

# Análisis de polímeros y plásticos



Control de Calidad para la Producción de Polímeros



02

## Metrohm ...

- Es el líder mundial en el mercado de titulación
- Ofrece una amplia gama de soluciones analíticas mediante análisis por NIR y Raman, además de todos los métodos de análisis de iones, titulación, electroquímica (por ejemplo, voltamperometría) y cromatografía iónica.
- Es una empresa suiza y fabrica sus productos exclusivamente en Suiza.
- Otorga una garantía de 3 años en todos sus instrumentos y una garantía de 10 años en supresores químicos para cromatografía de aniones.
- Proporciona una experiencia de aplicaciones sin precedentes.
- Ofrece más de **2000 applications** de forma gratuita.
- Lo respalda con un servicio confiable en cualquier parte del mundo.
- No cotiza en la Bolsa, es propiedad de una fundación.
- Adopta un enfoque sustentable para la gestión corporativa, colocando los intereses de los clientes y empleados por encima de maximizar las ganancias.

# Contenido

<b>1.</b>	<b>Técnicas Analíticas</b> .....	<b>5</b>
1.1.	Titulación .....	5
1.2.	Titulación Karl Fischer .....	5
1.3.	Cromatografía Iónica .....	5
1.4.	Cromatografía iónica por combustión .....	5
1.5.	Método PVC-Thermomat .....	6
1.6.	Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).....	6
1.7.	Espectroscopía Raman .....	6
1.8.	Voltametría .....	7
1.9.	Electroquímica .....	7
1.10.	Análisis de Procesos Multimétodo .....	7
<b>2.</b>	<b>Aplicaciones</b> .....	<b>8</b>
2.1.	Control de Calidad en materias primas .....	8
2.1.1.	Determinación del contenido de agua por Titulación Karl Fischer.....	9
2.1.2.	Determinación de Isocianatos, Número de Hidroxilo y Número Ácido.....	10
2.1.3.	Impurezas.....	12
2.1.4.	Inhibidores: Análisis de procesos en línea para pruebas de materia prima .....	13
2.1.5.	Identificación de materias primas mediante espectroscopía Raman .....	13
2.2.	Control de sustancias intermedias/reacción .....	14
2.3.	Control de Calidad del polímero terminado.....	16
2.3.1.	Determinación de contenido de agua .....	17
2.3.2.	Halógenos y azufre en polímeros .....	18
2.3.3.	Resistencia al calor en PVC .....	20
2.3.4.	Determinación de carboxilos .....	20
2.3.5.	Espectroscopía para pruebas en polímeros.....	21
2.3.6.	Residuos e impurezas.....	22
2.3.7.	Polímeros conductores de electricidad .....	25



## Metrohm – análisis de polímeros personalizados para el control de calidad de monómeros, productos intermedios y polímeros terminados

Los polímeros y los plásticos son un pilar de la vida moderna debido a su versatilidad y propiedades físicas; se pueden moldear en casi cualquier forma, con diferentes grados de flexibilidad y otros parámetros variables. Por ello tienen que cumplir con los estándares internacionales.

Los componentes plásticos son ampliamente utilizados en aviones y automóviles, embalajes, dispositivos y productos médicos, productos electrónicos y muchos otros productos. Cada año se producen aproximadamente 370 millones de toneladas de plástico en todo el mundo.

Los polímeros también tienen un lado oscuro; los desechos plásticos aumentan continuamente. Los plastificantes son perjudiciales para la salud humana. Los halógenos en el plástico crean haluros de hidrógeno corrosivos y tóxicos durante su combustión. Finalmente, está el problema de la infiltración de microplásticos en cada rincón del medio ambiente.

La producción de polímeros es un proceso exigente en el que las materias primas de alta pureza experimentan reacciones complejas y se convierten en polímeros, fibras, resinas, caucho y gomas. Para garantizar que estos productos cumplan con las estrictas especificaciones, la materia prima y los procesos deben monitorearse a lo largo de toda la cadena de producción. Los análisis deben llevarse a cabo en todas las etapas de la producción. Lo cuál es un proceso muy complejo.

Además, algunos productos terminados se convierten en materia prima para otros bienes y entran como materia

prima en diversas industrias, como papel, cosméticos, textiles o la industria de materiales de construcción. Eso hace que el proceso de producción sea aún más complicado.

Metrohm ofrece **alrededor 100 aplicaciones** para ayudar a controlar el proceso de producción de polímeros desde el análisis de monómeros hasta el control final de los productos terminados. Las técnicas varían desde titulación y cromatografía iónica hasta espectroscopía y voltamperometría.

### Puedes contar con nuestro know-how

Metrohm le ofrece soluciones completas para problemas analíticos muy específicos. Los representantes de Metrohm son profesionales que desarrollan aplicaciones personalizadas y le brindan asistencia profesional en todos los asuntos relacionados con el análisis de polímeros. Con nosotros usted puede obtener métodos estandarizados y métodos secundarios como Raman y NIR de un solo proveedor. Nuestro conocimiento, experiencia y métodos optimizados ayudan a aumentar el rendimiento de una manera precisa con gran ahorro de tiempo y por consecuencia, a un menor costo.

En este folleto, presentamos algunas aplicaciones seleccionadas utilizadas durante la producción de polímeros. No dude en ponerse en contacto con nuestros especialistas en aplicaciones para obtener ayuda y más información.

**Nota de aplicación (AN):** En todo el folleto (AN) significa Nota de Aplicación. Puede encontrar todas las AN mencionadas en el buscador de aplicaciones en [www.metrohm.com/es-mx/aplicaciones/](http://www.metrohm.com/es-mx/aplicaciones/)

# 1. Técnicas Analíticas

## 1.1. Titulación

La titulación potenciométrica es ideal para valorar grupos funcionales en monómeros, en particular mono y poliácidos monoméricos, así como polioles. Estas valoraciones se llevan a cabo principalmente en soluciones no polares y, por lo tanto, se acompañan de un pequeño cambio de potencial, lo que conduce a curvas de valoración planas y erráticas. Metrohm ha superado estos inconvenientes mediante el desarrollo de instrumentos y sensores (por ejemplo, Solvotrode easyClean) que permiten determinar los puntos de

equivalencia en medios de baja conductividad. Cientos de valoraciones son aplicadas en la industria de polímeros: desde **grupos ácidos hasta contenido de cloruro e isocianato pasando por número de hidroxilo, epoxi, carboxilo y número de amina**. Los análisis más comunes y fácilmente automatizados son el número ácido y de hidroxilo, así como el contenido de isocianato. Su determinación titrimétrica está regulada principalmente por las normas ASTM e ISO.

## 1.2. Titulación Karl Fischer

Puede verificar el **contenido de agua** en monómeros gaseosos y líquidos, en gases licuados, así como en monómeros sólidos en materia prima e incluso en plásticos terminados utilizando la valoración de Karl Fischer. La valoración coulométrica Karl Fischer es el método ideal para determinar el contenido de agua a nivel de trazas. Como la mayoría de los polímeros no son

solubles, la determinación del contenido de agua se lleva a cabo utilizando el método del horno **Karl Fischer**, donde la humedad residual en el plástico se evapora y se transfiere a la celda de titulación donde se valora posteriormente.

## 1.3. Cromatografía Iónica

La cromatografía iónica (IC) y la cromatografía iónica por combustión se han convertido en métodos eficientes y precisos para cuantificar compuestos en la producción de polímeros, desde materia prima hasta bienes de consumo terminado y componentes en las corrientes de alimentación. Las nuevas tecnologías, como la ultrafiltración, la calibración automática multipunto y el análisis especializado de cationes ayudan a monitorear las corrientes de efluentes con mayor facilidad y precisión que nunca. Esto asegura que la concentración de subproductos en los procesos de fabricación de polímeros cumpla con los límites establecidos. La cromatografía iónica también se puede usar para otros análisis, como aniones en material perfluorocarbonado (ANS228),

aniones en PVC (AN-S-130), sodio, amonio y potasio en poliéteres (AN-C-059), fosfato y sulfato en muestras de polímeros después de la dilución y diálisis en línea (AN-S-230).

En los polioles, los metales alcalinos representan algunas de las **impurezas críticas**, porque son catalizadores fuertes para reacciones lineales y ramificadas. La cromatografía iónica después de la eliminación de la matriz en línea es un método rápido y preciso para la determinación simultánea de sodio y potasio. Además, IC es una tecnología efectiva **para pruebas de producción final** y aplicaciones de monitoreo ambiental en la industria de polímeros.

## 1.4. Cromatografía Iónica por Combustión

La cromatografía iónica por combustión (CIC) es adecuada para analizar halógenos, azufre y bifenilos policlorados (PCB) en materia prima y productos terminados. Impulsado por los recientes avances técnicos en **automatización**, CIC ha mejorado tanto su precisión como su facilidad de uso. El IC estándar se usa habitualmente para la medición de varios aniones y cationes en el agua de descarga para el cumplimiento del NPDES (Sistema Nacional de Eliminación de Descargas

de Contaminantes), y para la cuantificación de aminas en materia prima en el monitoreo de efluentes. En esta técnica en línea, la muestra se somete a combustión pirohidrolítica, donde los compuestos de interés se convierten a forma gaseosa y luego son absorbidos directamente por una solución. La cual es analizada posteriormente mediante cromatografía iónica.

La cromatografía iónica de combustión es una herramienta invaluable para el análisis de materia prima y componentes terminados en la industria de los polímeros.

## 1.5. Método PVC-Thermomat

El 895 Professional PVC Thermomat de Metrohm **determina la termoestabilidad del Cloruro de Polivinilo (PVC) y otros polímeros que contienen cloro** mediante la prueba de deshidrocloración (DHC).

Esto implica exponer las muestras a temperaturas elevadas en el PVC Thermomat y medir el tiempo de estabilidad - el tiempo hasta que se libera el cloruro de hidrógeno gaseoso-. El método cumple con los estándares nacionales e internacionales, y es particularmente fácil de realizar.

## 1.6. Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIRS)

Los analizadores de laboratorio de Metrohm para espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) permiten a los usuarios realizar análisis de rutina (por ejemplo, determinación del número de hidroxilos en polioles) de forma rápida y confiable, sin requerir preparación de muestras o uso de reactivos adicionales además de obtener resultados en menos de un minuto. Estos analizadores son capaces de realizar análisis cualitativos y cuantitativos de distintos parámetros físicos y químicos en una sola ejecución.

La espectroscopía Vis-NIR es muy adecuada para analizar diversos polímeros como poliuretanos, PET, PVC, nylon, etc. Los parámetros comunes determinados por

espectroscopía - Vis-NIR - son número de hidroxilos, densidad, viscosidad, índice de flujo de fusión, índice de ácido, contenido de humedad, dietilenglicol y grupos terminales carboxílicos, por nombrar solo algunos. Como las mediciones por espectroscopía Vis-NIR solo toman unos segundos, es el método preferido para el monitoreo en tiempo real de reacciones químicas. Mirando más allá de los parámetros químicos, la espectroscopía Vis-NIR también se usa para determinar la homogeneidad de mezcla o la distribución del tamaño de partícula. La combinación del análisis en tiempo real con una precisión y fiabilidad superior hace que la espectroscopía Vis-NIR sea una técnica incomparable para el análisis de polímeros.

## 1.7. Espectroscopía Raman

Con nuestros analizadores portátiles Raman, puede identificar monómeros comunes de manera cómoda y rápida. Los monómeros como el estireno, diversos alquil metacrilatos, divinilbenceno, etilenglicol, fenol, ácido tereftálico y urea pueden analizarse en segundos. Además, los aditivos o inhibidores como la

benzoquinona se pueden identificar de forma rápida e inequívoca. Los analizadores Raman de Metrohm (Mira) combinan la facilidad de uso con la máxima seguridad y proporcionan resultados en segundos. Raman puede distinguir eficazmente materiales como ABS, PE, PS, PET y PMMA\* en los residuos, independientemente del color, el agua superficial, la deformación o la suciedad.



\*Copolímeros de Acrilonitrilo-butadieno-Estireno (ABS), polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), Polimetil-metacrilato (PMMA)

## 1.8. Voltametría

La voltametría es una técnica muy sensible para el análisis de sustancias electroquímicamente activas, como los iones inorgánicos u orgánicos, y también puede analizar

compuestos orgánicos neutros. La voltametría es muy adecuada para el análisis de la calidad de la materia prima en la fabricación de polímeros. Esta técnica combina una amplia gama de aplicaciones, tiempos de análisis cortos, alta precisión y sensibilidad con costos de inversión y operación relativamente bajos.

## 1.9. Electroquímica

Nuestra cartera de productos electroquímicos abarca desde instrumentos portátiles y sistemas modulares para una total flexibilidad hasta estaciones de trabajo multicanal que permiten realizar varios experimentos simultáneamente. Las mediciones electroquímicas se utilizan para la caracterización de materiales e interfaces electroquímicamente activas que implican transferencia de electrones o cargas (por ejemplo, polímeros conductores). Todas las mediciones electroquímicas se basan en un control de alta precisión y mediciones de voltaje, corriente, carga eléctrica o impedancia y se realizan con potenciostatos / galvanostatos especialmente diseñados. La investigación abarca la trayectoria de desarrollo progresivo de los compuestos desde la validación teórica y conceptual de nuevos materiales hasta

la caracterización y el control de calidad de materiales y dispositivos. Uno de los materiales más populares actualmente en estudio es el grafeno. Este material es apto para la investigación electroquímica porque tiene propiedades eléctricas, ópticas y mecánicas especiales y es un polímero de enlace covalente bidimensional. Se usa ampliamente como material de electrodos y sustratos en muchos campos de aplicación de electroquímica. Metrohm DropSens dispone de electrodos serigrafiados de grafeno (SPE) especialmente modificados y listos para usar. Las técnicas de medición esenciales en el software NOVA 2, utilizadas con cualquiera de los potenciostatos / galvanostatos proporcionados por Metrohm Autolab, permiten una investigación a fondo en este campo.

## 1.10. Análisis de Procesos Multimétodo

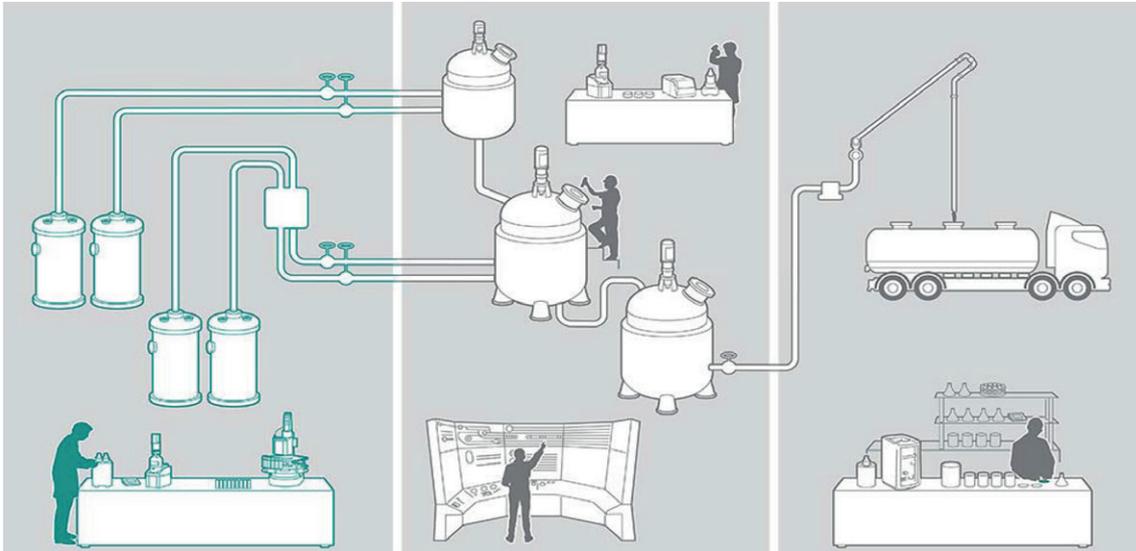
Nuestros analizadores de procesos inline, online y atline le permiten monitorear diferentes parámetros en tiempo real, de forma continua y totalmente automática. Por lo tanto, pueden integrarse sin problemas en casi cualquier proceso de producción. Nuestros analizadores de proceso industriales están disponibles para una amplia gama de

analitos y en varias configuraciones, desde sistemas de un solo parámetro hasta analizadores multi-paramétricos que realizan análisis por titulación, Cromatografía iónica, voltametría, fotometría, así como mediciones directas o mediciones con electrodos de ion selectivo.



## 2. Aplicaciones

### 2.1. Control de Calidad para materia prima



Un producto final solo puede ser tan bueno como los materiales utilizados para fabricarlo. Los análisis regulares y sistemáticos del material entrante aseguran ciertos atributos de identidad y calidad del producto final antes de que el proceso de producción haya comenzado. Dada la importancia de la calidad de la materia prima, los análisis deben ser específicos, confiables y precisos, y dada la importancia de los aspectos económicos, como el tiempo de comercialización,

los análisis también deben ser eficientes y ahorrar tiempo. Metrohm ofrece una gama de instrumentos y métodos que cumplen con todos los requisitos en la inspección de materia prima: desde sistemas listos fáciles de usar hasta configuraciones personalizadas adaptadas a su aplicación particular. Además, Metrohm le ofrece acceso gratuito a una amplia gama de aplicaciones específicas de la industria.

Parámetro	Estándar	Matriz	Método
Número Ácido	ASTM D4662	Poliol (En producción de PU)	Titulación
Acidez	ASTM D5629 ASTM D6099 ISO 14898	Isocianatos aromáticos de baja acidez y prepolímeros de PU Isocianatos aromáticos de moderada a alta acidez Isocianatos aromáticos en la producción de PU	Titulación
Acidez libre	EN ISO 1061	Acetato de celulosa no plastificado	Titulación
Alcalinidad/Basicidad	ASTM D4662 ASTM D6979 ISO 14899 ASTM D6437	Poliol (en producción de PU)	Titulación
Aldehídos totales	ASTM D7704	Monómero de estireno	Titulación
Cloro total	ASTM D4661	Isocianatos	Titulación
Cloro hidrolizable	ASTM D4663	Isocianatos	Titulación
Grado de insaturación	ISO 17710 ASTM D4671	Poliol (en producción de PU)	Titulación
Grupo Hidroxilo	ASTM E1899	Poliol (en producción de PU)	Titulación
Número de Hidroxilo	ASTM D4274 ISO 14900 ASTM D6342 ISO 15063	Poliol (en producción de PU)	Titulación NIRS NIRS
Número de absorción de permanganato	ISO 8660	Caprolactama	Fotometría
Contenido de agua	ASTM D5460 ASTM D4672 ISO 14897	Aditivos de Caucho Poliol (en producción de PU) Poliol (en producción de PU)	KFT KFT



### 2.1.1. Determinación del contenido agua

Los contaminantes en la materia prima como el agua pueden obstaculizar significativamente el proceso de producción. El agua se puede cuantificar usando la valoración de Karl Fischer independientemente del estado físico del monómero. Puede verificar el contenido de agua en monómeros gaseosos y líquidos, así como en gases licuados utilizando la titulación Karl Fischer. Además, puede analizar muestras sólidas con el método de horno KF.

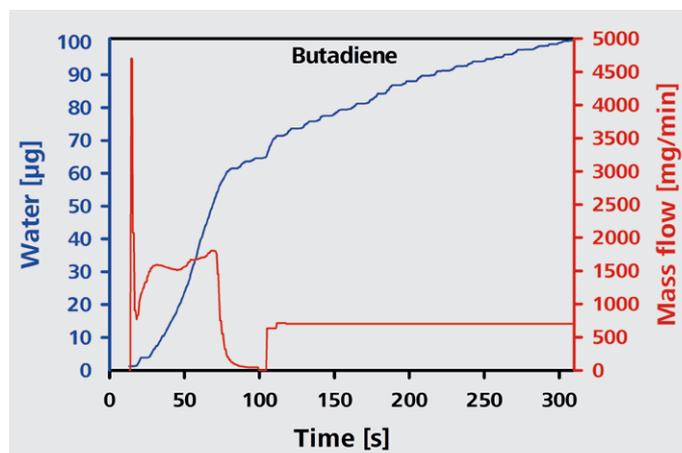


874 USB 74 USB Oven Sample Processor, 851 Titrande (celda coulométrica) y software de titulación **tiamo**.

## Determinación de agua en monómeros líquidos

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Agua en melamina [AN-K-034](#)
- Agua en beta-caprolactama [AN-K-035](#)



Gas butadieno- determinación de agua

## Determinación de agua en monómeros gaseosos

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Agua en propeno [AN-K-066](#)
- Agua en butadieno [AN-K-060](#)



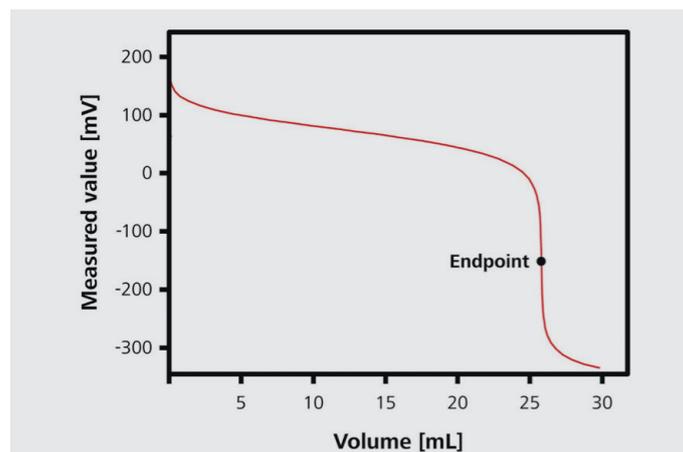
855 Robotic Titrosampler para titulación ácido/base

### 2.1.2. Número Ácido, número de hidroxilos, determinación de isocianato

Cuando el ácido acrílico se dimeriza, los grupos ácidos de dos monómeros reaccionan entre sí. El número de funciones de ácido libre por gramo de material refleja el contenido de dímero. El índice de acidez, es decir, la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) en miligramos que se requiere para neutralizar un gramo de muestra, se

determina como un indicador de calidad. Esto se realiza mediante titulación (figura a continuación).

La titulación tiene lugar en una solución no acuosa. La baja conductividad del medio hace que sea más difícil determinar el punto final potenciométricamente, pero los sensores adecuados como el Solvotrode easyClean de Metrohm permiten determinaciones precisas. El análisis puede ser totalmente automatizado.



Número Ácido según ASTM D4662 e ISO 2114

## Determinación de número ácido

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Índice de acidez, índice de hidroxilos e isocianatos en materia prima para plásticos por titulación [AB-200](#)
- Número ácido parcial en resina de poliéster insaturado de acuerdo con ISO 2114 [AN-T-164](#)
- Índice de acidez total en resina de poliéster insaturado según ISO 2114 [AN-T-165](#)
- Número ácido en ácido acrílico [AN-T-160](#)

## Número de Hidroxilos de acuerdo a ASTM E1899, ISO 4629-2 e ISO 2554

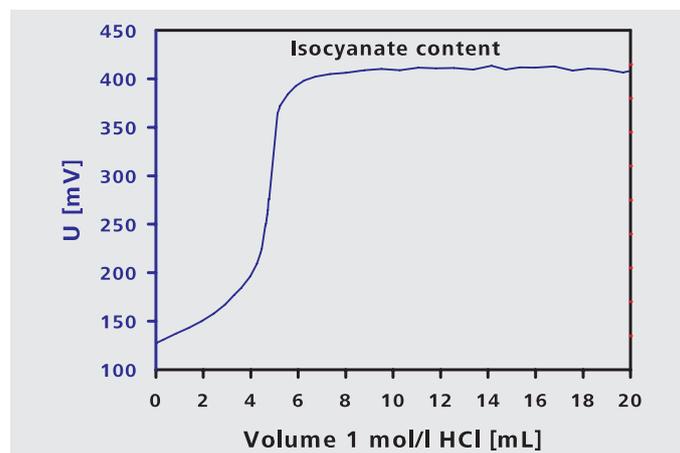
### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Determinación potenciométrica completamente automatizada para Número de Hidroxilos (HN) de acuerdo con ASTM E1899 e ISO 4629-2 [AB-322](#)
- Número de hidroxilos en polioles y oxo-alcoholes según ASTM E1899 [AN-T-178](#)
- Número de hidroxilos en polioles y oxo-alcoholes según ISO 4629-2 [AN-T-177](#)

## Isocianatos de acuerdo a ISO 11909, ISO 14896 e ISO 2554

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Isocianato en resina de poliéster insaturado y resina de poliuretano de acuerdo con ISO 14896 [AN-T-167](#)
- Valor ácido, índice de hidroxilo e isocianatos en materia prima para plásticos por valoración [AB-200](#)



Determinación de isocianatos

## Análisis de materia prima / verificación de parámetros en tiempo real por espectroscopía

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Hidroxilos en polioles [AN-NIR-006](#)
- Contenido de isocianato mediante espectroscopía Vis-NIR [AN-NIR-068](#)
- Número de hidroxilos en polioles líquidos usando espectroscopía Vis-NIR [AN-NIR-035](#)
- Determinación simultánea de múltiples parámetros de calidad en polioles usando Vis-NIRS [AN-NIR-065](#)



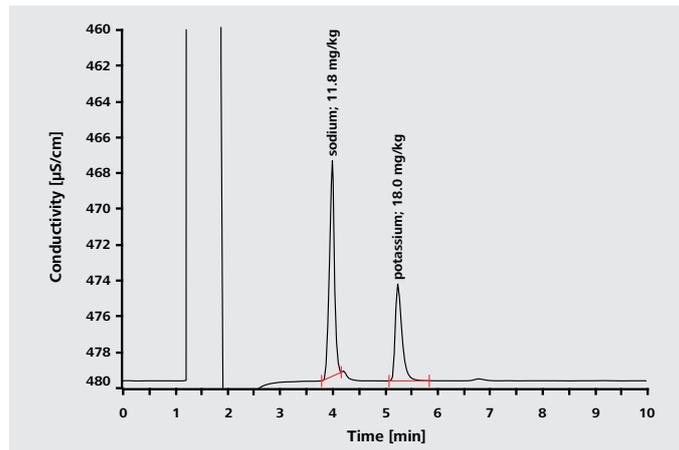
### 2.1.3. Impurezas

#### Sodio y potasio en polioles por IC

Existen también contaminantes en la materia prima como el sodio y el potasio, que pueden afectar significativamente el proceso de producción.

#### NOTA DE APLICACIÓN:

- Sodio y potasio en poliol usando IC después de la eliminación de matriz en línea [AN-C-157](#)



Determinación de Sodio y Potasio

#### 4-CBA en ácido politereftálico y hierro en etilenglicol

#### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Determinación polarográfica de 4-carboxibenzaldehído en ácido tereftálico por polarografía [AB-190](#)
- 4-carboxibenzaldehído en ácido politereftálico [AN-V-062](#)
- Hierro (total) en etilenglicol con 2,3 dihidroxinaftaleno [AN-V-123](#)



884 Professional Professional VA semiautomatizado, determinación única

## 2.1.4. Inhibitors: Inhibidores: análisis de proceso online para pruebas de materia prima

TBC en estireno, butadieno o acetato de vinilo

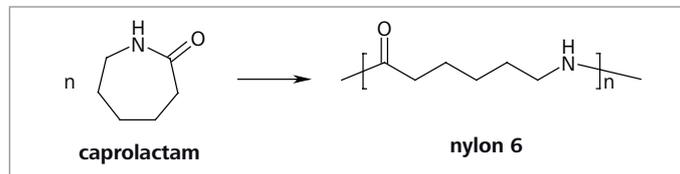
### NOTA DE APLICACIÓN:

- 4-terc-butil-catecol en estireno de acuerdo con ASTM D4590 [AN-PAN-1027](#)

Monitoreo de pureza de la caprolactama de acuerdo con ISO 8660

### NOTA DE APLICACIÓN:

- Número de absorción de permanganato [AN-PAN-1011](#)



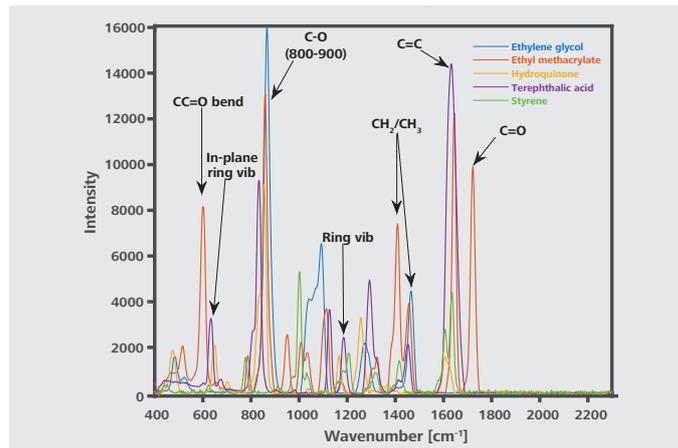
Determinación de Carbolactama

## 2.1.5. Identificación de materia prima mediante espectroscopía Raman.

¿Cómo funciona? El instrumento ilumina una muestra con luz láser y luego detecta fotones dispersos. Los fotones dispersados elásticamente tienen la misma energía antes y después de interactuar con la muestra, por lo que no proporcionan ninguna información sobre la identidad de la muestra, es decir, no tienen valor para la determinación. En el caso de los fotones dispersados inelásticamente, las interacciones entre la luz y la muestra dan como resultado cambios en la frecuencia de los fotones. Este cambio en la frecuencia proporciona información sobre la muestra:

estos cambios son característicos de la estructura molecular de la muestra. El patrón resultante -el espectro Raman- de cada sustancia es único, proporcionando una huella digital inequívoca para cada molécula. La siguiente figura muestra los espectros Raman de algunos monómeros comunes.

Las posiciones máximas en los espectros Raman proporcionan información sobre la estructura molecular de una molécula de muestra. La diferencia entre la frecuencia de fotones incidentes y dispersos - RAMAN shift- corresponde a las vibraciones de enlace características, que pueden usarse para identificar una molécula. El análisis quimiométrico y la coincidencia de la biblioteca permiten la asignación de cada espectro a un compuesto conocido.



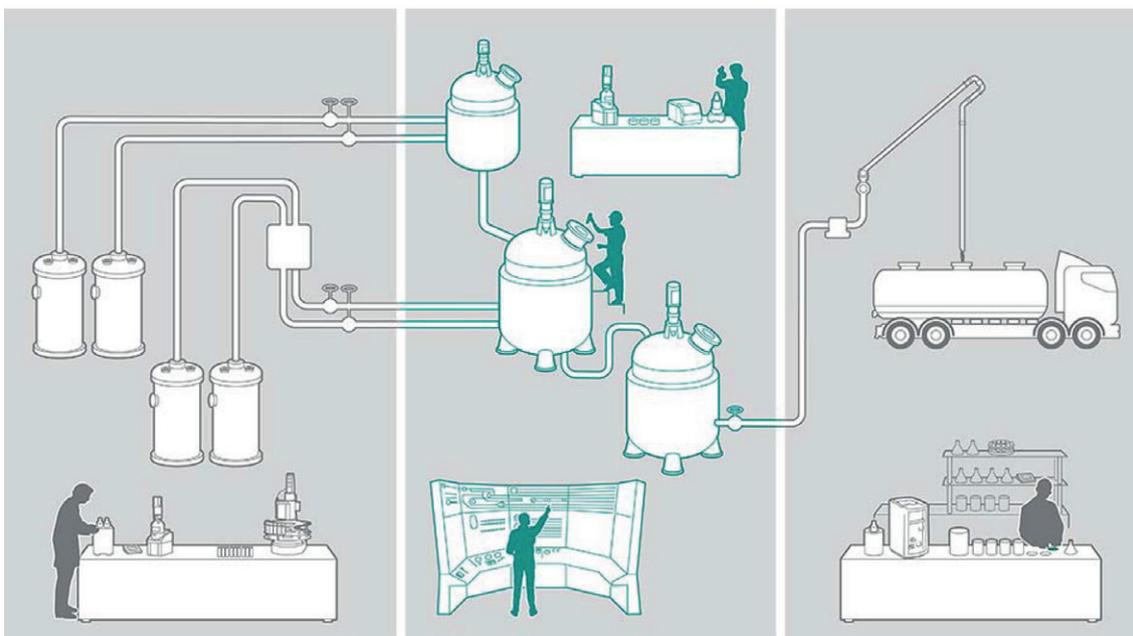
Espectros Raman de algunos monómeros comunes.

**NOTA DE APLICACIÓN:**

- Identificación de monómeros con Raman [AN-RS-008](#)

Esta aplicación demuestra la viabilidad en la identificación de monómeros convencionales en segundos usando el analizador MIRA portátil. Monómeros como el estireno, varios alquilmetacrilatos, divinil benceno, etilenglicol,

fenol, ácido tereftálico y urea pueden ser identificados. Aditivos o inhibidores como la benzoquinona pueden identificarse de forma rápida y sin ambigüedades

**2.2. Intermediarios/monitoreo de la reacción**

Con NIRSystems, usted puede beneficiarse de las tecnologías que proporcionan soluciones personalizadas que hacen que sus procesos industriales sean más seguros, más ecológicos y más efectivos. Los métodos espectroscópicos están predestinados para el monitoreo del proceso de polimerización. Disponible como banco de trabajo, así como sistemas de monitoreo

en línea, los analizadores NIR de Metrohm lo ayudan a revisar lo que sucede en sus reactores. Esta técnica produce resultados en segundos, no requieren reactivos químicos y es una prueba no destructiva. Con estos sistemas no tiene que preocuparse más por el muestreo o la preparación de la muestra.

**Optimización de procesos mediante análisis en tiempo real con espectroscopia.****NOTAS DE APLICACION:**

- Análisis de polímeros usando espectroscopia de infrarrojo cercano [AB-414](#)
- Monitoreo inline de contenido de isocianato libre en poliuretano [AN-PAN-1041](#)
- Análisis de polioles por Infrarrojo cercano: monitoreo del proceso en entornos difíciles [AN-NIR-007](#)

## Monitoreo de reacciones utilizando analizadores de proceso inline y online.

Más de cuatro millones de toneladas de rayón son producidas en todo el mundo cada año para la industria textil. El rayón se produce a partir de la celulosa, un polímero natural que se obtiene de la pulpa. La fibra es producida utilizando el método wet-spinning (hilatura húmeda), en un baño que contiene ácido sulfúrico, sulfato de sodio y sulfato de zinc. Cada una de estas sustancias tiene una tarea específica en el proceso de producción. La alteración de sus concentraciones cambia las propiedades de las fibras, provocando

que se produzcan diferentes tipos de fibras rayón. La determinación online de la concentración de ácido y zinc es esencial para una producción controlada. Se puede llevar a cabo simultáneamente con el ADI 2045TI Process Analyzer de Metrohm Process Analytics. El analizador de procesos ADI 2045TI Ex proof es la solución preferida para entornos peligrosos donde la protección a prueba de explosiones es imprescindible. Nuestro NIRS XDS Process Analyzer proporciona hasta nueve canales de medición inline que ayudan a monitorear simultáneamente varios procesos sin utilizar reactivos químicos.

### Ácido Sulfúrico y Sulfato de Zinc en producción de viscosa/rayón

#### NOTA DE APLICACIÓN:

- Ácido Sulfúrico y Sulfato de Zinc [AN-PAN-1010](#)

### Determinación de trazas de Ácido Sulfúrico en acetona y fenol

#### NOTA DE APLICACIÓN:

- Ácido Sulfúrico en acetona y fenol [AN-PAN-1008](#)

### Análisis de pigmentación de plásticos durante la fabricación.

#### NOTA DE APLICACIÓN:

- Identificación de varios lotes maestros de polímeros con espectroscopia Raman [AN-RS-007](#)

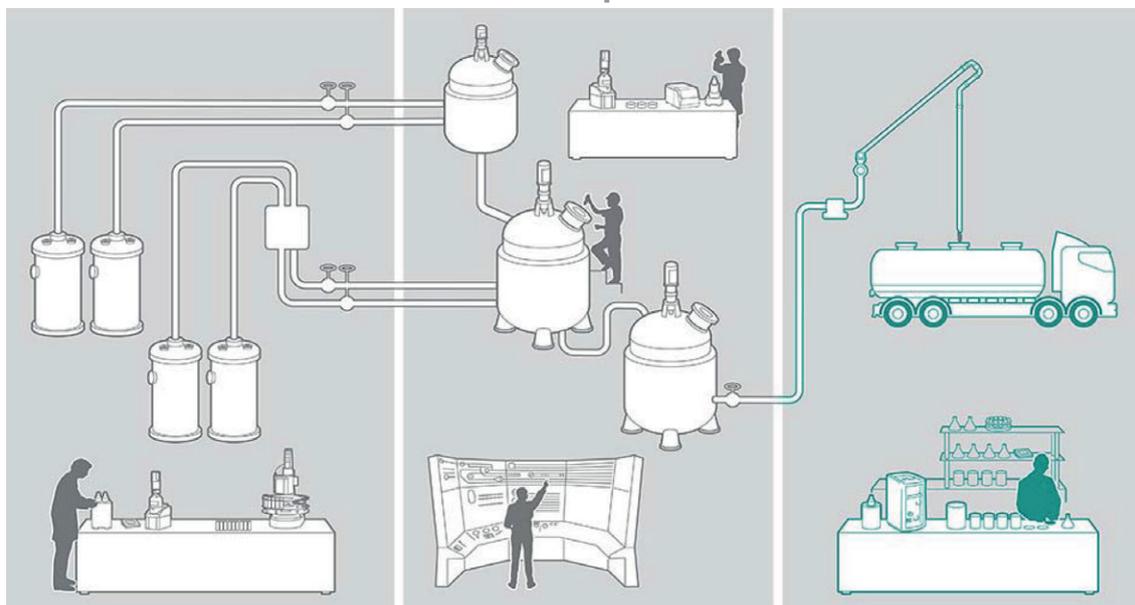
### Monitoreo/recuperación de solventes

En muchos procesos químicos, los solventes pueden tener un costo significativo en la producción del polímero como producto final. Una forma de optimizar los costos de producción de polímeros es considerar la mejora de los procesos de recuperación de solventes. Los sistemas de recuperación de solventes ayudan a reducir el consumo de solvente puro, ahorre en la eliminación de residuos y reduzca la responsabilidad asociada con el almacenamiento del exceso en sitio. Garantizar que los disolventes recuperados sean lo suficientemente puros para reutilizarlos o sean seguros para su eliminación es simple con técnicas analíticas que determinen los niveles de halógeno, sulfuro, agua y metanol.

#### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Monitoreo de la pureza y recuperación de solventes con NIRS [AN-NIR-021](#)
- Halógenos y sulfuro en solventes residuales usando Combustión IC [AN-CIC-002](#)

## 2.3. Control de Calidad del polímero terminado



Los polímeros de alto rendimiento se emplean en prácticamente cualquier industria y son componentes esenciales de muchos productos de consumo. Las propiedades cuidadosamente diseñadas de cada polímero son logradas a través de pasos muy precisos y etapas complejas de producción.

Para garantizar que los polímeros se ajusten a las especificaciones, el control de calidad de los productos terminados es un aspecto clave en la cadena de producción.

### Normas para control de calidad en polímeros y producción de plásticos

Parámetro	Norma/estándar	Matriz	Método
Valor de pH	EN ISO 1264 ISO 8975	Resinas de cloruro de vinilo Plástico, resinas fenólicas.	Valor de pH
Conductividad eléctrica	ISO 9944	Plásticos, resinas fenólicas.	Conductividad
Número Ácido (Total)	ASTM D1386 ISO 2114	Ceras sintéticas y naturales. Resinas de poliéster, pinturas y barnices (aglutinantes)	Titulación
Grupos Amino	ISO 9702	Endurecedores de epóxido de amina	Titulación
Contenido Epoxi	ASTM D1652	Resina epoxica	Titulación
Cloruro hidrolizable	ASTM D1726	Resinas epoxica (Líquidas)	Titulación
Epóxido equivalente	ISO 3001	Compuestos epóxidos	Titulación
Fenoles libres	ISO 119	Molduras de fenol-formaldehído	Titulación
Grupos Hidroxilo	ASTM E1899	Poliol (en producción de PU)	Titulación
Valor de Hidroxilo	EN ISO 2554 EN ISO 4629-2	Resinas de poliéster insaturado Aglutinantes para pinturas y barnices.	Titulación
Contenido de Vinil Acetato	ISO 8985	Copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA) y otros termoplásticos (VA / AA, PVA, PVCA)	Titulación
Contenido de Formaldehído	ISO 11402	Resinas fenólicas y amino.	Titulación
Agua	ASTM D6869 ISO 15512 SH/T 1770	Plásticos Polietileno (PE)	KFT
Termoestabilidad	ISO 182-3	Cloruro de vinilo homo/copolímeros	Estabilidad a la Oxidación
Bromuro	EN IEC 62321-3-2	Cables y alambres libres de halógenos	Cromatografía iónica asistida por Combustión
Grupos Carboxilos terminales	ASTM D7409	Poliamidas / Poliéster	Titulación
Caucho	ISO 19242	Determinación del contenido total de azufre	IC



### 2.3.1. Determinación de agua

Las cantidades excesivas de agua en los productos terminados pueden afectar negativamente sus propiedades. La valoración coulométrica Karl Fischer es el método ideal para determinar el bajo contenido de agua.

Como la mayoría de los polímeros no son solubles en agua, el análisis se lleva a cabo utilizando el método del **Horno Karl Fischer**: la humedad residual en el plástico se calienta para evaporarla antes de la titulación.

#### Contenido de agua en diferentes tipos de plástico.

Tipo de polímero	ABS	PA <sup>2</sup>				PPA <sup>3</sup>	PC <sup>4</sup>	PET <sup>5</sup>			Standard
Muestra	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9	HYDRANAL <sup>®</sup> -Water Standard KF-Oven, 220...230°C, 5.57 ± 0.05%	
Temperatura de horno	230°C	230°C	150°C	150°C	150°C	150°C	230°C	230°C	230°C	230 °C	
1	1371.0	1078.2	1059.7	907.8	1006.3	695.7	1180.4	2196.2	1661.2	<b>1 &amp; 2</b> 5.63 5.56	
2	1382.9	1103.0	1057.0	925.0	1028.4	755.9	1167.4	2146.2	1644.3	<b>3 &amp; 4</b> 5.52 5.54	
3	1384.3	1116.2	1078.4	940.8	1042.6	741.2	1186.0	2144.1	1632.5	<b>5 &amp; 6</b> 5.59 5.54	
4	1398.1	1183.4	1120.7	993.9	1049.7	773.4	1185.9	2176.1	1635.2	<b>7 &amp; 8</b> 5.48 5.50	
5	1401.1	1199.2	1114.2	972.0	1065.7	786.6	1174.1	2203.8	1648.5	<b>9 &amp; 10</b> 5.58 5.48	
<b>Media [µg/g]</b>	<b>1387.5</b>	<b>1136.0</b>	<b>1086.0</b>	<b>947.9</b>	<b>1038.5</b>	<b>750.6</b>	<b>1178.8</b>	<b>2173.3</b>	<b>1644.3</b>	<b>5.54%</b>	
<b>Incertidumbre [µg/g]</b>	<b>15.2</b>	<b>65.4</b>	<b>37.0</b>	<b>43.4</b>	<b>27.9</b>	<b>43.7</b>	<b>10</b>	<b>34.3</b>	<b>14.2</b>	<b>0.034%</b>	

<sup>1</sup>ABS = Copolímero Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno, <sup>2</sup>PA = poliamida, <sup>3</sup>PPA = polilftalamida, <sup>4</sup>PC = policarbonato,

<sup>5</sup>PET: Tereftalato de polietileno

<sup>a</sup>Uncertainty = factor t de Student × desviación estándar × (número de determinaciones)<sup>0.5</sup>

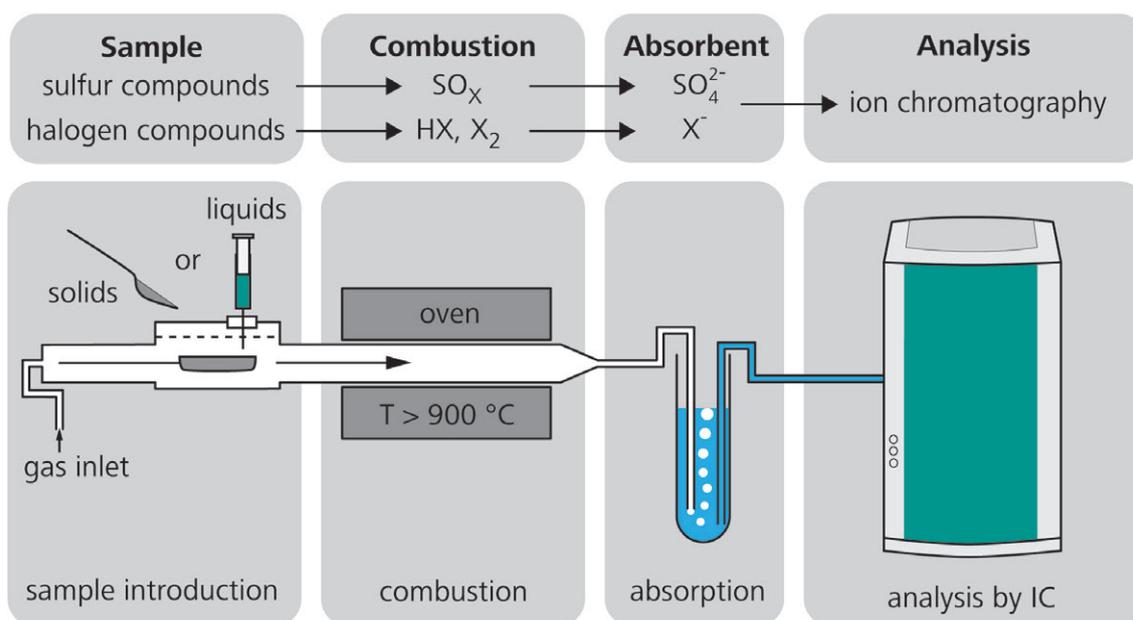
**NOTAS DE APLICACIÓN:**

- Contenido de agua en lentes de contacto suaves [AN-NIR-020](#)
- Determinación simultánea de contenido de agua por KF y ácido-base por titulación potenciométrica [AN-K-068](#)
- Contenido de agua en pellets – determinación sin interferencias de acuerdo a ASTM D6869 [AN-K-049](#)
- Agua en poliestireno expandible: Sistema de análisis simplificado de horno con viales cerrados [AN-K-017](#)

**2.3.2. Halógenos y sulfuro en polímeros**

Los halógenos presentes en los desechos de polímeros pueden ingresar potencialmente al medio ambiente como compuestos cancerígenos. Esto ha enfocado los esfuerzos para reducir el contenido de halógenos en los componentes utilizados en la fabricación de diversos artículos electrónicos,

así como productos y materiales de consumo. Las regulaciones que afectan la composición, los residuos y el uso de la energía en la producción de productos poliméricos se han adoptado en muchos países.



**Combustion IC** Reduce drásticamente la necesidad de preparación de la muestra, ya que ésta es pirolizada en un ambiente oxidante. El haluro de hidrogeno resultante es atrapado en una solución de absorción seguida del

análisis directo por IC. Este es un proceso sencillo y totalmente automatizado que reduce el tiempo de análisis y produce resultados reproducibles.

DIN EN 62321-3-2 stipulates CIC for determining total bromine in electric and electronic product

**NOTA DE APLICACIÓN:**

- Cloruro, bromuro y sulfuro en polietileno de baja densidad aplicando Combustion Ion Chromatography [AN-S-290](#)

El cumplimiento con la directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS por sus siglas en inglés) requiere que el contenido de halógenos en diversos materiales orgánicos se reduzca drásticamente. Esto ha creado una gran demanda de polímeros libres de halógeno para diversos procesos de manufactura (AN-CIC010). El

poli-isobuteno (PIB) es materia prima importante para la fabricación de aditivos en combustibles y lubricantes para controlar la corrosión. El monitoreo de halógenos es indispensable durante la fabricación de aditivos para el control de la corrosión.

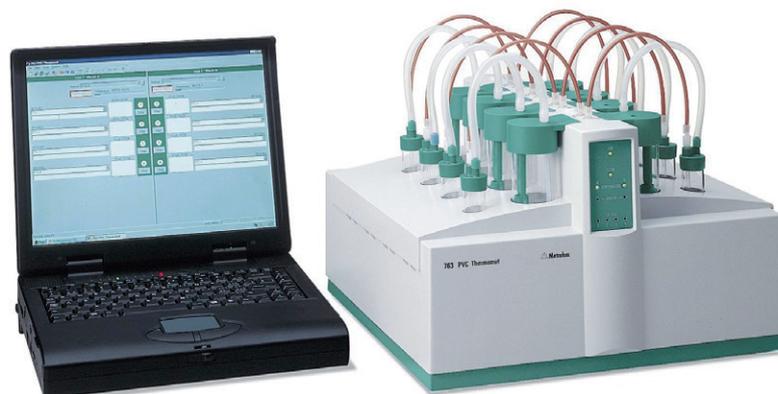
Los PIB también se utilizan en la fabricación de caucho sintético y como base para la fabricación de chicle. (AN-CIC-008).

#### Determinación de los siguientes parámetros con CIC:

Parámetro	Matriz	Nota de Aplicación
Cloro, Bromo, Azufre	Polietileno de baja densidad	AN-CIC-003
Halógenos, Azufre	Guantes de latex	AN-CIC-004
Cloro, Bromo, Azufre	Pellets de polietileno	AN-CIC-006
Flúor	Poli-isobuteno	AN-CIC-008
Halógenos	Polímeros	AN-CIC-010
Bromuro	Poliestireno	AN-CIC-022
Halógeno, Azufre	Halobutilo clorado y bromado	AN-CIC-021
Cloro, Bromo, Azufre	Polietileno de baja densidad	AN-S-290
Cloro, Bromo y Sulfato	Material electrónico	AN-CIC-015

#### Normas y estándares importantes:

- Bromo total en polímeros por Cromatografía Iónica asistida por combustión según [IEC 62321-3-2](#)
- Prueba a material electrónico aplicando CIC para la determinación de Halógenos libres según [IEC 61249-2-21](#)
- Contenido de azufre total en caucho según [ISO 19242](#)



763 PVC Thermomat con PC.

### 2.3.3. Resistencia al calentamiento de PVC

#### Prueba de Deshidrocloración de acuerdo a ISO 182-3: Medición de termo-estabilidad de polímeros

##### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Termoestabilidad del PVC y otros polímeros que contienen cloro [AB-205](#)  
Este boletín de aplicación describe la determinación de termoestabilidad del PVC de acuerdo con ISO 182 Parte 3 utilizando el método de deshidrocloración con el 895 Professional PVC Thermomat. Este instrumento permite la determinación totalmente automática del tiempo de estabilidad. La prueba es adecuada para monitorear la fabricación y el procesamiento de productos de PVC durante el proceso de moldeo por inyección, así como durante la inspección final. La comparación de productos de PVC y probar la efectividad de los estabilizadores de calor son otras aplicaciones de este método. of this method.
- Termoestabilidad del PVC puro, mezclado y procesado [AN-R-008](#)
- Termoestabilidad del PVC [AN-R-016](#)

### 2.3.4. Determinación de carboxilos

##### NOTA DE APLICACIÓN:

- Determinación fotométrica de grupos terminales de carboxilo en polímeros de acuerdo a ASTM D7409 [AN-T-087](#)



DS2500, Multimuestreador con muestra de polímero.

### 2.3.5. Espectroscopia para pruebas en polímeros

#### Verificación de aditivos en plásticos terminados

##### NOTAS DE APLICACIÓN:

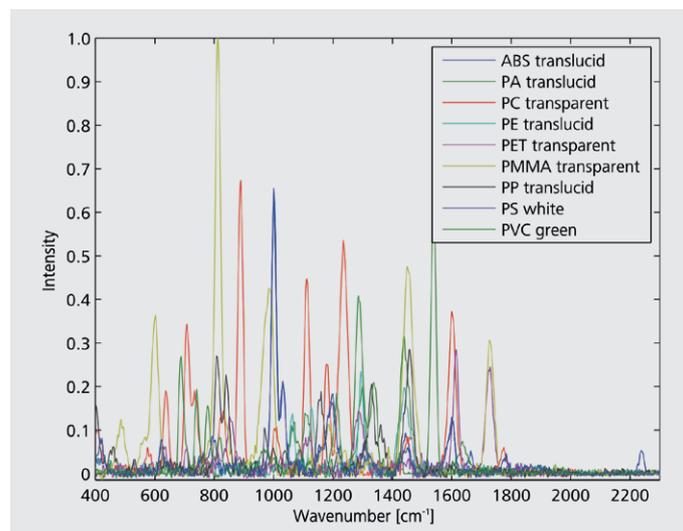
- Determinación de aditivos en pellets de polímeros por infrarrojo cercano [AN-NIR-004](#)
- Determinación de recubrimientos sobre fibras de nylon por espectroscopia de infrarrojo cercano [AN-NIR-005](#)
- Dietilenglicol, ácido isoftálico, viscosidad intrínseca y número ácido en PET granulado por NIRS. [AN-NIR-023](#)
- Análisis de textiles mediante espectroscopia de infrarrojo cercano. [AB-413](#)
- Determinación del número de amina y contenido sólido en pintura de inmersión [AN-NIR-030](#)
- Análisis de polímero granulado por espectroscopia de infrarrojo cercano [AN-NIR-034](#)
- Control de calidad de poliamida mediante espectroscopia Vis-NIR (Nylon) [AN-NIR-060](#)
- Determinación simultánea de múltiples parámetros de calidad en resinas epóxicas utilizando espectroscopia Vis-NIRS [AN-NIR-067](#)

#### Verificación de los niveles de copolímero en plásticos terminados

##### NOTA DE APLICACIÓN:

- Análisis del nivel de copolímero en pellets de polímero mediante espectroscopia de infrarrojo cercano. [AN-NIR-003](#)

Esta aplicación describe la determinación del nivel de copolímero en pellets de polietileno (PE) y del acetato de polivinilo (PVA) usando NIRS. La determinación de la composición de las mezclas de polímeros lleva menos de 30 segundos y no requiere preparación de muestra. Los espectros de la segunda derivada se analizan mediante el método de regresión lineal de mínimos cuadrados.



Verificación de nivel de copolímero en plásticos terminados por espectroscopia.

## Identificación rápida de plástico post-consumo con análisis de tipo de material para reciclado

### NOTA DE APLICACIÓN:

- Identificación de polímeros con espectroscopia Raman [AN-RS-001](#)

Esta nota de aplicación describe la identificación de polímeros por espectroscopia Raman como ABS, PE, PS, PET y PMMA\* en varios tintes. La determinación rápida y no destructiva tiene lugar después de que se haya creado una base de datos de espectros adecuada.

Las mediciones con el espectrómetro Raman *Mira* no requieren preparación de muestra y proporcionan resultados inmediatos e inequívocos.

\* Copolímero de Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), polimetil-metacrilato (PMMA)

### 2.3.6. Residuos e Impurezas

IC ha demostrado ser una tecnología efectiva para las pruebas finales de productos y aplicaciones de monitoreo

ambiental en la industria de polímeros..

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Fosfato y fosfito en poli(ácido vinilfosforico) empleando diálisis para la preparación de muestras [ANS-063](#)
- Fluoruro, glicolato, cloruro, y oxalato en látex expandible [AN-S-122](#)
- Seis aniones en PVC [AN-S-130](#)
- Aniones en perfluorocarbonos [AN-S-228](#)



## Más aplicaciones de IC para la determinación de impurezas

Parámetro	Matriz
Melamina	Ácido acético
Boratos	Polvo de resina
Cationes	Polímero finamente molido
Zinc	Polímero finamente molido
Silicato	Polímero finamente molido
Fluoruro, Fosfato, Sulfato	Concreto, cemento, plastificante
Fosfato y Sulfato	Polímeros
Sodio	Resina de acrilato
Cationes	PVC
Aniones	PVC
Formiato y ácido acrílico	Polímero
Sodio, Potasio	Resina epoxica
Cloruro, Bromuro, Nitrato	Resina epoxica
Fosfato, Fosfito	Ácido polivinilfosfónico al 30%

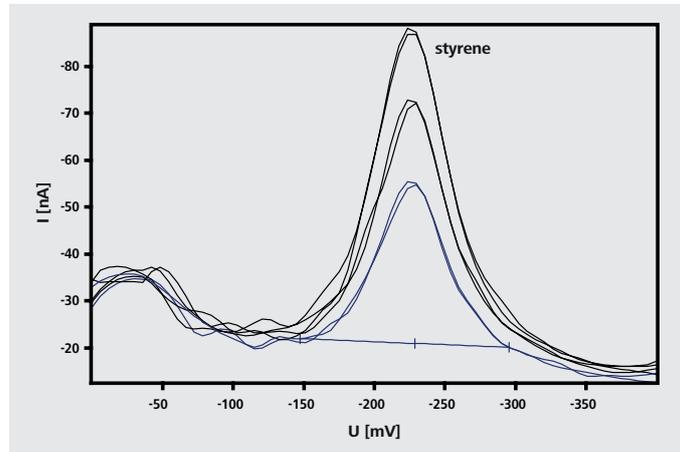
## Estireno en poliestireno terminado / ejemplo de envasado de alimentos y estireno tóxico

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Determinación polarográfica de estireno y copolímero en poliestireno [AB-136](#)

Este boletín de aplicación describe el método polarográfico simple para determinar estireno monomérico en polímeros. El límite de cuantificación es de 5mg/L. Antes de la determinación, el estireno se convierte en pseudonitrosito electroquímicamente activo utilizando nitrito de sodio.

- Estireno libre en poliestireno y mezcla de polímeros [AN-V-064](#)



Styrene determination

## Metales pesados en polímeros

### NOTAS DE APLICACIÓN:

- Titanio en polietilentereftalato (PET) [AN-V-113](#)
- Cobalto en polietilentereftalato (PET) [AN-V-114](#)
- Antimonio en polietilentereftalato (PET) [AN-V-115](#)



884 Professional VA

### 2.3.7. Polímeros conductores de electricidad

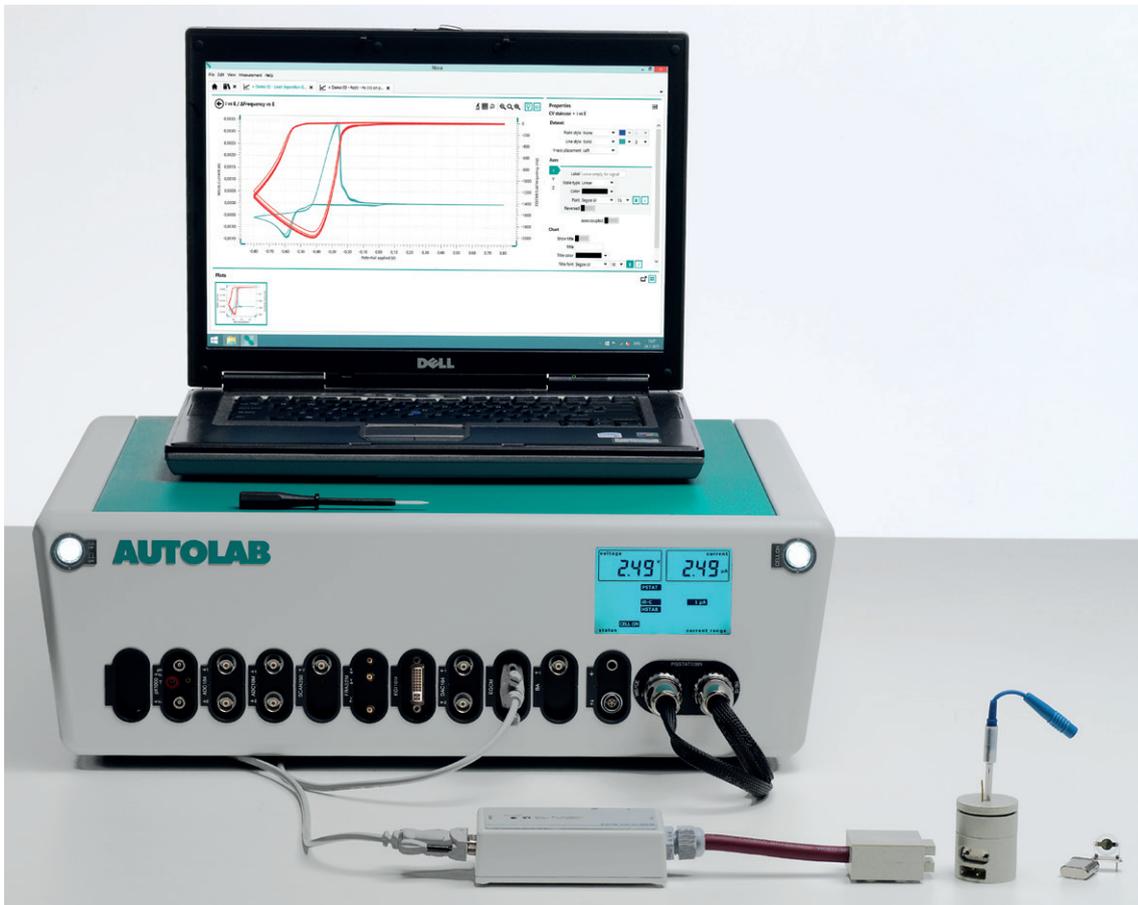
En general, los polímeros sintéticos son aisladores. Sin embargo, si poseen un extenso sistema de electrones  $\pi$ , pueden (semi) conducir electricidad. Los materiales de polímeros conductores (CP) más comunes son la polianilina, el polipirrol, así como el politiofeno y sus derivados. Al incorporar iones de dopaje o sustituyentes, se obtienen conductividades de tipo metálico y otras propiedades excepcionales. Estos materiales se pueden utilizar para elaborar desde un diodo orgánico emisor de luz (OLED) hasta celdas solares poliméricas o dispositivos y electrodos basados en polímeros superconductores. Para investigar las propiedades electroquímicas de los polímeros conductores o de los electrolitos poliméricos durante la electrodeposición, se requieren mediciones in situ como la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y la voltametría cíclica. En estas tecnologías de vanguardia, los investigadores de todo el mundo confían en los instrumentos Metrohm Autolab.

La síntesis, caracterización y uso de polímeros conductores juegan un papel importante dentro de la industria de los polímeros, debido a la versatilidad de aplicación de estos materiales en diferentes áreas tales como: dispositivos de almacenamiento y generación de energía, pantallas electrocromáticas, sensores, electrocatálisis, protección contra la corrosión, y revestimientos.

Se pueden aplicar varias técnicas electroquímicas en la investigación para el campo de los polímeros conductores: voltametría cíclica (CV), cronoamperometría (CA) y cronocoulometría (CC). Estos pueden usarse en técnicas híbridas con Microbalanza de Cristal de Cuarzo (QCM) y son las técnicas más comunes utilizadas para controlar la formación y deposición de polímeros, así como la cinética de los mecanismos de transferencia de carga. La espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) es la técnica electroquímica más poderosa que se usa para la caracterización a fondo de los mecanismos de transferencia de carga y procesos interfaciales que pueden tener lugar entre el polímero conductor y el medio ambiente (electrolito).

Otras técnicas no electroquímicas también pueden ser utilizadas de forma simultánea con la electroquímica para comprender mejor la naturaleza del transporte de carga dentro de los materiales y la relación entre la estructura de un material y sus propiedades químicas y electroquímicas. Algunos ejemplos de técnicas analíticas que se pueden combinar con la electroquímica: espectroscopía UV-VIS, microscopía (óptica, AFM, STM, SECM) y elipsometría. Metrohm Autolab ofrece una gama completa de instrumentos y accesorios electroquímicos para satisfacer las necesidades de los investigadores que trabajan en el campo de los polímeros conductores.

Parámetro	Estándar/Norma	Matriz
Resistencia eléctrica	ASTM D4496	Materiales moderadamente conductivos
Resistividad volumétrica	ASTM D991	r gomas utilizadas en productos eléctricamente conductores y antiestáticos
Resistencia eléctrica	ASTM D257	Métodos de prueba estándar para resistencia DC o conductancia de materiales aislantes
Propiedades eléctricas	ASTM STP926	Ingeniería Dieléctrica Volumen IIB Propiedades eléctricas de materiales aislantes sólidos: técnicas de medición
Resistencia eléctrica	ISO 2878	Caucho vulcanizado. Productos antiestáticos y conductores. Determinación de la resistencia eléctrica.



Autolab PGSTAT302N con módulo EQCM y laptop con NOVA 2.



# ¡Verifique los materiales con solo tocar una pantalla!

**Mira P is** es el nuevo analizador Raman portátil para la industria farmacéutica. Rápido y preciso, Mira proporciona flujos de trabajo guiados, cumple con requerimientos de FDA 21 CFR, Audit Trail, generación de informes y registros electrónicos seguros.

- Inspección de mercancías entrantes
- Verificación de formulaciones
- Monitoreo del proceso

[www.metrohm.com/es-mx/](http://www.metrohm.com/es-mx/)

 **Metrohm**

[www.metrohm.com/es-mx/](http://www.metrohm.com/es-mx/)

