pb) a 283,3 nm, a partir de las pruebas realizadas en 2014 y 2017. En todos los casos, la lámpara Agilent proporcionó mejor sensibilidad, especialmente a concentraciones más bajas. La lámpara de plomo de Agilent probada en 2017 tiene una composición del cátodo mejorada, lo que explica la variación en la sensibilidad con respecto a la lámpara probada en 2014.

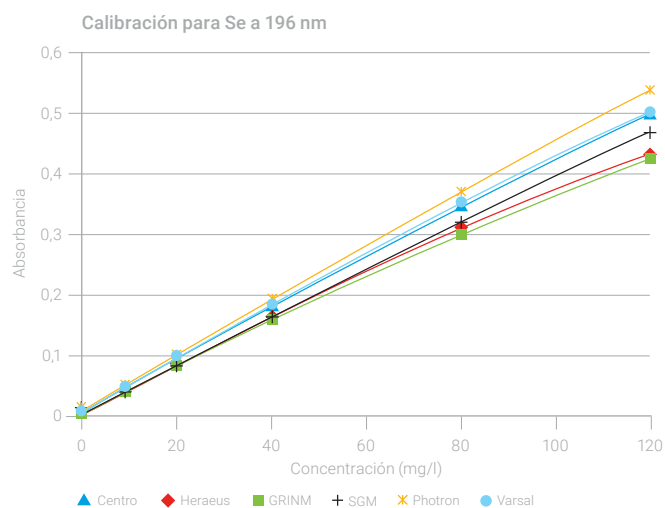


Figura 6. Comparación de las curvas de calibración del selenio (Se) a 196,0 nm. La lámpara de Agilent ocupa el segundo lugar en términos de sensibilidad, y su rendimiento es comparable al de la lámpara de Varsal. Sólo la lámpara de Photron proporciona una sensibilidad mayor, con límites de detección similares.

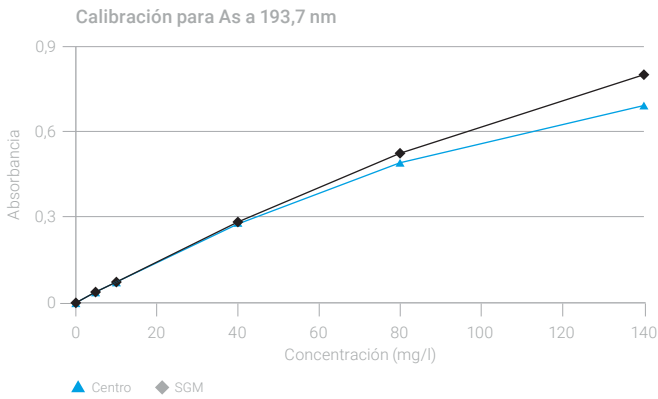


Figura 7. Comparación de las curvas de calibración del arsénico (As) a 193,7 nm. La lámpara de Agilent muestra una curvatura ligeramente superior respecto de la de SGM, sin embargo, la lámpara de Agilent ofrece una mejor sensibilidad a concentraciones más bajas. Las lámparas de GRINM también se sometieron a prueba, pero dejaron de funcionar antes de completar el estudio.

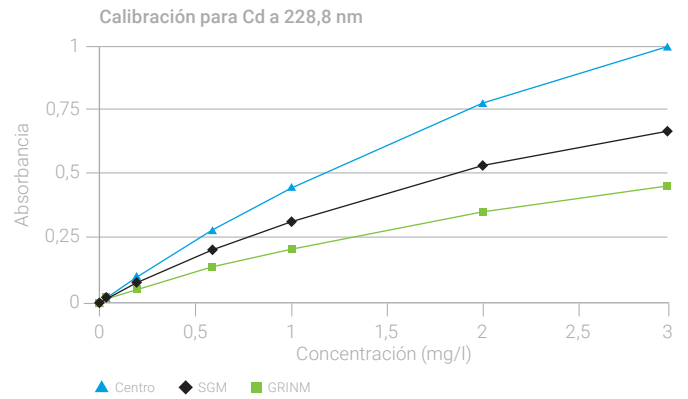


Figura 10. Comparación de las curvas de calibración del cadmio (Cd) a 228,8 nm. La lámpara de Agilent es la que proporciona mejores sensibilidad y linealidad.

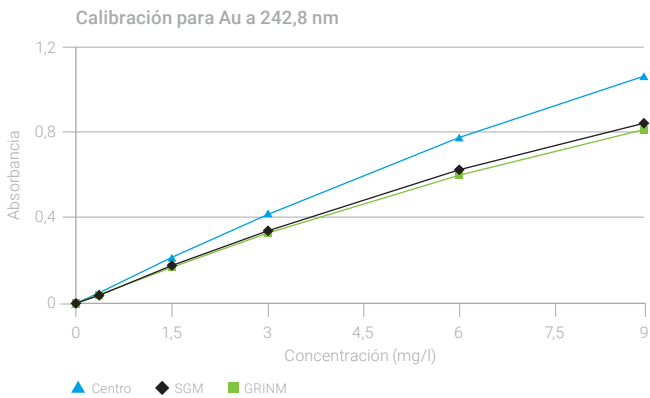


Figura 8. Comparación de las curvas de calibración del oro (Au) a 242,8 nm. La lámpara de Agilent es la que proporciona mejores sensibilidad y linealidad.

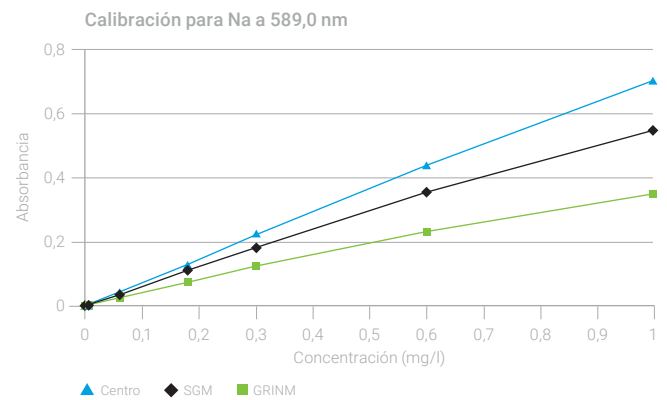


Figura 11. Comparación de las curvas de calibración del sodio (Na) a 589,0 nm. La lámpara de Agilent es la que proporciona mejores sensibilidad y linealidad.

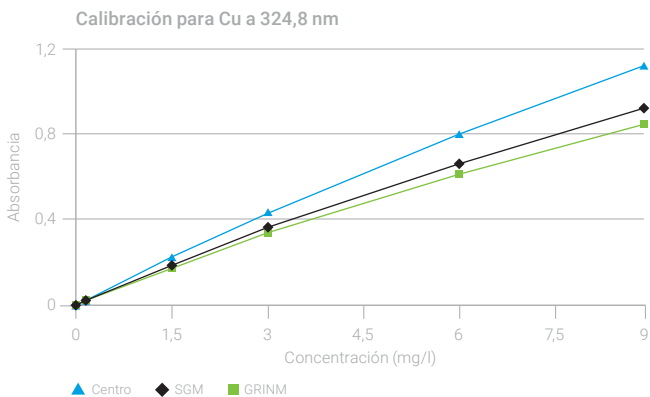


Figura 9. Comparación de las curvas de calibración del cobre (Cu) a 324,8 nm. La lámpara de Agilent es la que proporciona mejores sensibilidad y linealidad.

Estabilidad de la lámpara

Para conseguir el mejor rendimiento y la mayor estabilidad, siempre se recomienda esperar un tiempo para que las lámparas de cátodo hueco se calienten (después de encenderlas) antes de comenzar el análisis. Las lámparas que requieren tiempos de estabilización excesivos o aquellas que nunca alcanzan el equilibrio presentan un problema para los analistas. Una vez comienza el análisis, la deriva en la intensidad de la lámpara cambiará la señal analítica, lo que introducirá errores significativos. Esto resulta especialmente crítico en niveles de trazas, donde la deriva puede ser mayor que la absorbancia de la muestra. La estabilidad a corto plazo de las lámparas se determinó mediante la monitorización de la señal de emisión de la lámpara de forma continuada durante un período de 20 minutos (después de un tiempo de calentamiento adecuado, normalmente de 10 minutos) (figuras 12 y 13).

La estabilidad a largo plazo de las lámparas se determinó mediante la lectura de la absorbancia para un patrón que proporcionaba un buen rendimiento de la relación señal a ruido cada 2 minutos durante una hora (después de un tiempo de calentamiento adecuado, normalmente de 10 minutos) (Figuras 14 y 15).

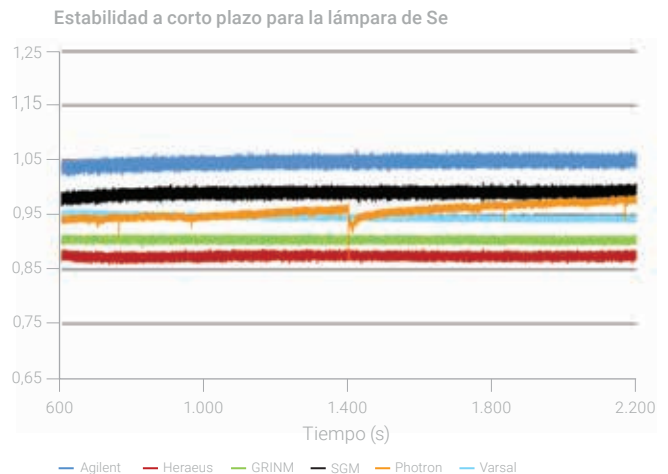


Figura 12. Estabilidad a corto plazo para lámparas de selenio (Se), después de un calentamiento de 10 minutos. Aunque la mayoría de las lámparas mostraron una estabilidad adecuada, la señal para la lámpara de Photron presentó grandes picos y nunca llegó a estabilizarse.

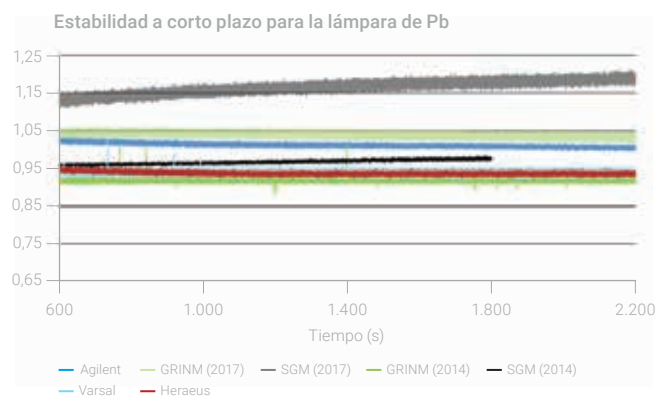


Figura 13. Estabilidad a corto plazo para lámparas de plomo (Pb), después de un calentamiento de 10 minutos. Mientras que las lámparas de Agilent y Heraeus presentaron una estabilidad adecuada, las señales para las lámparas tanto de Varsal como de GRINM presentaron grandes picos. Las lámparas de SGM no llegaron a estabilizarse.

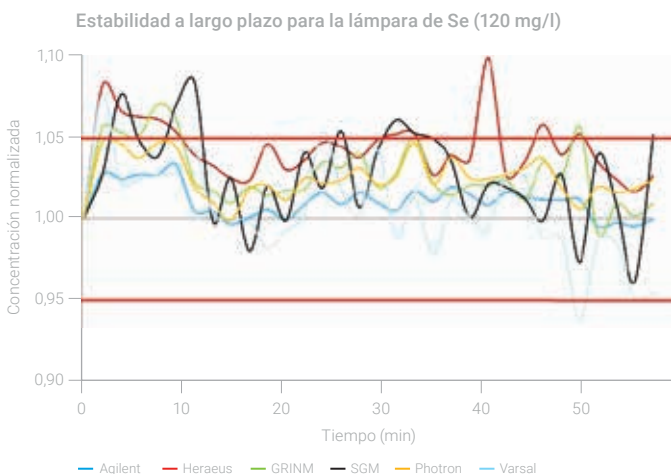


Figura 14. Estabilidad a largo plazo para lámparas de selenio (Se) basada en la absorbancia medida para un patrón de calibración de 120 mg/l. Las líneas rojas continuas muestran límites de control con un $\pm 5\%$ de variación del resultado esperado. La lámpara de Agilent muestra la mejor estabilidad. La precisión media de la lámpara de Agilent fue $<1\%$ de RSD durante este período de 1 hora, frente a $<3\%$ de RSD para la lámpara de Varsal.

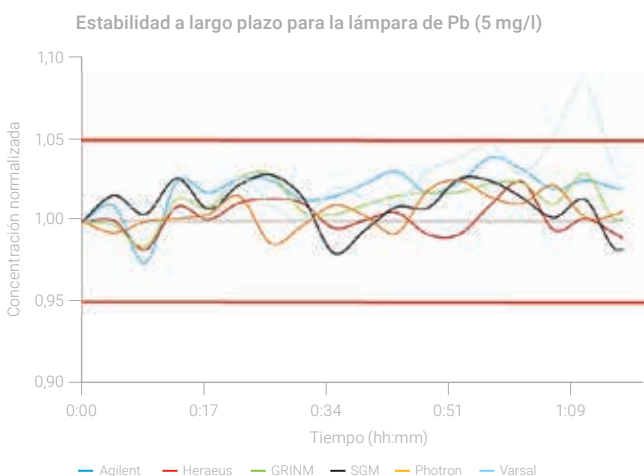


Figura 15. Estabilidad a largo plazo para lámparas de plomo (Pb) basada en la absorbancia medida para un patrón de calibración de 5 mg/l. Las líneas rojas muestran límites de control con un $\pm 5\%$ de variación del resultado esperado. La lámpara de Agilent muestra una buena estabilidad con una precisión media $<1,6\%$ de RSD durante este período de 1 hora, frente a $>2\%$ de RSD, el peor resultado, para la lámpara de Varsal.

Vida útil de la lámpara

Como se ha indicado anteriormente, la vida útil de la lámpara depende del llenado de gas en su interior, pero puede ser necesario lograr un compromiso en el llenado de gas para garantizar también una buena intensidad de emisión y un alto rendimiento en la relación señal a ruido.

La vida útil de la lámpara se determinó haciéndola funcionar de forma continuada (con la corriente de operación recomendada por el fabricante) hasta que se produjo un fallo. En este contexto, se consideró que el fallo se debía a una emisión no detectable de la lámpara o a una señal excesivamente inestable. Las horas de funcionamiento transcurridas se calcularon y se muestran como el número total de miliamperios hora (corriente de operación de la lámpara x horas de uso transcurridas) hasta el fallo (Figuras 16 y 17).

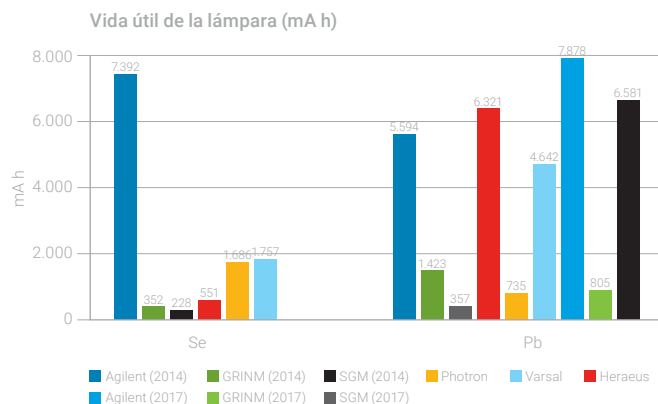


Figura 16. Vida útil de las lámparas de selenio (Se) y plomo (Pb). La lámpara de Agilent presentó la vida útil más larga para ambos elementos, más de 4 veces superior a la del competidor más cercano para la lámpara de Se y alrededor de un 20% más prolongada que la del competidor más cercano para la lámpara de Pb. La lámpara de plomo de Agilent probada en 2017 tiene una composición del cátodo mejorada, lo que aumenta tanto la vida útil como el rendimiento respecto de la lámpara probada en 2014.

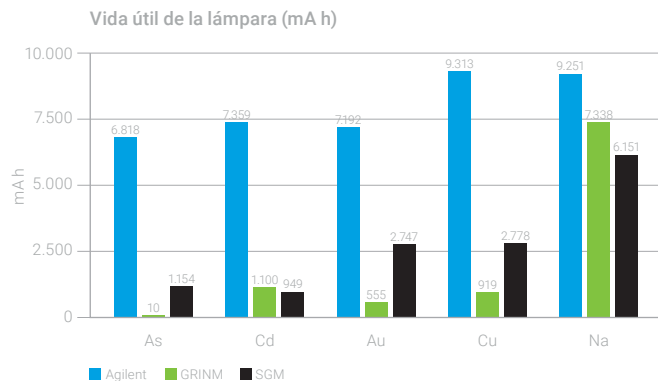


Figura 17. Vida útil de las lámparas de arsénico (As), cadmio (Cd), oro (Au), cobre (Cu) y sodio (Na). La lámpara de Agilent presentó la vida útil más larga para todos los elementos, más de 2,5 veces superior a la del competidor más cercano para la mayoría de los elementos y alrededor de un 25% más prolongada que la del competidor más cercano para la lámpara de Na.

Facilidad de uso

El fabricante de la lámpara puede ayudar a los usuarios habituales y primerizos de los instrumentos AA con el funcionamiento de la lámpara mediante directrices claras, como las condiciones de funcionamiento recomendadas. Aunque es menos crítico para los usuarios experimentados, sigue siendo una consideración importante para los usuarios principiantes o para cualquier usuario que vaya a cambiar de lámpara.

Agilent proporciona directrices claras para cada una de sus lámparas de cátodo hueco. Las condiciones de operación recomendadas se muestran en la etiqueta del casquillo de la lámpara. Para obtener información analítica más detallada, el analista puede consultar la hoja de condiciones de funcionamiento recomendadas que se suministra con cada lámpara. Esta detalla todas las longitudes de onda que se pueden emplear con las intensidades y sensibilidades relativas para cada elemento, además de las anchuras de rendija recomendadas para garantizar el mejor rendimiento (Figura 18).

Las lámparas de otros fabricantes evaluadas en esta comparativa no facilitaban las mismas directrices. La documentación suministrada con las lámparas de SGM y GRINM no fue en absoluto satisfactoria, pues las condiciones de funcionamiento recomendadas eran sumamente difíciles de entender.



Figura 18. Detalle de la etiqueta fijada en cada lámpara de Agilent, que ilustra las condiciones de funcionamiento recomendadas para ayudar al usuario.

¿Qué hace diferente a las lámparas de Agilent?

Como muestra esta comparativa, las lámparas Agilent ofrecen numerosas ventajas para los usuarios de AA.

- **Rendimiento óptimo:** la combinación de una composición del cátodo patentada y los procedimientos exclusivos de procesamiento de las lámparas garantiza una buena intensidad y sensibilidad, un nivel de ruido bajo y un funcionamiento estable a largo plazo.
- **Mayor vida útil:** los usuarios pueden esperar una mayor vida útil gracias a la composición del cátodo patentada y al llenado óptimo de gas dentro de la lámpara. La vida útil típica de las lámparas Agilent supera los 5000 mA hora de funcionamiento.
- **Mejor estabilidad:** la zona de recogida en el interior de la lámpara Agilent y su proceso patentado garantizan que la lámpara se entregue lista para su uso y con una buena estabilidad. Todo el acondicionamiento de la lámpara se lleva a cabo antes de su envío, por lo que puede utilizar la lámpara nada más recibirla con un gran rendimiento.
- **Alta sensibilidad y el mejor rendimiento:** la composición del cátodo patentada y la optimización de los parámetros de operación ofrecen el mejor rendimiento en términos de relación señal a ruido, lo que permite ampliar la capacidad de detección y mejorar la cuantificación a nivel de trazas.
- **Calidad Agilent:** las lámparas Agilent se fabrican a mano en una instalación ISO 9001 y siguen unas etapas de proceso probadas. Antes de su envío, cada lámpara se somete a un análisis analítico para garantizar que cumple con los exigentes estándares de intensidad, ruido y estabilidad de Agilent. Los instrumentos de análisis se calibran periódicamente.

Agilent ofrece una amplia gama de lámparas de uno y varios elementos. Nuestras lámparas de cátodo hueco no codificadas son aptas para su uso con la mayoría de las marcas importantes de instrumentos AA (salvo los instrumentos de Shimadzu que tienen corrección autorreversible y de PerkinElmer; Agilent también ofrece una gama completa de lámparas codificadas de 50 mm para su uso con todos los sistemas AA de PerkinElmer). También ofrecemos una gama de lámparas codificadas, que ofrecen la ventaja del reconocimiento automático de lámparas para reducir los errores del usuario cuando se trabaja con varias lámparas. Para mejorar el rendimiento, Agilent también ofrece una gama completa de lámparas de cátodo hueco de descarga reforzada y alta intensidad que pueden sustituir a las lámparas convencionales en las determinaciones con AA. Las lámparas Agilent UltraAA reducen los límites de detección en las aplicaciones de AA más exigentes.

Recursos adicionales

Póster de selección de lámparas de Agilent para AA/
tabla periódica, disponible en https://www.agilent.com/cs/library/posters/public/5991-1899ENG_HCLPeriodicElementsTablePoster_LR.pdf

Nota de aplicación de Agilent "*Features and Operation of Hollow Cathode Lamps and Deuterium Lamps*", disponible en <http://www.chem.agilent.com/Library/applications/aa083.pdf>

Preguntas frecuentes sobre las lámparas de Agilent (como los ajustes de ganancia típicos) en <https://www.agilent.com/search/?No=0&Nrpp=20&Ntt=lamp+FAQs&redirect=0>

Resumen técnico de Agilent para las lámparas UltrAA, disponible en https://www.agilent.com/cs/library/technicaloverviews/Public/UltrAA-Lamp_Tech-Overview_5990-6711EN.pdf

Para realizar el pedido de lámparas de cátodo hueco para AA, visite

www.agilent.com/chem/aalamps

Para buscar un representante local de Agilent, visite

www.agilent.com/chem/contactus

Esta información está sujeta a cambios sin previo aviso.

© Agilent Technologies, Inc. 2018
Impreso en EE. UU., 10 de septiembre de 2018
5991-5023ES

