

## Capacidades y funcionamiento del sistema de dilución avanzado 2

Automatice la calibración y la dilución de las muestras para los instrumentos de ICP-OES e ICP-MS de Agilent



### Mejore la eficiencia de su flujo de trabajo

Ahora más que nunca, los laboratorios de todo el mundo se enfrentan a desafíos cada vez mayores que les exigen realizar más análisis con menos recursos, lo que hace necesaria una reevaluación de numerosas prácticas analíticas.

La automatización de determinadas tareas puede ayudar a los directores de los laboratorios a agilizar los flujos de trabajo y optimizar la utilización de los recursos.

Agilent, a fin de mejorar la eficiencia de los laboratorios equipados con su instrumentación de ICP-OES o ICP-MS, ha desarrollado el sistema de dilución avanzado 2 (ADS 2): un sistema de dilución automática en línea completamente integrado que está diseñado para aplicaciones rutinarias de alta productividad.

El sistema ADS 2 puede diluir automáticamente soluciones madre y muestras hasta 400 veces, lo que hace que sea ideal para la preparación automática de patrones de calibración y muestras, y también para la dilución de muestras con resultados fuera de rango. El sistema ADS 2 reduce de forma eficaz el número de tareas manuales que los operadores deben realizar para preparar un método cuantitativo para la ICP-OES o ICP-MS, permitiéndoles dedicar más tiempo a otras tareas.

El sistema ADS 2 de dos jeringas está disponible para los instrumentos de ICP-OES Agilent 5800 y 5900, y para los instrumentos de ICP-MS Agilent 7850, 7900 y 8900\*. El sistema ADS 2 y el sistema avanzado de válvula (AVS)\*\* funcionan juntos a la perfección bajo el control del software para maximizar el número de muestras analizadas, reducir el tiempo de procesamiento de las muestras y reducir el coste total por muestra. El diseño integrado de los sistemas ADS 2 y AVS evita añadir un exceso de tiempo cuando no se realiza una dilución, lo que soluciona un inconveniente habitual de otros sistemas de dilución. Asimismo, el diseño garantiza que el sistema esté disponible de inmediato para realizar la dilución de las muestras en línea siempre que sea necesario. Si se requiere una dilución reactiva de una muestra, el software inteligente presentará de forma cómoda los resultados obtenidos para la muestra diluida al final de cada análisis de la hoja de trabajo y, al mismo tiempo, ofrecerá acceso completo a todos los datos.

## Características del diluidor automático ADS 2

El sistema ADS 2 está completamente integrado y se controla mediante el software Agilent ICP Expert (versión 7.7 o posterior), para los instrumentos de ICP-OES; y mediante el software Agilent ICP-MS MassHunter (versión 5.3 o posterior), para los instrumentos de ICP-MS.

Este sencillo sistema de dilución automática de dos jeringas ofrece las siguientes ventajas:

**Calibración automática:** el sistema ADS 2 preparará automáticamente patrones de calibración a partir de diluciones exactas de una solución madre. El analista únicamente tendrá que colocar la solución madre en la gradilla del muestreador automático y usar el asistente de calibración automática para definir el intervalo de calibración. A continuación, se generarán curvas de calibración multipunto de manera automática. El asistente de calibración automática admite múltiples soluciones madre e intervalos de calibración por elemento. En comparación con los procesos manuales, la calibración automática es un proceso cómodo y eficiente que ahorra tiempo a los analistas, minimiza los residuos y reduce el riesgo de que el análisis se vea afectado por errores o contaminación.

**Dilución prescriptiva:** durante la configuración de los métodos, el operador puede definir un factor de dilución (prescriptiva) específico para la preparación automática de soluciones de muestra. Por ejemplo, si es necesario diluir 10 veces (dilución 1:10) una serie de soluciones de muestra antes del análisis, el analista simplemente tiene que introducir "10" como factor de dilución en la lista de muestras. Una vez que lo haya hecho, el software enviará una orden al sistema ADS 2 para que prepare las soluciones antes del análisis de muestras.

**Dilución reactiva:** si se produce un resultado inesperado (por ejemplo, si el resultado medido para una muestra está fuera del intervalo de calibración o existe un problema de recuperación de un patrón interno), se puede activar el sistema ADS 2 para que realice automáticamente una dilución. En función del resultado que presente el error, el software aplicará un algoritmo para calcular un factor adecuado de dilución reactiva y enviará una orden para repetir la medición de esa muestra. Este proceso automático evita tener que realizar un laborioso reprocesamiento manual, ya que garantiza disponer de un conjunto completo de datos al final del análisis. Las muestras medidas con múltiples diluciones aparecerán resumidas y se presentará el resultado correcto dentro de intervalo para cada elemento. Este proceso de revisión de datos mediante el software posibilita una exportación más rápida de los resultados, lo que simplifica el proceso para el analista.

**Plazos de prestación del servicio más cortos:** si no es necesaria la dilución activa de una solución, el sistema ADS 2 se ha optimizado para garantizar que apenas se añada tiempo al análisis (habitualmente, menos de dos segundos). El flujo de solución se dirige hacia la ruta de flujo de dilución del sistema ADS 2 únicamente si existe una orden de dilución (definida en la lista de muestras o generada de forma reactiva). De esta manera, el sistema ADS 2 aporta las ventajas de la dilución automática inteligente y mantiene unos tiempos de procesamiento rápidos, similares a los de un instrumento de ICP equipado con una válvula de conmutación AVS.

**Menor coste por análisis:** gracias al sencillo diseño de dos jeringas y a la dilución de las muestras y las soluciones únicamente cuando es necesario, el sistema ADS 2 permite ahorrar en consumibles, como jeringas o piezas de la válvula sometidas a desgaste de repuesto. Tanto el consumo de materiales de laboratorio (como guantes, viales de muestra y puntas de pipeta) como los costes de eliminación de residuos son menores en comparación con las diluciones manuales. El funcionamiento económico del sistema ADS 2 se ve potenciado por las funciones de control inteligente del software, que reducen el tiempo de análisis y los costes de funcionamiento del instrumento de ICP (por ejemplo, el consumo eléctrico y de argón).

**Facilidad de uso:** el software de control instrumental ICP Expert e ICP-MS MassHunter incluye diversas herramientas que simplifican el desarrollo de métodos, el análisis de datos, la generación de informes y la resolución de problemas a la hora de usar el sistema ADS 2. Ambos paquetes de software incluyen diagramas interactivos de la ruta de flujo que proporcionan información en tiempo real sobre el sistema ADS 2; además, el Centro de aprendizaje y ayuda proporciona información detallada acerca de cómo usar el sistema y realizar de forma sencilla el mantenimiento. Incorporan diversos elementos, como contadores y sensores de seguimiento del rendimiento del instrumento integrados en el sistema de mantenimiento preventivo asistido (EMF), registros de mantenimiento y guías on-line, que facilitan la toma de decisiones para llevar a cabo el mantenimiento preventivo en el momento oportuno.

**Todo a través de Agilent:** el sistema ADS 2 está optimizado para los instrumentos de ICP de Agilent y está diseñado para funcionar como un sistema integrado. Todos los ajustes se incluyen en el método, de tal modo que solo es necesario aprender a manejar una aplicación de software. La integración perfecta del diluidor automático con el instrumento permite disfrutar de funciones avanzadas que solo se pueden lograr cuando el software y el equipo se han diseñado como uno solo. Esto simplifica los procesos de compra y soporte, ya que únicamente tendrá que tratar con una empresa.

## ¿Cómo funciona el sistema ADS 2?

Las dos jeringas del sistema ADS 2 únicamente funcionan cuando es necesario realizar una dilución, lo que maximiza la eficiencia del flujo de trabajo de ICP y permite mejorar los plazos de prestación del servicio del análisis y el coste total por muestra. Tal como se muestra en las figuras 1 y 2, el sistema ADS 2 emplea dos modos específicos de funcionamiento (modo sin dilución y modo de dilución).

En el modo sin dilución (figuras 1a y b), la muestra no pasa por el sistema ADS 2, manteniendo la productividad del método de válvula de conmutación y maximizando la vida útil de los componentes del sistema. En el modo de dilución (figuras 2a a 2d), la conmutación de las válvulas A y B aporta las ventajas de la dilución automática en línea al análisis de ICP, ya que elimina los procesos manuales, incluidos los de preparación de la calibración y dilución de las muestras. El sistema ADS 2 inyecta automáticamente una burbuja entre las corrientes portadoras y de muestra que evita la mezcla con la solución portadora. Esta acción maximiza el tiempo útil de lectura de la muestra y minimiza el tiempo de lavado de entrada y salida.

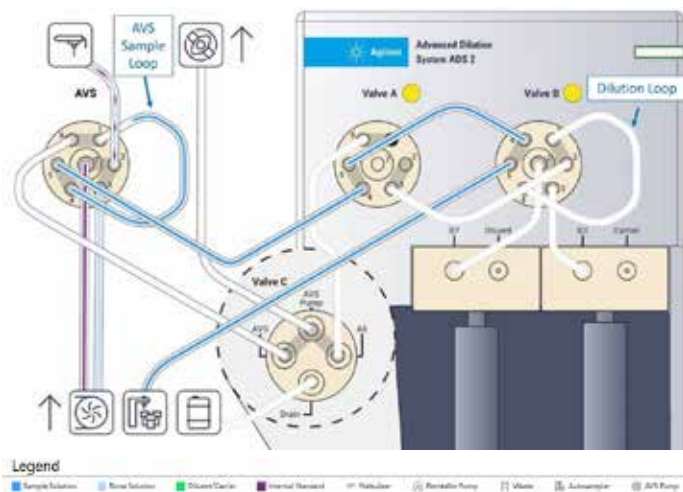
La válvula A del sistema ADS 2 se utiliza para controlar el flujo entre el sistema AVS y la válvula C. La válvula B es el punto de entrada de la solución procedente del muestreador automático, que se dirige directamente hacia la válvula A o el loop de dilución. Las jeringas que contienen el diluyente y la solución portadora (en ningún caso la solución de muestra) están conectadas a la válvula B. La válvula C facilita el lavado del sistema ADS 2. Los indicadores luminosos situados junto a las válvulas A y B indican qué acción se está ejecutando, ya sea la de carga (amarillo) o la de inyección (verde).

Los sistemas ADS 2 y AVS también proporcionan flexibilidad para incluir o excluir la agregación on-line automática de patrón interno durante el análisis, sin necesidad de usar otra jeringa e incurrir en los costes asociados a esta.

### Modo sin dilución

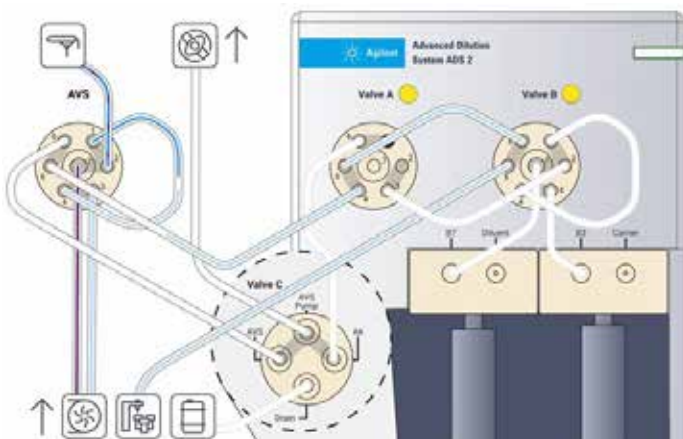
Tal como se muestra en la figura 1a, la sonda del muestreador automático se mueve para aspirar la muestra (representada en azul oscuro), que la bomba AVS extrae para cargarla en el loop de muestra del sistema AVS, sin pasar por el loop de dilución del sistema ADS 2. Ahora, el sistema AVS está en la posición de carga. Si existe un exceso de muestra, la bomba AVS lo enviará al

sistema de residuos. Al mismo tiempo, la bomba peristáltica suministra solución de lavado (azul claro) y solución de patrón interno (púrpura) al nebulizador, la cámara de nebulización y la antorcha del instrumento de ICP a modo de preparación para la transferencia de la muestra desde el sistema AVS. En el modo sin dilución, las dos jeringas del sistema ADS 2 permanecen inactivas.



**Figura 1a.** Modo sin dilución: la muestra se carga en el sistema AVS desde el muestreador automático, sin pasar por el loop de dilución del sistema ADS 2.

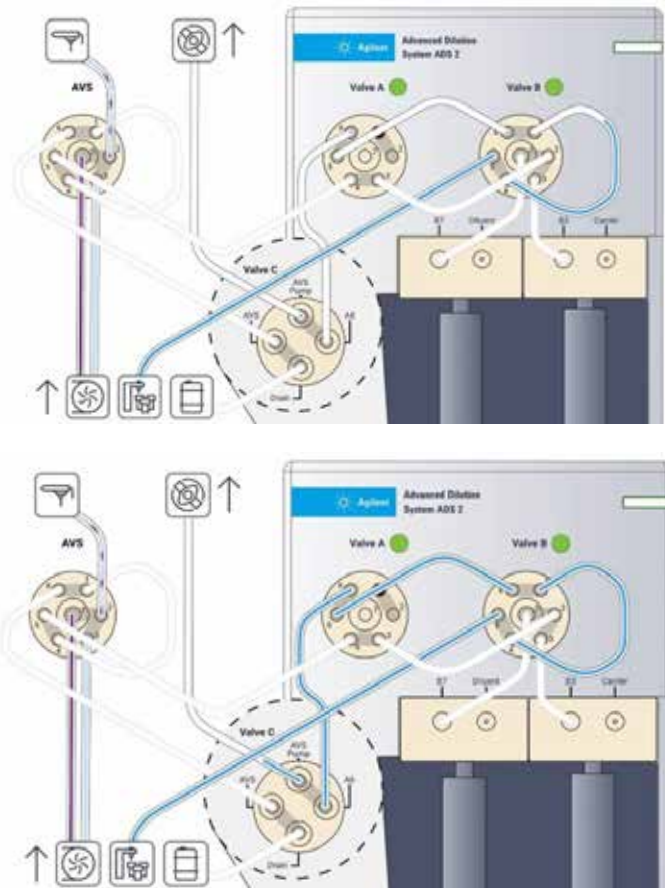
Tal como se muestra en la figura 1b, cuando el sistema AVS se sitúa en la posición de inyección, la muestra (azul oscuro) se mezcla con el patrón interno (púrpura), y la solución portadora (azul claro) la transporta hacia el sistema de introducción de muestras del instrumento de ICP. La bomba peristáltica se encarga de realizar este proceso. Al mismo tiempo, la bomba AVS lava la ruta de flujo hacia el muestreador automático a través de la válvula C (representada también en azul claro) a modo de preparación para la siguiente muestra. Las jeringas del sistema ADS 2 permanecen en la posición de inactividad.



**Figura 1b.** Inyección de una muestra procedente del sistema AVS en un sistema de ICP-OES o ICP-MS de Agilent (sin dilución).

## Modo de dilución

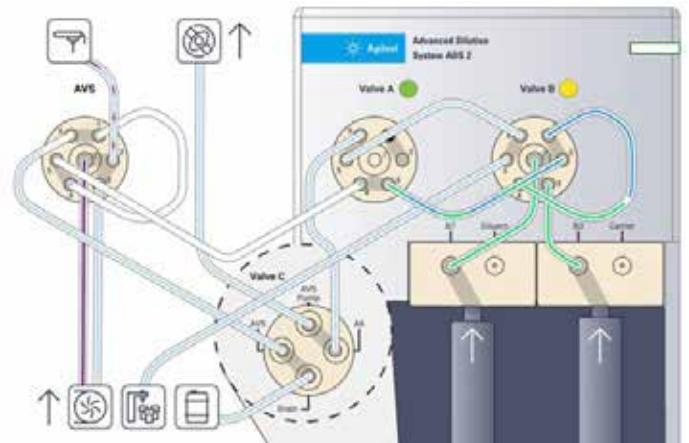
Tal como se muestra en la figura 2a, la sonda del muestreador automático se mueve para aspirar la muestra (azul oscuro), que la bomba AVS extrae para cargarla en el loop de dilución de la válvula B del sistema ADS 2. Si existiera un exceso de muestra, este se derivará a través de la válvula C y la bomba AVS lo enviará al sistema de residuos. Al mismo tiempo, se suministrarán soluciones de lavado (azul claro) y patrón interno (púrpura) al nebulizador, la cámara de nebulización y la antorcha a modo de preparación para la transferencia de la muestra mediante la bomba peristáltica. Ahora, el sistema AVS está en la posición de carga.



**Figura 2a.** Modo de dilución: comienza la carga de la muestra en el loop de dilución del sistema ADS 2 (imagen superior); una vez que esté lleno, el volumen sobrante se bombeará al sistema de residuos (imagen inferior).

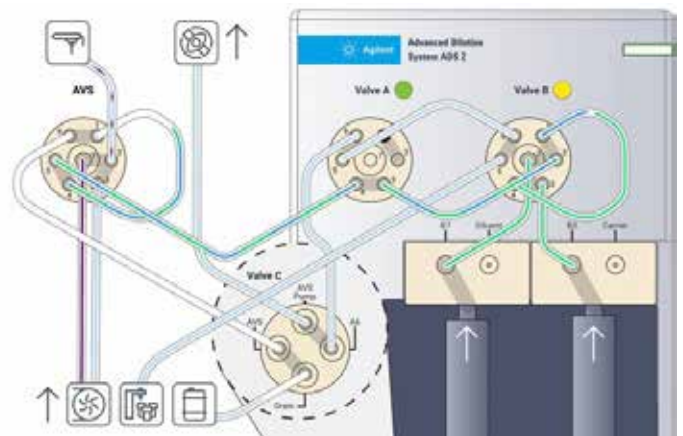
Tal como se observa en la figura 2b, la válvula B se sitúa en la posición de inyección y las jeringas de diluyente y solución portadora comienzan a suministrar las soluciones correspondientes a la válvula o el loop. El diluyente (verde) entra en la válvula B a través del puerto 7, y se mezcla en el puerto 2 con la mezcla precargada (azul oscuro), que procede del loop de dilución y entra a través del puerto 1.

Se inyecta una pequeña burbuja de aire para evitar la mezcla de la muestra y la solución portadora. Esta separación maximiza la cantidad de solución disponible para la medición sin necesidad de usar accesorios adicionales. La jeringa de solución portadora suministra esa solución (también representada en verde) para hacer avanzar la muestra a través del loop de dilución, sin que la solución portadora entre en contacto en ningún momento con la solución de muestra. A lo largo de este proceso, la bomba peristáltica sigue suministrando soluciones de lavado (azul claro) y patrón interno (púrpura) al nebulizador, la cámara de nebulización y la antorcha a modo de preparación para la transferencia de la muestra. Llegado este momento, el sistema AVS aún está en la posición de carga.



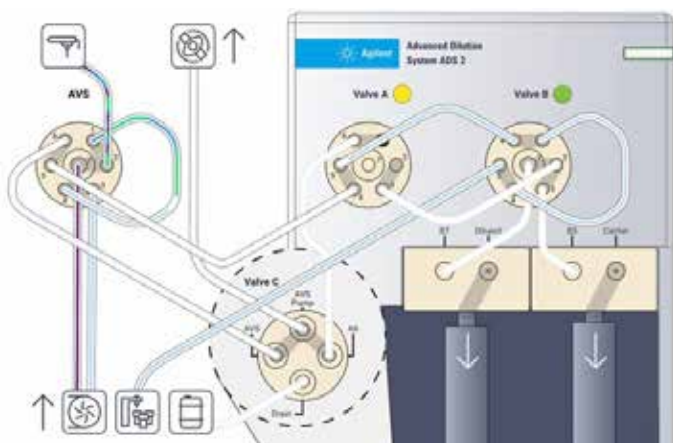
**Figura 2b.** Proceso de dilución y carga del loop del sistema AVS.

Tal como se muestra en la figura 2c, la muestra diluida (mezcla de azul oscuro y verde) se transfiere directamente de la válvula B a la válvula A y se carga en el loop de muestra del sistema AVS. Si existiera un exceso de solución, este saldrá del loop de muestra del sistema AVS y se enviará al sistema de residuos. Ahora, la válvula del sistema AVS está en la posición de carga.



**Figura 2c.** Carga del loop del sistema AVS con la muestra diluida.

Tal como se observa en la figura 2d, la válvula del sistema AVS cambia a la posición de inyección. La muestra diluida (mezcla de azul oscuro y verde) se mezcla con el patrón interno (si se utiliza) y, a continuación, la bomba peristáltica la transfiere al nebulizador. Al mismo tiempo, se realiza un lavado completo del loop de dilución y los tubos del muestreador automático para prepararlos para la siguiente muestra.



**Figura 2d.** Transferencia de la muestra diluida al instrumento de ICP-OES o ICP-MS de Agilent.

## Calibración automática

La preparación de los patrones de calibración es un paso crucial para obtener datos analíticos de excelente calidad mediante ICP-OES o ICP-MS. Para garantizar la exactitud de los datos, la calibración exige cuidado y atención. En una encuesta realizada en 2023, la preparación de los patrones de calibración se situó en segundo lugar entre las tareas manuales a las que los analistas deben dedicar más tiempo.

El uso del sistema ADS 2 para preparar automáticamente patrones de calibración a partir de una solución madre multielemental o de varios patrones agiliza el proceso de calibración. Además, la calibración automática minimiza los riesgos de errores y contaminación asociados a los métodos de preparación manual.

Los paquetes de software ICP Expert e ICP-MS MassHunter incorporan un asistente de calibración automática, del cual se incluye un ejemplo en la figura 3. La biblioteca de soluciones madre del software incluye una lista de soluciones madre de calibración de uso habitual. Además, se pueden añadir fácilmente a la biblioteca patrones personalizados. Basta con seleccionar una solución madre de la biblioteca e introducir un factor de dilución para que se calculen automáticamente las concentraciones de calibración; asimismo, el sistema ADS 2 se encargará de la calibración del instrumento de ICP.

Stock Name	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be
8500-6940	10000	10000	10000	0	0	10000	10000
5183-4688	10000	10000	10000	0	0	10000	10000
8500-6942	0	0	0	0	10000	0	0
5190-9418	100000	100000	100000	0	100000	100000	100000
8500-6948	0	0	0	10000	0	0	0
8500-6944	0	0	0	0	0	0	0
5183-4682	10000	10000	10000	0	0	10000	10000
IQC-026	100000	100000	100000	0	100000	100000	100000
IMS-102	10000	10000	10000	0	0	10000	10000
Custom				0	500000	100000	5000

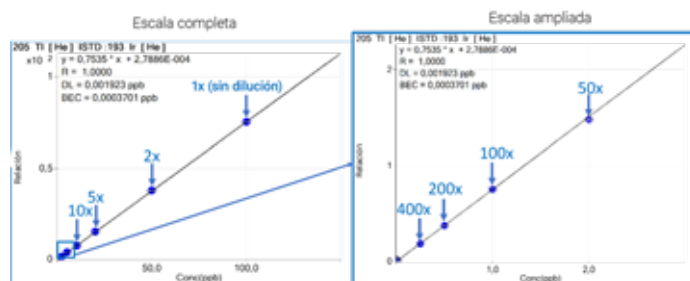
  

Dilution Factor to Level	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
Dilution Factor	0	200	100	50	10	50
Stock Solution	CalBK	PN_8500_6940	PN_8500_6940	PN_8500_6940	Custom	Custom

**Figura 3.** Biblioteca de soluciones madre (en la parte superior) y cálculo automático de las concentraciones de calibración a partir del factor de dilución especificado para la solución madre (en la parte inferior).

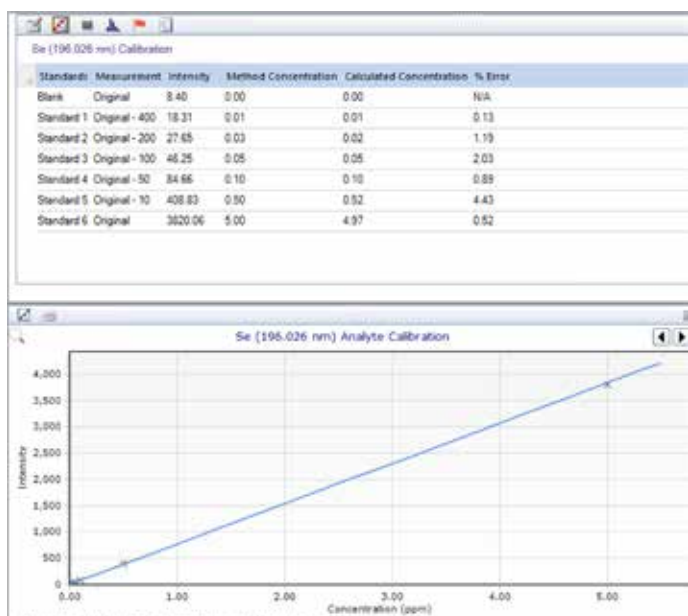
La automatización de la preparación de los patrones de calibración también elimina la variabilidad entre operadores inherente a los procesos manuales, lo que mejora la calidad de los datos obtenidos mediante ICP en el laboratorio. Los patrones de calibración preparados automáticamente generan curvas de calibración lineales en un amplio intervalo analítico, con coeficientes de correlación (R) generalmente superiores a 0,9999 y con un error < 5 % en cada punto.

En la figura 4 se muestra una curva de calibración representativa para ICP-MS correspondiente a concentraciones de talio (<sup>205</sup>Tl) de entre 0,25 y 100 µg/l. La excelente linealidad de los patrones de calibración con concentraciones más bajas (escala ampliada, a la derecha) demuestra que el sistema ADS 2 permite diluir patrones de forma exacta con factores de dilución de hasta 1:400.



**Figura 4.** Izquierda: Curva de calibración para ICP-MS correspondiente a concentraciones de <sup>205</sup>Tl de entre 0,25 y 100 µg/l, que presenta un coeficiente de correlación excelente (R = 1,0000), obtenida con el software Agilent ICP-MS MassHunter. Derecha: Sección ampliada de los patrones de calibración con concentraciones más bajas (factores de dilución entre 1:50 y 1:400) preparados con el sistema ADS 2.

En la figura 5 se muestra una curva de calibración representativa para ICP-OES correspondiente a Se a 196,026 nm para un intervalo de concentración de 0,0125 a 5 mg/l. Los datos indican que se obtuvo un coeficiente de correlación excelente ( $R = 1,0000$ ) con un error  $< 4\%$ , lo que demuestra una vez más las capacidades del sistema ADS 2 para conseguir una dilución exacta de patrones con factores de dilución de hasta 1:400.



**Figura 5.** Curva de calibración para ICP-OES correspondiente a Se a 196,026 nm para un intervalo de concentración de 0,0125 a 5 mg/l, que presenta un coeficiente de correlación excelente ( $R = 1,0000$ ), que se ha obtenido con el software Agilent ICP Expert.

La calibración automática mediante el sistema ADS 2 garantiza que se utilicen patrones recién preparados para cada análisis, lo que mejora la calidad de los datos y, al mismo tiempo, reduce la cantidad de residuos generados en comparación con la preparación manual de patrones.

## Dilución prescriptiva

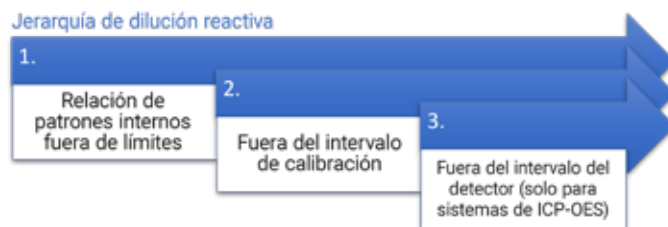
El sistema ADS 2 puede ahorrar tiempo a los analistas mediante la automatización de la dilución de las muestras antes del análisis, evitando de este modo una tarea manual laboriosa y repetitiva. Tras seleccionar los factores de dilución predefinidos de entre 1:2 y 1:400 en el software de control instrumental, el sistema ADS 2 diluirá automáticamente las muestras. La dilución prescriptiva evita tener que diluir manualmente las muestras antes de la medición, liberando tiempo de los analistas para que puedan dedicarlo a tareas de mayor valor añadido. El sistema ADS 2 prepara las muestras con una elevada repetibilidad y elimina el riesgo de error asociado a los procedimientos de dilución manual.

La dilución prescriptiva también se puede aplicar a soluciones de control de calidad (CC) como materiales de referencia certificados (CRM). Por ejemplo, el sistema ADS 2 puede aplicar a un CRM el mismo factor de dilución empleado para una muestra.

## Dilución reactiva

Según una encuesta realizada en 2023, la repetición de medidas de muestras es una de las cinco principales tareas de manipulación manual que incrementan el tiempo de procesamiento de las muestras y el coste por análisis.

Los paquetes de software de control instrumental ICP Expert e ICP-MS MassHunter pueden determinar automáticamente si el resultado obtenido para una muestra está fuera de intervalo. Entre los resultados inesperados se pueden incluir aquellos que estén fuera del intervalo de calibración o en los que la relación de patrones internos esté fuera de los límites especificados por el analista. En estos casos, el software enviará una orden al sistema ADS 2 para que diluya automáticamente la muestra para repetir la medida, sin que sea necesaria la intervención del usuario. Esta estrategia simplifica el análisis, reduce el coste asociado a la dilución manual y la repetición de la medida de una muestra y garantiza unos plazos de prestación del servicio rápidos, todo ello manteniendo la exactitud de los resultados notificables. La dilución reactiva también está disponible si se produce un error que afecte a una solución de CC.



**Figura 6.** Proceso de toma de decisiones asociado a la dilución reactiva en los paquetes de software Agilent ICP Expert e ICP-MS MassHunter.

## Solución sencilla e inteligente

Los paquetes de software ICP Expert e ICP-MS MassHunter incluyen listas de dilución inteligentes entre las funciones para el sistema ADS 2. Las listas de dilución pueden proporcionar reglas para acciones basadas en un resultado fuera de rango para una muestra, un CC con errores o una relación de patrones internos que esté fuera de los límites deseados para un conjunto de analitos de interés.

## Control de la activación de la dilución para diferentes tipos de muestras

Tal como se muestra en las figuras 7 y 8, la función Listas de dilución ofrece flexibilidad para realizar la dilución de las muestras únicamente en función de los resultados fuera de rango obtenidos para elementos de interés específicos. A continuación, esta lista se puede aplicar a las muestras de forma individual, a fin de evitar mediciones innecesarias. Esta función garantiza tiempos de procesamiento cortos y reduce el coste total por muestra.

A modo de ejemplo, supongamos que ciertos laboratorios desean medir un lote con diferentes tipos de agua usando un único método analítico; es posible que un analista no desee notificar el resultado obtenido para el sodio (Na) en agua de mar, pero quiera incluir el Na como analito a la hora de analizar muestras de agua potable. Mediante la configuración de una lista de dilución que excluya el Na como activador de la dilución para las muestras de agua de mar, el software puede garantizar que no se realice ninguna acción y evitar diluciones y repeticiones de medidas innecesarias. Sin embargo, en el caso del agua potable, el sistema ADS 2 diluiría automáticamente (de forma reactiva) la muestra.

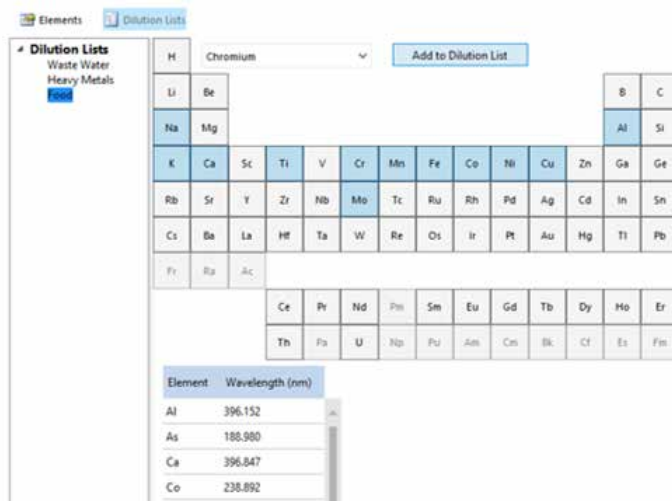


Figura 7. Pestaña de configuración de listas de dilución del software Agilent ICP Expert (versión 7.7).

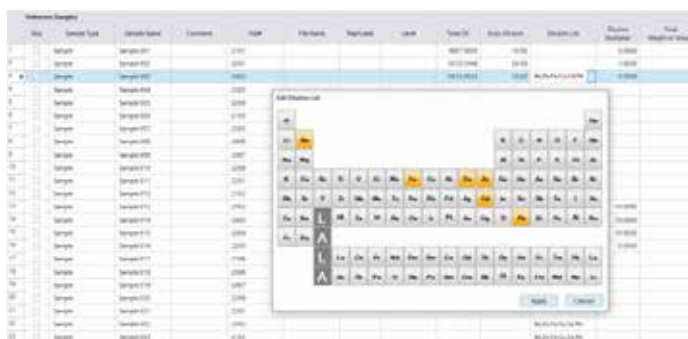


Figura 8. Ventana emergente de selección de elementos de la función Listas de dilución del software Agilent ICP-MS MassHunter (versión 5.3).

## Combinación automática de los mejores resultados para cada muestra

La función Resumen del software ICP Expert e ICP-MS MassHunter para el sistema ADS 2 simplifica y automatiza el análisis de datos y la generación de informes. El resumen de resultados utiliza un algoritmo inteligente para filtrar todas las medidas de una muestra y presentar el mejor resultado para cada elemento, tal como se indica en la figura 9 para el Mg y el Fe. El resultado resumido único para cada analito de cada muestra se puede exportar fácilmente del software del instrumento a la plantilla de informes. En la figura 10 se muestra un ejemplo de la vista Resumen para los resultados de Al, As, Ba y Fe de una muestra analizada por ICP-OES. Todos los datos de todas las muestras se conservarán y estarán disponibles para exportarlos.

	Mg	Fe	
Valor máximo del patrón de calibración	100		
Concentración sin dilución	50	200	Concentración fuera de rango que requiere dilución
Concentración con dilución 1:5	10	40	
Fila de resumen	50	40	La fila de resumen elige la medida con dilución si está dentro de rango

Medidas dentro de rango sin cambios

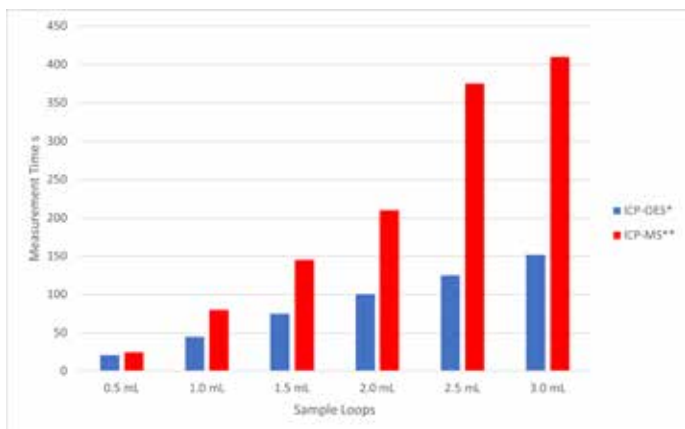
Figura 9. Árbol de decisión de la función Resumen para la generación de informes de datos. Nota: Todos los resultados se presentan usando valores sin ajustar.

Marcador de solución	Al 237,312 nm mg/l	As 188,980 nm mg/l	Ba 455,403 nm mg/l	Fe 238,204 nm mg/l	Fe 238,563 nm mg/l	
Resumen	52,88	0,47	6,62	89,72	84,90	Concentración fuera de rango para Al y Fe; requiere dilución
Original	497,65 a	0,47	6,62	738,60 a	738,63 a	
Dilución 1:10	52,88	0,04	0,78	89,72	84,90	Concentración de la muestra original aceptable para As y Ba

Figura 10. Ejemplo de datos de una muestra obtenidos con el software Agilent ICP Expert y presentados mediante la vista Fila de resumen, en la que se incluyen los mejores resultados para cada analito.

## Volúmenes de muestra variables

El sistema ADS 2 permite instalar loops de muestra con volúmenes de entre 0,5 y 3,0 ml para adaptarlo al volumen de muestra disponible. En función del loop elegido, los tiempos de medida oscilan entre 20 y 150 s para el análisis por ICP-OES o entre 25 y 410 s para el análisis por ICP-MS, tal como se muestra en la figura 11. El diseño y el control integrado del sistema ADS 2 garantizan unos tiempos de medida uniformes durante el funcionamiento tanto en el modo sin dilución como en el modo de dilución.



**Figura 11.** Tiempos de medida máximos para el análisis por ICP-OES e ICP-MS usando loops de diferentes tamaños en el sistema ADS 2 y, por lo tanto, diferentes volúmenes de muestra.

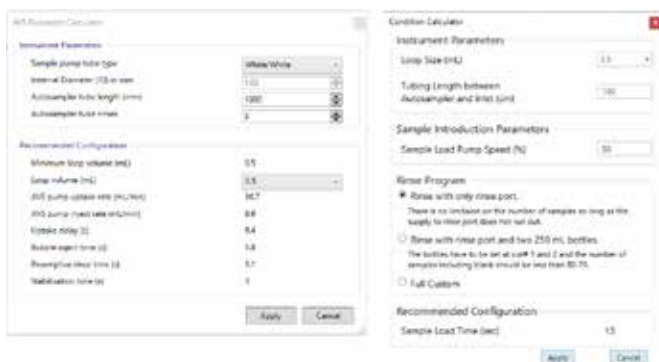
\* Tiempo de medida para el análisis por ICP-OES empleando un tiempo de estabilización de 5 s, una velocidad de la bomba peristáltica de 12 rpm y tubos para bomba peristáltica (blanco/blanco) de 1,02 mm.

\*\* Tiempo de medida para el análisis por ICP-MS empleando un tiempo de estabilización de 20 s, una velocidad de la bomba peristáltica de 0,1 rps y tubos para bomba peristáltica (blanco/blanco) de 1,02 mm.

## Herramientas útiles para el desarrollo de métodos

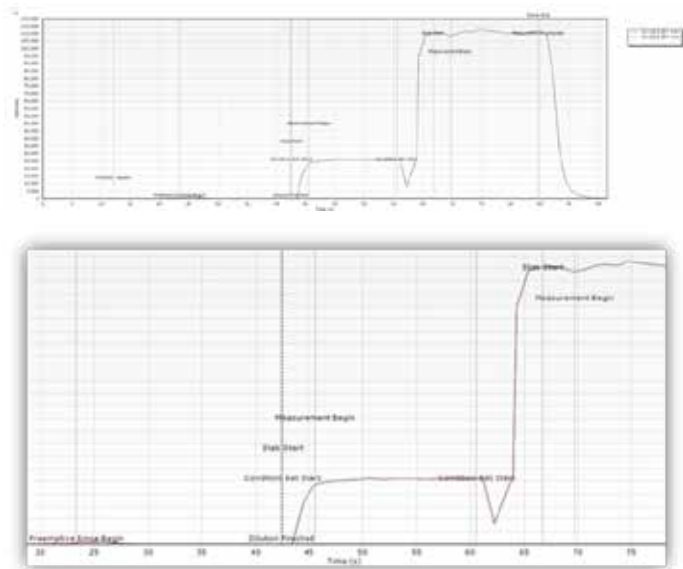
Los paquetes de software ICP Expert e ICP-MS MassHunter incluyen las siguientes herramientas inteligentes, que están diseñadas para facilitar el desarrollo de métodos:

- Calculador de condiciones: una herramienta útil que proporciona tiempos recomendados para los parámetros del método en función del tipo y la longitud especificados para los tubos.



**Figura 12.** Calculador de condiciones del software Agilent ICP Expert (izquierda) y del software Agilent ICP-MS MassHunter (derecha).

- Monitor de tiempo AVS/ADS: permite comprobar u optimizar en detalle las condiciones del método; la herramienta Monitor de tiempo AVS/ADS muestra la señal adquirida durante la secuencia completa del método. Por ejemplo, si la señal es estable antes de lo especificado por el calculador de condiciones para un determinado tipo de muestra, se podría acortar el período de estabilización para ahorrar tiempo. La señal del analito se medirá y el software marcará cada cambio en las condiciones, tal como se muestra en la figura 13 para una medida de Zn a 213,857 nm por ICP-OES. Esta herramienta también resulta útil para la resolución de posibles problemas en el sistema.



**Figura 13.** Ejemplo de uso de la herramienta Monitor de tiempo ADS/AVS del software Agilent ICP Expert para una medida de Zn a 213,857 nm correspondiente a una muestra diluida para un método de ICP-OES con dos condiciones, que proporciona un resumen de las condiciones del análisis. Las dos condiciones hacen referencia a la medida radial seguida por la medida axial de la señal. El tiempo de estabilización > 5 s entre el ajuste de las condiciones axiales y el inicio de la medida se podría reducir. Imagen superior: Secuencia completa. Imagen inferior: Vista ampliada del intervalo de 20 a 75 s.

## Reducción del coste total por muestra y prevención de la contaminación

Las muestras, como ciertas aguas medioambientales recogidas sobre el terreno, pueden depositarse directamente en tubos de 15 o 50 ml para muestreador automático y colocarse en una gradilla para muestreador automático, de tal modo que quedarán preparadas para aplicar una dilución automática. Esta estrategia elimina la necesidad de realizar transferencias de alícuotas y dilución en el laboratorio, lo que evita la manipulación innecesaria de las muestras. Asimismo, para aquellas muestras que necesiten múltiples diluciones, ya sean prescriptivas o reactivas, solo se usará un vial. Este proceso eficiente de manipulación de muestras contribuye a conseguir tiempos de procesamiento cortos de las muestras y reduce tanto el riesgo de errores y contaminación de las muestras como el coste total por muestra asociado al sistema ADS 2. Una ventaja adicional de la simplificación de las tareas manuales laboriosas y repetitivas en el laboratorio es la reducción de la fatiga física experimentada por el personal.

Gracias a la eliminación de los pasos de dilución manual, el sistema ADS 2 incrementa la productividad y reduce el consumo energético y los residuos de reactivos y consumibles de plástico, como puntas de pipeta, viales de muestra y guantes. En conjunto, todos estos factores hacen disminuir el coste y el impacto medioambiental de los análisis, lo que contribuye a mejorar la sostenibilidad de los laboratorios.

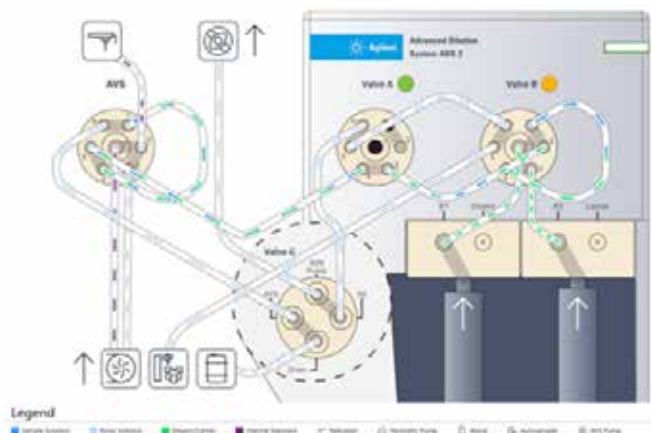


**Figura 14.** La eliminación de los pasos de dilución manual de las muestras puede ayudar a reducir los residuos plásticos.

## Resolución de problemas y mantenimiento

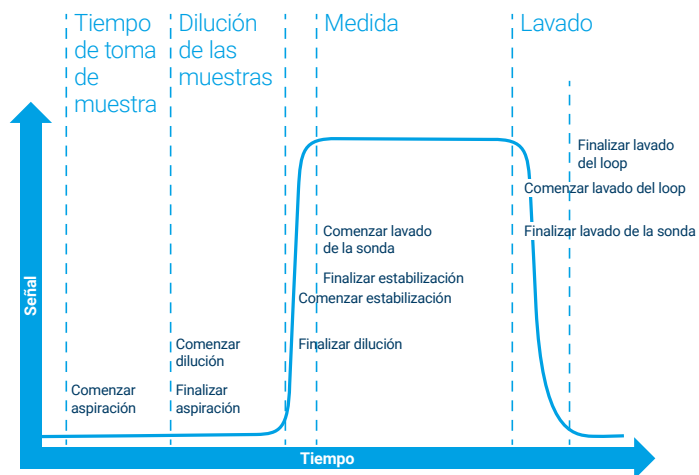
La integración del sistema ADS 2 con los paquetes de software de control instrumental ICP Expert e ICP-MS MassHunter proporciona control pleno sobre el accesorio, funciones de monitorización del estado y seguimiento del mantenimiento, y capacidades avanzadas de resolución de problemas.

El software de control instrumental de ICP incorpora un diagrama interactivo de la ruta de flujo que muestra en tiempo real el movimiento de las soluciones de muestra, de lavado, de diluyente, portadora y de patrón interno a través del sistema de dilución automática (figura 15). La ruta de flujo muestra las soluciones en cada etapa del análisis. De este modo, si se produce una obstrucción, el diagrama puede ayudar a identificar dónde debería haber flujo de solución y donde puede existir una obstrucción, lo que simplifica la resolución de problemas.



**Figura 15.** Diagrama interactivo de la ruta de flujo que muestra el movimiento de las distintas soluciones a través del sistema de dilución automática y hacia el sistema de introducción de muestras del instrumento.

La herramienta Monitor de tiempo AVS/ADS también se puede utilizar para facilitar la resolución de problemas. Por ejemplo, si existe una fuga en el tubo, si el volumen de diluyente es bajo o si la botella de diluyente está vacía, el monitor de tiempo indicará visualmente que existe un problema. A continuación, se podrá comparar la gráfica de la señal con la biblioteca de gráficas asociadas a causas habituales de problemas en las señales que hay disponible en el Centro de aprendizaje y ayuda.



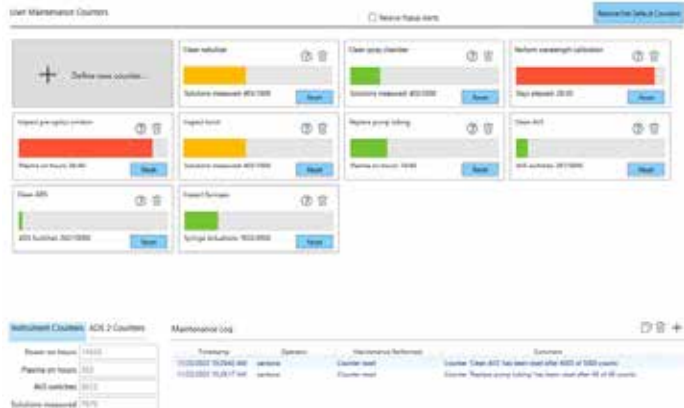
**Figura 16.** El software incluye funciones automatizadas para determinar los ajustes óptimos del método en función de las longitudes de los tubos y el tamaño del loop de muestra que se hayan especificado. Las funciones también monitorizan la señal de medida para proporcionar información que permita optimizar los ajustes del método o facilitar la resolución de problemas.

## Mantenimiento preventivo asistido (EMF)

La función de EMF hace un seguimiento de los componentes del instrumento de ICP, el sistema AVS y el sistema ADS 2, y advierte a los operadores cuando es necesario llevar a cabo tareas de mantenimiento. El sistema de codificación por colores en forma de semáforo de los contadores de EMF muestra qué actividades de mantenimiento deben llevarse a cabo de inmediato (rojo), cuáles habrá que realizar de forma inminente (ámbar) y cuáles pueden esperar (verde), tal y como se muestra en la figura 17. Los ajustes predeterminados de los contadores resultan útiles para la mayor parte de las aplicaciones generales; no obstante, los usuarios pueden cambiar los límites de los contadores para que se ajusten a sus necesidades específicas. La función de EMF reduce el tiempo de inactividad y los costes de reparación mediante la planificación de las tareas de mantenimiento rutinarias de los componentes en función del uso real, y no a intervalos fijos de tiempo.

Dado que el sistema ADS 2 únicamente hace funcionar las jeringas y las válvulas de conmutación cuando se realiza una dilución, el seguimiento mediante la función de EMF garantiza que el mantenimiento únicamente se lleve a cabo cuando sea necesario, en lugar de en función del tiempo transcurrido.

El registro de mantenimiento de la función de EMF registra digitalmente el historial de mantenimiento del equipo, lo que facilita determinar si el instrumento se ha sometido a un mantenimiento adecuado.



**Figura 17.** Ejemplo de una captura de pantalla de la función EMF que muestra los contadores de mantenimiento para un sistema de ICP-OES de Agilent, un sistema AVS y un sistema ADS 2.

**Centro de aprendizaje y ayuda**

Para facilitar que los analistas apliquen buenas prácticas a la hora de usar el sistema ADS 2, el Centro de aprendizaje y ayuda contiene guías de procedimientos y videos detallados sobre el funcionamiento, el mantenimiento y la resolución de problemas de este accesorio. Los paquetes de software ICP Expert e ICP-MS MassHunter incluyen un botón de acceso directo al Centro de aprendizaje y ayuda, que está situado en la esquina superior derecha de la pantalla del software de control instrumental.

**Especificaciones**

Intervalo de dilución	1:2-1:400
Exactitud de la bomba de jeringa	±1 % con una embolada del 100 %
Precisión de la bomba de jeringa	≤0,05 % con una embolada del 100 %
Dimensiones	Altura: 37,9 cm (15 pulgadas) Anchura: 15,8 cm (6,2 pulgadas) Profundidad: 31,3 cm (12,3 pulgadas)
Peso	7,9 kg (17,4 libras)
Altitud	Hasta 2.000 m
Compatibilidad	Instrumentos de ICP-OES Agilent 5900, 5800 y 5110 Instrumentos de ICP-MS Agilent 8900, 7900, 7850 y 7800
Muestreador automático	Agilent SPS 4, SPS 5 u otro muestreador automático compatible con el software de control instrumental
Software	Instrumentos de ICP-MS: MassHunter (versión 5.3 o posterior) Instrumentos de ICP-OES: ICP Expert (versión 7.7 o posterior)

[explore.agilent.com/icp-automation](https://explore.agilent.com/icp-automation)

DE07677911

Esta información está sujeta a cambios sin previo aviso.

© Agilent Technologies, Inc. 2024-2025  
Impreso en EE. UU., 12 de diciembre de 2025  
5994-7211ES



**Figura 18.** Acceso a procedimientos de instalación, funcionamiento, mantenimiento y resolución de problemas para el sistema ADS 2 a través de las páginas del Centro de aprendizaje y ayuda integrado en los paquetes de software ICP Expert e ICP-MS MassHunter.

**Más información**

1. McCarthy, D., Automatización del flujo de trabajo para el análisis de suelos mediante ICP-OES, publicación de Agilent, [5994-7203ES](#)
2. Bradford, R., Determinación de múltiples elementos en sales de litio mediante dilución automática con ICP-OES, publicación de Agilent, [5994-7179ES](#)
3. Zou, A. Yamanaka, M., Análisis inteligente de aguas residuales mediante el sistema ICP-MS Agilent con diluidor automático integrado, publicación de Agilent, [5994-7113ES](#)
4. Yamashita, R., Análisis automatizado de muestras ambientales de matriz sencilla a compleja mediante un único método ICP-MS, publicación de Agilent, [5994-7114ES](#)
5. Riles, P., Análisis productivo de muestras de matriz alta mediante ICP-MS con sistema de dilución avanzado, publicación de Agilent, [5994-7232ES](#)

