

Producción electroquímica de polímeros

Campo técnico

El campo técnico se refiere, generalmente, a métodos de producción de polímeros y compuestos químicos. Específicamente, comprende el diseño de un dispositivo electroquímico, polimerización por adición, polimerización por condensación y el proceso químico conjunto, implementación de procesos específicos, método de control de procesos y procedimiento de operación.

Antecedentes

La producción convencional de 1-8 Polímeros consiste en suministrar los 1-6 Reactivos que se mezclarán y enviarlos al 1-2 Reactor convencional donde se producen las reacciones con la aplicación de mucho 1-11 Calor y 1-12 Presión, tal como se ilustra en la Figura 1. El 1-8 Polímero se forma como una suspensión sólida y podría separarse de la fase líquida para el lavado y 1-4 Procesamiento adicional, mientras que los reactivos residuales podrían recuperarse para cualquier subproducto valioso. Por ejemplo, la producción continua de polilactida a partir de ácido láctico [1] implica el uso del 1-13 Catalizador para la polimerización en combinación con la eliminación del agua o un portador solvente. Por otro lado, la producción de polietileno [2] implica el uso del 1-13 Catalizador, compuesto por compuestos de metales de transición y aluminio, para producir el 1-8 Polímero en un reactor de polimerización, seguido por el sistema de recuperación de polímero y solvente.

La falla de diseño de la producción convencional de 1-8 Polímero, sin embargo, es que requiere el uso de mucho 1-11 Calor y 1-12 Presión, mientras que a menudo implica el uso de reactivos peligrosos tales como 6-3 Fosgeno y 1-13 Catalizadores costosos. Por ejemplo, el proceso de producción de 1-8 Polímero [3] usa calentamiento para impulsar la polimerización por condensación entre ácido dicarboxílico aromático, diacetato de 2,2-bis(4-hidroxifenil)propano

(también conocido como «6-2 Bisfenol A») y acetato de ácido p-hidroxibenzoico. Sin embargo, esto puede mejorarse porque la reacción de polimerización fundamentalmente no requiere mucha energía. En términos del mecanismo general de la cinética de la reacción de polimerización que se ilustra en la Figura 2, la velocidad de reacción está limitada principalmente por el cuello de botella cinético para el 2-1 Inicio, que produce dicho gran 1-11 Calor y 1-12 Presión, mientras que el resto de las etapas de la reacción implican una 2-2 Etapa de propagación y 2-3 Etapa de terminación, que se producen rápidamente para requerir fundamentalmente poca energía.

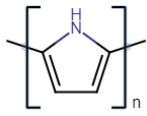
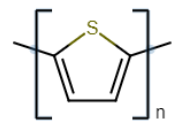
Alternativamente, la reacción de polimerización puede ser impulsada por el uso de 3-1 Electricidad en lugar de 1-11 Calor. Dicha alternativa, una reacción electroquímica, implica conectar el suministro eléctrico a los electrodos sumergidos en un 1-7 Electrolito, tal como se muestra en la Figura 3. El 1-7 Electrolito es usualmente una mezcla líquida conductora de 1-6 Reactivos donde los 6-6 Iones conductores se encuentran presentes, pero puede ser una 30-6 Membrana conductora empapada con una mezcla líquida de 1-6 Reactivos. El electrodo consiste en un material conductor donde la reacción electroquímica se produce en la superficie; donde el electrodo conectado al terminal positivo del suministro de energía se denomina 3-2 Ánodo, que es donde se producen las reacciones de oxidación, y el electrodo conectado al terminal negativo del suministro de 3-1 Electricidad se denomina 3-3 Cátodo, que es donde se producen las reacciones de reducción. Si bien no es esencial para que se produzca la reacción, a menudo se incluye un tercer electrodo, denominado 3-4 Electrodo de referencia, para proporcionar una medida de voltaje del 3-4 Electrodo de referencia.

Cuando los productos sólidos resultan de una reacción electroquímica, tienden a adherirse a la superficie del electrodo como un 3-5 Depósito de sólidos, que a menudo requiere la 9-8 Eliminación de sólidos para mantener el rendimiento de la celda electroquímica. La 9-8 Eliminación de sólidos del electrodo es de interés porque tiene aplicación en la metalurgia

electroquímica y baterías donde los metales de interés se forman como 3-5 Depósitos de sólidos sobre el electrodo y deben recuperarse/aislarse para el 1-4 Procesamiento adicional. De manera convencional para los productos metálicos, el 3-5 Depósito de sólidos podría eliminarse de forma manual, mientras que también se han diseñado algunos sistemas de brazos robóticos [4] para despegar el 3-5 Depósito de sólidos metálico que recubre el 3-3 Cátodo, al imitar el movimiento del brazo humano, especialmente, en la industria minera, tal como en la planta de electrodeposición. La 9-8 Eliminación de sólidos también se despegue de forma mecánica en lotes de láminas depositadas, organizados en una línea de producción, en procesos de recuperación de metales, tales como la recuperación de zinc [5].

Sin embargo, dicha polimerización electromecánica se ha limitado a un nicho de 1-8 Polímeros conductores como los polipirroles y politiofenos. Por ejemplo, los polipirroles, o sus derivados, se han producido de forma electroquímica [6] como depósitos a partir de monómeros en presencia de 6-6 Iones conductores, tales como 68-3 Sal disuelta, que se conectan al suministro eléctrico. Un análogo similar es la producción electroquímica de politiofeno, o sus derivados sustituidos [7], con un solvente orgánico no acuoso y potencial electroquímico aplicado, especialmente, de manera más rentable y energéticamente eficiente. Fundamentalmente, el 1-8 Polímero que se produce de forma electroquímica se limita a unos pocos tipos de 1-8 Polímeros que tienen enlaces insaturados para proporcionar conductividad como en la *Tabla 1*, tal como anillos aromáticos y enlaces dobles o incluso enlaces triples:

Tabla 1 Los tipos limitados de 1-8 Polímeros conductores que contienen enlaces insaturados producidos por métodos electroquímicos debido a la limitación del producto no conductor que bloquea el electrodo

1-8 Polímeros	Estructura molecular
Polipirrol [6]	
Politiofeno [7]	

Esto se debe a que el método similar para despegar electrodos en lotes usado para los depósitos de metales conductores no funcionaría si el 3-5 Depósito de sólidos (sobre el 3-2 Ánodo o 3-3 Cátodo dependiendo de la reacción) no fuera conductor, dado que el 3-5 Depósito de sólidos no conductor bloquearía la superficie del electrodo y la reacción electroquímica se detendría debido a la falta de conductividad. Como resultado, la producción electroquímica alternativa de 1-8 Polímeros no conductores no ha recibido atención, aunque la mayoría de los 1-8 Polímeros en la actualidad, tales como polietileno, no son conductores. Afortunadamente, dicha limitación fundamental está siendo superada por un elemento de diseño novedoso simple pero elegante del 7-1 Dispositivo que elimina el 1-8 Polímero formado, de forma continua del electrodo, tal como lo demuestra la Figura 4. El 7-1 Dispositivo novedoso abre la puerta para producir 1-8 Polímeros no conductores mediante un método electroquímico, y genera un modelo de negocio potencial que combina la producción de 1-8 Polímeros con la valorización de 5-2 Residuos químicos, tal como lo demuestra la Figura 5. Esto se debe a que la polimerización electroquímica permite que la participación del uso de 5-3 Productos químicos básicos de algunos tipos de 5-2 Residuos químicos, que de otra manera no serían reactivos, y que se conviertan en 1-8 Polímeros valiosos y 5-5 Productos químicos de materias primas secundarias tales como combustibles, que es una idea novedosa en lugar del costo de eliminar los 5-2 Desechos químicos. En las secciones

siguientes se tratará una lista no exhaustiva de los 5-3 Productos químicos básicos. Por nombrar algunos, los posibles 5-2 Residuos químicos y 5-3 Productos químicos básicos incluyen, de modo no taxativo:

1. Solvente/lodo residual (tóxico):

- 5 • Etilenglicol
- Propilenglicol

2. Residuos petroquímicos (tóxicos)

- Halohidrina

3. Materias primas/residuos comunes:

- 10 • 6-1 Urea

4. Biomasa:

- Etanol

Los métodos electroquímicos también ofrecen una variedad de ventajas en comparación con las limitaciones de la producción convencional de 1-8 Polímeros, tal como se ilustra con un ejemplo en la Figura 6, que incluye:

- 15 • 1-11 Calor y 1-12 Presión más suaves, lo que reduce el costo (costo de capital para estos equipos y costo operativo para la entrada de energía)
- Menos dependencia del 1-13 Catalizador que, a menudo, es costoso y tiene algunos impactos ambientales
- 20 • Integración con 5-4 Energía renovable existente en lugar del uso de combustibles fósiles para impulsar la reacción
- Compatibilidad con el 1-4 Procesamiento posterior de polímeros dado que los productos son los mismos, lo que permite una implementación rápida debido a que se puede adquirir una planta convencional y simplemente cambiar el 1-2 Reactor convencional por el 35-1
- 25 Reactor electroquímico, en lugar de rediseñar/reconstruir todo el sistema

- El interés de la 9-8 Eliminación de sólidos de la industria metalúrgica ofrece una oportunidad de ingresos de la 6-4 Licencia

Más importante aún, el uso del método electroquímico reduce la necesidad de usar 5-3 Productos químicos básicos reactivos pero peligrosos/tóxicos que tienen impactos ambientales negativos, tal como el reemplazo del 6-3 Fosgeno costoso pero tóxico usado de manera convencional en la producción de 6-7 Policarbonatos, y el reemplazo del 6-8 Ácido clorhídrico corrosivo por 6-9 Amoníaco, que es menos hostil, pero tiene un precio de venta superior.

Compendio

Tal como se ilustra en la Figura 7, la invención de la producción electroquímica de 1-8 Polímeros implica elementos principales: 7-1 Dispositivo, 7-2 Química que implica 7-3 Polímero de adición y 7-4 Polímero de condensación, 7-5 Proceso, 7-8 Procedimiento, 7-6 Tuberías y 7-7 Control.

El 7-1 Dispositivo implica un diseño novedoso del dispositivo de 9-8 Eliminación de sólidos que puede eliminar de forma continua el 3-5 Depósito de sólidos formados en el electrodo, independientemente de la conductividad. Implica el uso de un movimiento circular/cíclico de la superficie del electrodo en contacto con un dispositivo para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos en un proceso continuo, sin tener que quitar el electrodo. Si bien son posibles muchas otras configuraciones, las 4 variantes principales son 9-1 Electrodo cilíndrico, 9-2 Electrodo de cinta transportadora, 9-3 Electrodo de disco giratorio y 9-4 Electrodo de espiral/roscado. También implica el uso de los 7-1 Dispositivos, que incluye el elemento de elevación, 9-7 Transmisión de movimiento, 9-13 Soporte y 9-9 Transporte de sólidos.

El 7-3 Polímero de adición resulta de una reacción de adición electroquímica, en la que no se forma ningún subproducto. Por ejemplo, algunos 7-3 Polímeros de adición incluyen 1-8 Polímeros en los que las cadenas principales son generalmente átomos de carbono (usualmente

los 1-8 Polímeros de polivinilo tales como polietileno, poliestireno y cloruro de polivinilo). En algunas modalidades, la reacción de polimerización se realiza mediante eliminación intramolecular para formar un alqueno, que posteriormente se somete a una reacción de adición *in situ* (justo en el reactivo) para formar los productos poliméricos. Tiene variantes de homopolímeros donde solo se usa un tipo de materia prima de partida, o copolímeros donde se mezclan materias primas de partida diferentes para elaborar los 1-8 Polímeros con una estructura más compleja.

El 7-4 Polímero de condensación resulta de una reacción de condensación electroquímica. Por ejemplo, algunos 7-4 Polímeros de condensación incluyen 1-8 Polímeros donde las cadenas principales contienen heteroátomos tales como un átomo de oxígeno (poliéter y 33-8 Poliéster) o un átomo de nitrógeno (33-9 Poliamidas como en las proteínas y el nailon). Esto implica la eliminación intermolecular donde se unen las moléculas de monómeros. Comprende principalmente la condensación, donde se produce la eliminación simple, y transesterificación, donde se producen reacciones de condensación compleja y/o intercambio. También puede implicar la apertura del anillo de moléculas de monómero cíclico para formar un 1-8-Polímero de cadena larga.

El proceso describe el 34-1 Concepto de proceso de producción electroquímica general y el 34-5 Diagrama de flujo de bloques. Si bien el equipo de proceso de polímero auxiliar puede diseñarse para adaptarse al 35-1 Reactor electroquímico, el proceso podría implicar, en cambio, el 34-3 Reacondicionamiento del proceso de producción del 1-8 Polímero convencional existente al diseñar el 7-1 Dispositivo electroquímico para adaptarse al equipo de proceso de 1-8 Polímero auxiliar existente y reemplazar la unidad de 1-2 Reactor convencional existente. En algunos casos, la unidad de 1-5 Recuperación química puede reemplazarse con una versión más simple o incluso implicar la eliminación de la 34-2 Recuperación, si el subproducto químico se vuelve menos peligroso.

La 7-6 Tubería implica la implementación del proceso industrial específico, que incluye el 40-1 Diagrama de flujo del proceso y Unidades auxiliares, 40-2 Tipos de tuberías, 40-3 Bombas/Compresores, 40-4 Calentador/Refrigerador, 40-5 Servicios, 40-6 Válvulas para facilitar la implementación industrial del proceso. Implica el flujo del proceso donde se conectan las unidades. También se desarrolla más allá de la sección del proceso al detallar aún más la implementación específica, tal como los tanques de reserva.

El 7-7 Control consiste en los indicadores y controladores, así como la estrategia de 7-7 Control utilizada para mantener el proceso en funcionamiento continuo. Comprende una combinación de 48-2 Prealimentación, 48-3 Retroalimentación, 48-4 Relación, 48-5 Rango dividido, 48-6 Selección de control manual, método de control de proceso de 48-7 Indicador/Alarma aplicado para mantener el proceso confiable contra interrupciones. En algunas implementaciones, el 7-7 Control se diseña de modo que cualquier interrupción eventualmente se transfiera a los niveles de los tanques, que tienen gran tolerancia.

El 7-8 Procedimiento proporciona las técnicas de operación para el 59-2 Despliegue de los 7-1 Dispositivos de manera rápida y confiable. Implica los elementos modulares en los que interviene el 59-1 Apilamiento de cada 35-1 Reactor electroquímico y la distribución de la materia prima. Además del 59-2 Despliegue del 35-1 Reactor electroquímico, proporciona una explicación del procedimiento de 34-3 Reacondicionamiento, 59-3 Mantenimiento y 34-4 Gestión de Residuos.

Finalmente, el proceso de producción industrial implica el uso conjunto de los elementos anteriores en combinación.

Breve descripción de las figuras

Figura 1 Proceso de producción de Polímero convencional con el Reactor convencional como componente clave

Figura 2 Explicación representativa de por qué el proceso químico convencional requiere mucho Calor y Presión para crear radicales para iniciar la reacción

Figura 3 Ilustración de la polimerización electroquímica a escala de laboratorio, o cualquier reacción electroquímica general donde se produce depósito de sólidos

5 Figura 4 Mecanismo de eliminación continua de sólidos

Figura 5 Modelo de negocio químico general de la industria de elerGreen

Figura 6 Demostración de las ventajas ofrecidas por el proceso electroquímico novedoso

Figura 7 Desglose de los elementos de las invenciones del Proceso de elerGreen

Figura 8 Ilustración de Lectura de dibujos de ingeniería mediante el uso de notación y símbolos

10 Figura 9 Desglose de las variantes del diseño del Dispositivo electroquímico novedoso

Figura 10 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo cilíndrico)

Figura 11 Celda unitaria del reactor electroquímico (Electrodo cilíndrico)

Figura 12 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo de cinta transportadora)

15 Figura 13 Celda unitaria del Reactor electroquímico (Electrodo de cinta transportadora)

Figura 14 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo de disco giratorio)

Figura 15 Celda unitaria del reactor electroquímico (Electrodo de disco giratorio)

Figura 16 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo
20 espiral/roscado)

Figura 17 Celda unitaria del reactor electroquímico real (Electrodo espiral/roscado)

Figura 18 Desglose del Dispositivo

Figura 19 Generación de movimiento

Figura 20 Transmisión de movimiento

25 Figura 21 Eliminación de sólidos y Transporte de sólidos

Figura 22 Recipiente de reacción

Figura 23 Soporte

Figura 24 Dispositivo de eliminación de gas

Figura 25 Apilamiento del dispositivo de eliminación de sólidos

5 Figura 26 Cepillo conductor

Figura 27 Encerado

Figura 28 Variantes de drenaje/canal para transporte de sólidos

Adición y/o Condensación

Figura 29 Desglose de la producción electroquímica del Polímero de adición

10 Figura 30 Variantes de iones conductores

Figura 31 Variantes de Cosolvente

Figura 32 Variantes de Aditivos

Figura 33 Desglose de las posibilidades principales de producción electroquímica del Polímero de condensación

15 Figura 34 Desglose del proceso conjunto

Figura 35 Variante general del proceso de producción de polímeros electroquímicos novedosos, donde el reactor convencional se reemplaza con el Reactor electroquímico, donde los subproductos aun pueden recuperarse mediante el uso de una unidad de recuperación similar

Figura 36 Una variante del proceso de producción de polímeros electroquímicos novedosos, donde la unidad de recuperación no es necesaria cuando los subproductos son más fáciles de tratar

20 Figura 37 Elemento de reacondicionamiento

Figura 38 Gestión de residuos

Figura 39 Diagrama de flujo de bloques general

25 Figura 40 Desglose de tuberías

- Figura 41 Diagrama de flujo del proceso general para la implementación industrial
- Figura 42 Vía del reactor convencional
- Figura 43 Vía del reactor electroquímico
- Figura 44 Vía de extracción del solvente
- 5 Figura 45 Vía de sorción
- Figura 46 Subproducto con perfil bajo
- Figura 47 Subproducto con perfil alto
- Figura 48 Desglose del Control del proceso
- Figura 49 Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) detallado para el proceso de
- 10 producción de polímeros electroquímicos
- Figura 50 Legenda para el P&ID
- Figura 51 Ejemplo de control de cascada
- Figura 52 Ejemplo de prealimentación
- Figura 53 Ejemplo de retroalimentación
- 15 Figura 54 Ejemplo de control de relación
- Figura 55 Ejemplo de control de rango dividido
- Figura 56 Ilustración de enclavamiento de control de rango dividido
- Figura 57 Ejemplo de control por selección manual
- Figura 58 Ejemplo de indicador y alarma
- 20 Figura 59 Desglose de procedimiento operativo
- Figura 60 Apilamiento de electrodos
- Figura 61 Apilamiento de celdas (2x1)
- Figura 62 Apilamiento de celdas (2x2)
- Figura 63 Apilamiento de celdas (2xn)
- 25 Figura 64 Ejemplo de despliegue de celdas en apilamiento

Figura 65 Apilamiento de celdas (2xn), orientadas hacia afuera

Figura 66 Apilamiento de celdas (nxn), electrodo colgante

Figura 67 Procedimiento de despliegue de celdas

Figura 68 Configuración experimental con medición de la velocidad de flujo de gas

5 Figura 69 Configuración experimental sin medición de la velocidad de flujo de gas

Figura 70 Observación de muestras

Figura 71 Identificación de productos

Figura 72 Conversión frente carga acumulativa

Figura 73 Moles reaccionados frente carga acumulativa

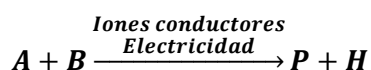
10 Figura 74 Corriente frente voltaje aplicado

Figura 75 Velocidad de flujo de gas frente a corriente

Descripciones detalladas

1. Terminología química

15 La reacción de polimerización electroquímica puede representarse mediante la siguiente ecuación general como la Ecuación 1:



Ecuación 1

Antes de proceder a describir la invención con más detalle, en la **Tabla 2** se describen algunos
20 símbolos que se utilizarán en las secciones posteriores.

Tabla 2 La terminología/símbolos específicos y la representación correspondiente en la descripción

Símbolo	Significado
$\text{---}\xi\text{---}$	Cualquier grupo sustituto: Haluros, cadena principal de carbono, -OH, Aminas, etc.
$\text{---}R_n\text{---}$	Cualquie cadena principal de carbono: Alifática o aromática
$\text{---}Q\text{---}$	Cualquier grupo excepto cadena principal de carbono: Carbonato, Amina, Éter, Éster, etc.
Iones conductores	Cualquier especie que pueda proporcionar iones móviles para la conducción: Sal (cloruro de sodio/sal de mesa), sal orgánica (palmitato de sodio/jabón común), molécula ionizable (ácido clorhídrico), o
n	Número de unidades repetidas, pueden ser de 1 (monómero) a muchas

En primer lugar, el grupo sustituto se representa con un enlace químico y una curva ondulada con número, donde el número simplemente es el número índice del grupo sustituto.

La cadena principal de carbono, ya sea alifática (alquilo) o aromática (arilo), se representa con R_n y cualquier enlace químico cercano que corresponda, n es simplemente el número índice del grupo de la cadena principal de carbono.

El grupo sustituto además de la cadena principal de carbono a menudo es el sitio activo de reacción, y podría representarse como Q y cualquier enlace químico cercano que corresponda.

Para simplificar, los iones conductores se refieren a cualquier especie que pueda proporcionar iones móviles para la conducción, que incluyen sal (cloruro de sodio/sal de mesa), sal orgánica (palmitato de sodio/jabón común), molécula ionizable (ácido clorhídrico), o membrana de intercambio iónico. Se usa en el sistema electroquímico para proporcionar conductividad eléctrica para facilitar la reacción electroquímica. Para la implementación industrial, los iones conductores se utilizan comúnmente en las variantes de 68-3 Sal disuelta, que puede ser 30-5 Inorgánica, tal como el cloruro de sodio (sal de mesa) o 30-4 Sal orgánica (palmitato de sodio), dependiendo de la polaridad del sistema.

Por último, el número n podría usarse en muchas ecuaciones químicas como subíndice de un corchete, que simplemente significa el número de unidades repetidas en el 1-8 Polímero. Puede variar de 1 (monómero) a un número grande de hasta decenas de miles o incluso más.

2. Etiquetas de las figuras

5 Las etiquetas en las figuras se designan de acuerdo con su orden de aparición en las figuras.

1. Figura 1 Proceso de producción de Polímero convencional con el Reactor convencional como componente clave

1-1 Preparación

1-2 Reactor convencional

10 1-3 Separación de sólidos

1-4 Procesamiento

1-5 Recuperación

1-6 Reactivos

1-7 Electrolito

15 1-8 Polímero

1-9 Polímero limpio

1-10 Producto polimérico

1-11 Calor

1-12 Presión

20 1-13 Catalizador

1-14 Electrolito usado

1-15 Subproducto

2. Figura 2 Explicación representativa de por qué el proceso químico convencional requiere mucho Calor y Presión para crear radicales para iniciar la reacción

25 2-1 Iniciación

2-2 Etapa de propagación

2-3 Etapa de terminación

3. Figura 3 Ilustración de la polimerización electroquímica a escala de laboratorio, o cualquier reacción electroquímica general donde se produce depósito de sólidos

5 3-1 Electricidad

3-2 Ánodo

3-3 Cátodo

3-4 Electrodo de referencia

3-5 Depósito de sólidos

10 4. Figura 4 Mecanismo de eliminación continua de sólidos

4-1 Electrodo en movimiento

4-2 Dispositivo de eliminación

5. Figura 5 Modelo de negocio químico general de la industria de elerGreen

5-1 Proceso de elerGreen

15 5-2 Residuos químicos

5-3 Productos químicos básicos

5-4 Energía renovable

5-5 Productos químicos de materias primas

6. Figura 6 Demostración de las ventajas ofrecidas por el proceso electroquímico novedoso

20 6-1 Urea

6-2 Bisfenol A

6-3 Fosgeno

6-4 Licencia

6-5 Voltaje aplicado

25 6-6 Iones conductores

6-7 Policarbonatos

6-8 Ácido clorhídrico

6-9 Amoníaco

7. Figura 7 Desglose de los elementos de las invenciones

5 7-1 Dispositivo

7-2 Química

7-3 Polímero de adición

7-4 Polímero de condensación

7-5 Proceso

10 7-6 Tubería

7-7 Control

7-8 Procedimiento

8. Figura 8 Ilustración de Lectura de dibujos de ingeniería mediante el uso de notación y símbolos

15 8-1 Tanque de alimentación A

8-2 Corriente 1A

8-3 Válvula de control V-01A

8-4 Transmisor del indicador de velocidad de flujo 01A

8-5 Controlador del indicador de velocidad de flujo 01A

20 9. Figura 9 Desglose de las variantes del diseño del Dispositivo electroquímico novedoso

9-1 Electrodo cilíndrico

9-2 Electrodo de cinta transportadora

9-3 Electrodo de disco giratorio

9-4 Electrodo espiral/roscado

25 9-5 Mecánica

	9-6 Generación de movimiento
	9-7 Transmisión de movimiento
	9-8 Eliminación de sólidos
	9-9 Transporte de sólidos
5	9-10 Múltiples hojas
	9-11 Cinta transportadora
	9-12 Canal
	9-13 Soporte
	9-14 Móvil
10	9-15 Incorporado
	9-16 Accesorios
	9-17 Eliminación de gas
	9-18 Cepillo conductor
	9-19 Encerado
15	9-20 Recipiente
	10. Figura 10 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo cilíndrico)
	10-1 Contraelectrodo
	11. Figura 11 Celda unitaria del reactor electroquímico (Electrodo cilíndrico)
20	12. Figura 12 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo de cinta transportadora)
	12-1 Polea
	13. Figura 13 Celda unitaria del Reactor electroquímico (Electrodo de cinta transportadora)
	14. Figura 14 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo de disco giratorio)
25	

- 15. Figura 15 Celda unitaria del reactor electroquímico (Electrodo de disco giratorio)
- 16. Figura 16 Principios básicos de funcionamiento de la eliminación de sólidos (Electrodo espiral/roscado)
- 17. Figura 17 Celda unitaria del reactor electroquímico real (Electrodo espiral/roscado)
- 5 18. Figura 18 Desglose del Dispositivo
 - 19. Figura 19 Generación de movimiento
 - 19-1 Motor
 - 19-2 Engranajes
 - 19-3 Eje
- 10 20. Figura 20 Transmisión de movimiento
 - 20-1 Transmisión por cadena
 - 21. Figura 21 Eliminación de sólidos y Transporte de sólidos
 - 21-1 Aleta
 - 21-2 Fluido de lavado
 - 15 21-3 Ajuste de hoja
 - 21-4 Entrada de fluido de lavado
 - 21-5 Salida de fluido de lavado
 - 22. Figura 22 Recipiente de reacción
 - 22-1 Entrada de electrolito
 - 20 22-2 Salida de electrolito
 - 22-3 Ventanas laterales
 - 23. Figura 23 Soporte
 - 23-1 Gato hidraulico
 - 23-2 Brazo
 - 25 23-3 Ruedas

23-4 Cuerpo de la estructura

24. Figura 24 Dispositivo de eliminación de gas

24-1 Salida de ventilación

24-2 Tapa

5 24-3 Cubierta

24-4 Peso

24-5 Mangas (tubería de lavado)

24-6 Mangas (tubería del tanque)

24-7 Mangas (estructuras de electrodos)

10 25. Figura 25 Apilamiento del dispositivo de eliminación de sólidos

26. Figura 26 Cepillo conductor

26-1 Soporte accesorio

27. Figura 27 Encerado

27-1 Capa de cera

15 28. Figura 28 Variantes de drenaje/canal para transporte de sólidos

28-1 Arco (Predeterminado)

28-2 Rectangular 9-12 Canal

28-3 Triangular 9-12 Canal

28-4 Aleta perpendicular (Predeterminada)

20 28-5 Aleta aguda

28-6 Aleta obtusa

29. Figura 29 Desglose de la producción electroquímica del Polímero de adición

29-1 Homopolímero

29-2 Copolímero

25 29-3 Grupo de alcohol

29-4 Variantes

30. Figura 30 Variantes de iones conductores

30-1 Iones disueltos

30-2 Metálicos

5 30-3 No metálicos

30-4 Orgánicos

30-5 Inorgánicos

30-6 Membrana

31. Figura 31 Variantes de Cosolvente

10 31-1 Cosolvente

31-2 Molécula de diseño

31-3 Éter de corona

31-4 Solvente

32. Figura 32 Variantes de Aditivos

15 32-1 Aditivos

32-2 Redox

32-3 Otros

33. Figura 33 Desglose de las posibilidades principales de producción electroquímica del

Polímero de condensación

20 33-1 Condensación

33-2 Poliéter

33-3 Monoalcohol: Resinas de furano y fenol

33-4 Celulosa

33-5 Polisulfuro

25 33-6 Poliamina

	33-7 Transesterificación
	33-8 Poliéster
	33-9 Poliamida
	33-10 Polianhídrido
5	33-11 Poliimida
	33-12 Poliuretano
	33-13 Apertura de anillo
	33-14 Heteroátomos: Polisiloxanos Polisulfona, Polifosfato, polinitrato
	33-15 Polisiloxanos
10	33-16 Polisulfona
	34. Figura 34 Desglose del proceso conjunto
	34-1 Concepto
	34-2 Eliminación de recuperación
	34-3 Reacondicionamiento
15	34-4 Gestión de residuos
	34-5 Diagrama de flujo de bloques
	35. Figura 35 Variante general del proceso de producción de polímeros electroquímicos novedosos, donde el reactor convencional se reemplaza con el Reactor electroquímico, donde los subproductos aun pueden recuperarse mediante el uso de una unidad de recuperación similar
20	35-1 Reactor electroquímico
	36. Figura 36 Una variante del proceso de producción de polímeros electroquímicos novedosos, donde la unidad de recuperación no es necesaria cuando los subproductos son más fáciles de tratar
25	36-1 Descarga

37. Figura 37 Elemento de reacondicionamiento

37-1 Derivación

34-4 Gestión de residuos

38. Figura 38 Gestión de residuos

5 38-1 Extracción de residuos

39. Figura 39 Diagrama de flujo de bloques general

40. Figura 40 Desglose de tuberías

40-1 Diagrama de flujo del proceso y unidades auxiliares

40-2 Tipos de tuberías

10 40-3 Bombas/Compresor

40-4 Calentador/Refrigerador

40-5 Servicios

40-6 Válvulas

41. Figura 41 Diagrama de flujo del proceso general para la implementación industrial

15 42. Figura 42 Vía del reactor convencional

42-1 Corriente de reacción convencional

42-2 Corriente de sólido convencional

42-3 Corriente de mezcla convencional

43. Figura 43 Vía del reactor electroquímico

20 43-1 Corriente de reacción electroquímica

43-2 Corriente de sólidos electroquímicos

43-3 Corriente de mezcla electroquímica

44. Figura 44 Vía de extracción del solvente

44-1 Corriente de extracción de solventes

25 45. Figura 45 Vía de sorción

45-1 Corriente de sorción

46. Figura 46 Subproducto con perfil bajo

46-1 Corriente hacia arriba del tanque

46-2 Corriente hacia abajo del solvente

5 47. Figura 47 Subproducto con perfil alto

47-1 Corriente hacia arriba del solvente

47-2 Corriente hacia abajo del tanque

48. Figura 48 Desglose del Control del proceso

48-1 Cascada

10 48-2 Prealimentación

48-3 Retroalimentación

48-4 Relación

48-5 Rango dividido

48-6 Selección de control manual

15 48-7 Indicador/Alarma

48-8 Respuesta rápida

48-9 Precisión

48-10 Confiabilidad

48-11 Múltiples

20 48-12 Respuesta diferente necesaria

48-13 Flexibilidad y seguridad

48-14 Depósito para interrupciones

49. Figura 49 Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) detallado para el proceso de
producción de polímeros electroquímicos

25 50. Figura 50 Legenda para el P&ID

- 51. Figura 51 Ejemplo de control de cascada
- 52. Figura 52 Ejemplo de prealimentación
- 53. Figura 53 Ejemplo de retroalimentación
- 54. Figura 54 Ejemplo de control de relación
- 5 55. Figura 55 Ejemplo de control de rango dividido
- 56. Figura 56 Ilustración de enclavamiento de control de rango dividido
- 57. Figura 57 Ejemplo de control por selección manual
- 58. Figura 58 Ejemplo de indicador y alarma
- 59. Figura 59 Desglose de procedimiento operativo
- 10 59-1 Apilamiento
- 59-2 Despliegue
- 59-3 Mantenimiento
- 60. Figura 60 Apilamiento de electrodos
- 60-1 Alternancia
- 15 60-2 Agregación
- 60-3 Aislante
- 60-4 Cable/Conexión eléctrica
- 61. Figura 61 Apilamiento de celdas (2x1)
- 61-1 Personal
- 20 61-2 Lado de monitoreo
- 61-3 Lado de mantenimiento
- 61-4 Lado de apilamiento
- 62. Figura 62 Apilamiento de celdas (2x2)
- 63. Figura 63 Apilamiento de celdas (2xn)
- 25 64. Figura 64 Ejemplo de despliegue de celdas en apilamiento

65. Figura 65 Apilamiento de celdas (2xn), orientadas hacia afuera

66. Figura 66 Apilamiento de celdas (nxn), electrodo colgante

66-1 Unidad rodeada

67. Figura 67 Procedimiento de despliegue de celdas

5 67-1 Desplegar recipiente del reactor

67-2 Desplegar soporte de electrodos

67-3 Ajustar posición de electrodos

67-4 Desplegar transporte de sólidos

67-5 Instalar eliminación de gas

10 68. Figura 68 Configuración experimental con medición de la velocidad de flujo de gas

68-1 Material A

68-2 Material B

68-3 Sal disuelta

68-4 Placa caliente con agitador

15 68-5 Barra de agitación magnética

68-6 Matraz cónico

68-7 Caudalímetro de burbujas

68-8 Tapón

68-9 Tubería

20 68-10 Primera marca

68-11 Marca posterior

69. Figura 69 Configuración experimental sin medición de la velocidad de flujo de gas

69-1 Vaso

70. Figura 70 Observación de muestras

25 70-1 Electrodo en funcionamiento

70-2 Polímero líquido

70-3 Burbujas de gas

71. Figura 71 Identificación de productos

72. Figura 72 Conversión frente carga acumulativa

5 73. Figura 73 Moles reaccionados frente carga acumulativa

74. Figura 74 Corriente frente voltaje aplicado

75. Figura 75 Velocidad de flujo de gas frente a corriente

3. Símbolos en dibujos de ingeniería

10 Los símbolos también se utilizan para dibujos de ingeniería, especialmente, en el Diagrama de flujo del proceso (PFD), así como en el Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID). En primer lugar, en la Tabla 3 se representan las piezas del equipo con códigos:

Table 3 Lista de equipos en el diagrama de flujo del proceso

Código	Equipo	Descripción
T-01A	Tanque de alimentación A	Almacenamiento del material A
T-01B	Tanque de alimentación B	Almacenamiento del material B
D-00A	Tambor de cosolvente	Almacenamiento de cosolvente
D-00B	Tambor de aditivo	Almacenamiento de aditivo
M-02	Tanque de mezcla	Mezclador de alimentación
CR-03A	Reactor convencional	Método convencional

CF-03B	Filtro	Filtro convencional
ER-04	Reactor electroquímico	Derivación de reacondicionamiento
T-05B	Tanque de fluido de lavado	Depósito de recirculación
WP-05A	Lavadora	Lavado de polímero
SP-06	Dispositivo de asentamiento	Sedimentación de polímero
DP-07	Secadora	Secadora de polímero
MP-08	Máquina moldeadora	Procesamiento de polímero
PP-09	Empaque de polímero	Empaque y almacenamiento
SB-10A	Unidad de sorción	Adsorción de subproductos
SR-10B	Regenerador de absorbente	Recuperación de absorbente
XB-11	Extracción de solvente	Extractor de subproductos
D-12	Tambor de solvente	Depósito de solvente
DB-13	Columna de destilación	Destilación de subproductos
TB-14	Tanque de subproducto	Almacenamiento de subproductos
T-15	Tanque de depósito	Depósito de electrolitos
D-16	Tambor de fluido refrigerante	Depósito de refrigerante

Las unidades auxiliares, es decir, las piezas más pequeñas de los equipos que facilitan el 7-5 Proceso, también se identifican con códigos en la Tabla 4:

Tabla 4 Identificación de unidades auxiliares

IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD AUXILIAR	
LETRA	DESCRIPCIÓN
B	SOPLADOR
C	VÁLVULA DE RETENCIÓN
H	CALENTADOR
P	BOMBA
Q	COMPRESOR
S	VÁLVULA DE INVERSIÓN
V	VÁLVULA
X	INTERCAMBIADOR DE CALOR

Debido a que se usan diferentes tipos de 40-6 Válvulas en el 7-5 Proceso, las 40-6 Válvulas se distinguen con diferentes símbolos de la siguiente manera en la Tabla 5:

5 Tabla 5 Símbolos de diferentes tipos de válvulas

VALVE SYMBOLS	
SYMBOL	TYPE
	CHECK VALVE
	CONTROL VALVE
	ON/OFF VALVE
	PRESSURE RELIEF VALVE
	SWITCH VALVE

Para proporcionar una mejor comprensión del 7-5 Proceso, las corrientes de interés se identifican con su número y composición respectivos tal como sigue en la Tabla 6:

10 Tabla 6 Numeración y composición de corrientes

LINE LABELING	
EXAMPLE:	
STREAM No.	→ 
COMMODITY	→ -C
SYMBOL	COMMODITY
A	MATERIAL A
B	MATERIAL B
G	GAS
H	BY-PRODUCT
P	POLYMER
S	SALT/SOLUTE
T	COOLING FLUID
U	AIR
V	ABSORBENT
W	WASHING FLUID
X	SOLVENT
Y	CO-SOLVENT
Z	ADDITIVE

También hay diferentes tipos de líneas para representar los diferentes 40-2 Tipos de tuberías, tal como sigue en la Tabla 7:

Tabla 7 Representación de 40-2 Tipos de tuberías con diferentes líneas

PIPING, CONNECTION & BOUNDARY SYMBOLS	
	MAIN PROCESS LINE
	SUPPORTING PROCESS LINE
	INSULATED PIPELINE
	MECHANICAL LINE
	INSTRUMENT SIGNAL

5

Para P&ID, los 7-7 Elementos de control del proceso se representan tal como sigue en la Tabla 8:

Tabla 8 Identificación de 7-7 Elemento de control del proceso

INSTRUMENT IDENTIFICATION		
SYMBOL	TYPE	LOCATION
	SHARED DISPLAY/CONTROL	OPERATOR CONTROL ROOM
	PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL	OPERATOR CONTROL ROOM
	OVERRIDE SELECT	OPERATOR CONTROL ROOM
•	SPLIT RANGE	OPERATOR CONTROL ROOM

Mientras que los parámetros específicos de interés y el manejo de los parámetros se designan con los códigos que siguen en la Tabla 9:

Tabla 9 Códigos de letras para los 7-7 Elementos de control del proceso

LETRAS DE IDENTIFICACIÓN		
LETRA	PRIMERO	POSTERIOR
A	ANÁLISIS	
C		CONTROLAR
E	VOLTAJE	
F	VELOCIDAD DE FLUJO	
I	CORRIENTE	INDICAR
L	NIVEL	
P	PRESIÓN	
R	RELACIÓN	
S	VELOCIDAD	
T	TEMPERATURA	TRANSMITIR
W	PESO	
Y		ENVIAR

Z	POSICIÓN	
---	----------	--

El manejo de parámetros incluye controlar, indicar, transmitir y enviar. Controlar significa que al parámetro se le asigna un valor de punto de ajuste de interés, mientras que el controlador se asegura de que la medición real se aproxime al valor de punto de ajuste dentro de cierto margen, al controlar una pieza del equipo que podría afectar la medición. Indicar significa mostrar el valor del 7-5 Parámetro del proceso, ya sea a través del medidor en el sitio, el panel de control en la sala del operador, o ambos. Transmitir significa que el valor del parámetro de interés podría enviarse a un elemento de control del proceso posterior indicado por la dirección de la flecha. Finalmente, enviar, para los fines del 7-5 Proceso de interés, significa enviar el 7-5 Parámetro de proceso de interés a un elemento de control de proceso posterior, de manera similar que en Transmitir, la única diferencia es que Enviar se usa para una variable calculada tal como la relación entre 2 velocidades de flujo, en lugar del valor de la medición de la velocidad de flujo real que representa una cantidad física.

En la Figura 8 se ilustra un ejemplo para leer en un dibujo de ingeniería. El 8-1 Tanque de alimentación A, para el 68-1 Almacenamiento del material A, se designa T-01A. 8-2 Corriente 1A, que consiste principalmente en el 68-1 Material A, sale de T-01A. En la 8-2 Corriente 1A, hay una válvula de control en línea designada 8-3 Válvula de control V-01A. También hay un 8-4 Transmisor del indicador de velocidad de flujo 01A, FIT 01A, para medir la velocidad de flujo, indicar la medición en el sitio mientras se transmite la medición como una señal para controlar el sistema. El 8-4 Transmisor del indicador de velocidad de flujo 01A, FIT 01A envía una señal, tal como lo indica la dirección de la flecha, al 8-5 Controlador del indicador de velocidad de flujo 01A, FIC 01A, donde se indica y controla el punto de ajuste de control de la velocidad de flujo. El 8-5 Controlador del indicador de velocidad de flujo 01A, FIC 01A controla posteriormente (tal como lo indica la dirección de la flecha) la 8-3 Válvula de control V-01A para alcanzar el valor del

punto de ajuste deseado de la velocidad de flujo, es decir, asegurándose de que el 8-4 Transmisor del indicador de velocidad de flujo 01A, FIT 01A se aproxima al valor del punto de ajuste del 8-5 Controlador del indicador de velocidad de flujo 01A, FIC 01A dentro de cierto margen aceptable, donde el margen depende de la configuración del software del controlador, así como del hardware, especialmente, de la precisión de la medición y la sensibilidad de la válvula de control. A partir de la identificación del instrumento, el 8-4 Transmisor del indicador de velocidad de flujo 01A, FIT 01A y el 8-5 Controlador del indicador de velocidad de flujo 01A, FIC 01A tienen una visualización/control compartidos, lo que significa que muestran, respectivamente, el valor de la medición en el medidor en el sitio y en el panel de control en la sala de control del operador.

7-1 Dispositivo de 9-8 Eliminación de sólidos continua en electrodo

El 7-1 Dispositivo se presenta en diversas variantes, a saber, 9-1 Electrodo cilíndrico, 9-2 Electrodo de cinta transportadora, 9-3 Electrodo de disco giratorio, 9-4 Electrodo espiral/roscado, tal como se describe en la Figura 9. Todos tienen algunos elementos en común, que incluyen 9-5 Mecánica, 9-6 Generación de movimiento, 9-7 Transmisión de movimiento, 9-8 Eliminación de sólidos, 9-9 Transporte de sólidos, 9-13 Soporte, 9-20 Recipiente y 9-16 Accesorios, especialmente, 9-17 Eliminación de gas. Estas partes y mecanismos generales similares se detallarán adicionalmente en dichas variantes.

Una celda de reacción electroquímica consiste en un suministro de 3-1 Electricidad conectado a los electrodos sumergidos en un 1-7 Electrolito. El 1-7 Electrolito es usualmente una mezcla líquida conductora que contiene 6-6 Iones conductores, pero puede ser una 30-6 Membrana conductora empapada con un líquido. El electrodo consiste en un material conductor donde la reacción electroquímica se produce en la superficie; donde el electrodo conectado al terminal positivo del suministro de energía de 3-1 Electricidad se denomina 3-2 Ánodo, que es donde se

producen las reacciones de oxidación, y el electrodo conectado al terminal negativo del suministro de 3-1 Electricidad se denomina 3-3 Cátodo, que es donde se producen las reacciones de reducción. Si bien no es esencial para que se produzca la reacción, a menudo se incluye un tercer electrodo, denominado 3-4 Electrodo de referencia, para proporcionar una medida de
5 voltaje del 3-4 Electrodo de referencia.

Cuando los productos sólidos resultan de una reacción electroquímica, tienden a adherirse a la superficie del electrodo como un 3-5 Depósito de sólidos, que a menudo requiere la 9-8 Eliminación de sólidos para mantener el rendimiento de la celda electroquímica. La 9-8 Eliminación de sólidos del electrodo es de interés porque tiene aplicación en la metalurgia
10 electroquímica y baterías donde los metales de interés se forman como 3-5 Depósitos de sólidos sobre el electrodo y deben recuperarse/aislarse para el 1-4 Procesamiento adicional.

Por otro lado, si el 3-5 Depósito de sólidos formado (en el 3-2 Ánodo o 3-3 Cátodo dependiendo de la reacción) no es conductor, bloquea el electrodo y la reacción electroquímica se detiene debido a la falta de conductividad. Esto justifica la necesidad de eliminar rápidamente el 3-5
15 Depósito de sólidos no conductor a medida que se produce, preferentemente, de manera continua.

Para abordar este desafío, la configuración del 7-1 Dispositivo novedoso se diseña para eliminar de forma continua el 3-5 Depósito de sólidos mediante un movimiento relativo entre el electrodo y un 4-2 Dispositivo de eliminación, por ejemplo, una hoja para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos
20 del electrodo. La 9-8 Eliminación de sólidos puede producirse en la fase superior (gas/aire) o la fase inferior (líquido/1-7 Electrolito). En la fase gaseosa, hay una fricción sustancialmente menor, y no es necesario filtrar el 3-5 Depósito de sólidos del líquido/1-7 Electrolito. Por otro, el movimiento relativo entre el electrodo y el 4-2 Dispositivo de eliminación en la fase líquida/1-7 Electrolito también sirve para agitar el 1-7 Electrolito para la mezcla, lo que elimina la necesidad
25 de un agitador en la fase de 1-7 Electrolito/líquido. Cabe destacar también que el tanque de 1-7

Electrolito no tiene que tener forma rectangular, por ejemplo, puede ser cilíndrico, especialmente, cuando los electrodos son el 9-1 Electrodo cilíndrico, para ahorrarse el 35-1 Reactor electroquímico/volumen de reactivo (y, por lo tanto costos).

El 7-1 Dispositivo puede tener varias unidades repetidas, en orden de 3-2 Ánodo -3-2 Ánodo -3-3 Cátodo-3-3 Cátodo (pila de grupos), o 3-2 Ánodo-3-3 Cátodo-3-2 Ánodo-3-3 Cátodo (pila alternada), para aumentar la producción.

Si bien la disposición puede tener varias formas, las disposiciones principales de interés son: 9-1 Electrodo cilíndrico, 9-2 Electrodo de cinta transportadora, y 9-3 Electrodo de disco giratorio.

La invención ofrece las siguientes ventajas:

- 10 • 9-20 Recipiente menos profundo porque ya no es necesario dejar que se asiente el 3-5 Depósito de sólidos, lo que resulta en un menor costo debido al menor tamaño del 35-1 Reactor electroquímico y volumen de reactivo
- 15 • 1-3 Separación de sólidos más rápida y económica: Menos fricción para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos en la fase de aire/gas que en la fase viscosa de 1-7 Electrolito, mientras se elimina la necesidad de filtrar el 3-5 Depósito de sólidos de la fase líquida; o la facilitación de la mezcla en la fase líquida/1-7 Electrolito y se elimina la necesidad de un agitador.
- 20 • El proceso continuo elimina la necesidad de apagar el 35-1 Reactor electroquímico para la separación del 3-5 Depósito de sólidos
- Diseño simple sin gran parte de la compleja configuración de los 19-2 Engranajes y las disposiciones 9-5 Mecánicas que pueden ser costosas/difíciles de fabricar

9-1 Electrodo cilíndrico

El 9-1 Electrodo cilíndrico es la variante más simple del diseño, tal como se muestra en la Figura 10, que consiste en un material cilíndrico conductor como electrodo. El 9-1 Electrodo cilíndrico se coloca horizontalmente y se sumerge parcialmente en el 1-7 Electrolito.

La reacción electroquímica se producirá en la fase líquida/1-7 Electrolito cuando se aplica 3-1 Electricidad, y la rotación del 9-1 Electrodo cilíndrico moverá el 3-5 Depósito de sólidos hacia la fase de gas/aire donde se usa un 4-2 Dispositivo de eliminación para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos de la superficie, por ejemplo, mediante la fricción provocada por el movimiento relativo
5 de la superficie del 9-1 Electrodo cilíndrico y el 4-2 Dispositivo de eliminación.

En algunas modalidades, el 7-1 Dispositivo comprende un material rígido, por ejemplo, una placa elaborada con material rígido que puede inclinarse hacia el exterior de la celda electroquímica. Esto permite que el 3-5 Depósito de sólidos se deslice gradualmente por la placa hacia el exterior de la celda para el 1-4 Procesamiento posterior. Como alternativa, el 4-2 Dispositivo de
10 eliminación también puede fusionarse en una única unidad con el 9-9 Transporte de sólidos como una 9-11 Cinta transportadora con bordes afilados rígidos o una superficie abrasiva, colocada contra y en contacto con la superficie del electrodo, donde el 3-5 Depósito de sólidos eliminado se moverá hacia el exterior de la celda electroquímica de manera automatizada y continua. Por ejemplo, los bordes rígidos pueden ser perpendiculares a la superficie tangencial del electrodo.

Otra ventaja es que el 3-5 Depósito de sólidos eliminado está en gran parte seco sin mucho líquido (aunque algo de líquido puede pegarse a él, pero no mucho, y puede lavarse fácilmente), lo que acelera el tiempo de 1-3 Separación de sólidos y elimina la necesidad de filtrar el 3-5 Depósito de sólidos de la fase líquida.
15

Es posible que un 3-5 Depósito de sólidos residual se caiga o no hacia el tanque y se filtre si es necesario. Sin embargo, la 9-8 Eliminación de sólidos en la fase de aire/gas elimina la mayor parte del 3-5 Depósito de sólidos y, por lo tanto, reduce en gran medida el rendimiento necesario para el filtrado de fondo. Como alternativa, a menudo no se necesita filtro y el 3-5 Depósito de sólidos solo se recupera durante el 59-3 Mantenimiento.
20

9-2 Electrodo de cinta transportadora

El 9-2 Electrodo de cinta transportadora es otra variante que se muestra en la Figura 12, muy
25

adecuado para la adaptación a escala industrial. El principio operativo de la 9-8 Eliminación de sólidos es un movimiento cíclico muy similar al 9-1 Electrodo cilíndrico, pero en su lugar aplica la configuración de la 9-11 Cinta transportadora con la 12-1 Polea, que ofrece algunas características adicionales:

- 5 1) Mayor área en la fase líquida, que se sumerge bien en el 1-7 Electrolito para la salida de la reacción electroquímica, y permite un tanque de reactivo más compacto. Por ejemplo, la 12-1 Polea inferior y una gran parte del 9-2 Electrodo de cinta transportadora pueden sumergirse en la fase líquida/1-7 Electrolito.
- 10 2) Mayor área en la fase de gas/aire, lo que permite que el 7-1 Dispositivo sea más confiable, con menos preocupación por la pérdida de líquido/1-7 Electrolito hacia los 19-2 Engranajes y el eje para el movimiento del 9-2 Electrodo de cinta transportadora, y la configuración del cableado eléctrico del electrodo.
- 15 3) Mayor altura en la fase de gas/líquido asigna más espacio para un diseño más confiable del 7-1 Dispositivo para eliminar los 3-5 Depósitos de sólidos, tal como una 9-11 Cinta transportadora para el suministro del 3-5 Depósito de sólidos fregado.

También se puede accionar mediante la 12-1 Polea, que es simplemente una versión muy estrecha de la 9-11 Cinta transportadora.

9-3 Electrodo de disco giratorio

- 20 El 9-3 Electrodo de disco giratorio es otra variante del 7-1 Dispositivo, tal como se muestra en la Figura 14, donde un disco rígido conductor, parcialmente sumergido en la fase de 1-7 Electrolito/líquido, sirve como electrodo. El 9-3 Electrodo de disco giratorio gira por acción del eje con un 4-2 Dispositivo de eliminación colocado contra y en contacto con la superficie para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos en la superficie del electrodo.
- 25 Ofrece las siguientes características:

- 1) Gran área de superficie
- 2) Fácil de construir y fabricar
- 3) Diseño compacto

Nuevamente, cabe destacar que el 9-20 Recipiente puede ser cilíndrico para reducir el espacio del 35-1 Reactor electroquímico. El 9-3 Electrodo de disco giratorio también puede elaborarse en espiral en lugar de un disco paralelo como una alternativa que permite que los productos se atornillen al exterior del 35-1 Reactor electroquímico de forma continua.

Cabe destacar que, en cualquier caso, incluso es una buena idea tener la misma forma del 10-1 Contraelectrodo con el electrodo para una fácil fabricación y configuración. Para que el 7-1 Dispositivo funcione, solo debe establecerse la conductividad, y el 10-1 Contraelectrodo no tiene que tener la misma forma que el electrodo.

9-4 Electrodo espiral/roscado

El 9-4 Electrodo espiral/roscado es otra variante del 7-1 Dispositivo, tal como se muestra en la Figura 16, donde un tornillo rígido conductor, parcialmente sumergido en la fase de 1-7 Electrolito/líquido, sirve como electrodo. El tornillo gira por acción del eje con un 4-2 Dispositivo de eliminación colocado contra y en contacto con la superficie para eliminar el 3-5 Depósito de sólidos en la superficie del electrodo.

Ofrece las siguientes características:

- 1) Gran área de superficie
- 2) Diseño compacto
- 3) Movimiento eficiente del 1-7 Electrolito y 9-8 Eliminación de sólidos

Nuevamente, cabe destacar que el 9-20 Recipiente puede ser cilíndrico para reducir el espacio del 35-1 Reactor electroquímico. El 4-2 Dispositivo de eliminación también puede tener forma de tornillo o espiral, para adaptarse a la superficie del 9-4 Electrodo espiral/roscado, para maximizar

la superficie de contacto para una 9-8 Eliminación de sólidos más eficiente.

Cabe destacar que, en cualquier caso, incluso es una buena idea tener la misma forma del 10-1 Contraelectrodo con el electrodo para una fácil fabricación y configuración. Para que el 7-1 Dispositivo funcione, solo debe establecerse la conductividad, y el 10-1 Contraelectrodo no tiene
5 que tener la misma forma que el electrodo.

Mecanismo general

General y 9-2 Electrodo de cinta transportadora

El mecanismo general se explica mejor primero mediante el uso del 9-2 Electrodo de cinta transportadora tal como en la Figura 13 y la Figura 18.

10 La 9-5 Mecánica comprende la 9-6 Generación de movimiento y la 9-7 Transmisión de movimiento. La 9-6 Generación de movimiento implica la transformación de la fuente de energía, usualmente, de modo no taxativo, del 19-1 Motor tal como energía química para el motor o energía eléctrica para el motor, en energía mecánica para el movimiento. En algunas modalidades, la 9-6 Generación de movimiento implica la conexión a la 9-7 Transmisión de
15 movimiento mediante la conexión de los 19-2 Engranajes y el 19-3 Eje al 19-1 Motor.

La 9-7 Transmisión de movimiento implica distribuir o dirigir el movimiento 9-5 Mecánico al lugar designado para, en este caso, generar el movimiento del electrodo. A veces, la distribución se divide en 2 o más etapas: primaria y secundaria. Tal como se ilustra en la Figura 19, la 9-7 Transmisión de movimiento primaria funciona para transmitir el movimiento 9-5 Mecánico de la
20 fuente de 9-6 Generación de movimiento, usualmente, un 19-1 Motor, a una parte 9-5 Mecánica intermedia, que incluye, de modo no taxativo, el 19-3 Eje, 19-2 Engranajes, 12-1 Polea, o 20-1 Transmisión por cadena. En algunas implementaciones, la 20-1 Transmisión por cadena se usa para la confiabilidad del dispositivo debido a su susceptibilidad mínima al deslizamiento para una máxima resistencia al fregado.

25 Tal como se ilustra en la Figura 20, la 9-7 Transmisión de movimiento secundaria funciona para

transmitir el movimiento 9-5 Mecánico de dicha parte 9-5 Mecánica intermedia al electrodo. Usualmente, se realiza mediante medios que incluyen, de modo no taxativo, 19-3 Eje, 19-2 Engranajes, 12-1 Polea, o 20-1 Transmisión por cadena.

Para una distribución uniforme de la energía 9-5 Mecánica, pueden emplearse múltiples distribuciones primarias y secundarias en paralelo. Por ejemplo, el 9-2 Electrodo de cinta transportadora puede tener una distribución primaria doble, en la parte superior e inferior. Por otro lado, el 9-2 Electrodo de cinta transportadora podría tener una distribución secundaria entre doble a cuádruple: doble en la parte superior e inferior (9-2 Electrodo de cinta transportadora), y para el caso de la 20-1 Transmisión por cadena doble, cuádruple: parte superior e inferior (9-2 Electrodo de cinta transportadora), izquierda y derecha (20-1 Transmisión por cadena).

Tal como se ilustra en la Figura 21, la 9-8 Eliminación de sólidos comprende eliminar el 3-5 Depósito de sólidos del electrodo, y el 9-9 Transporte de sólidos del 3-5 Depósito de sólidos eliminado del 35-1 Reactor electroquímico. La extracción de electrodos puede realizarse de diversas formas, que incluyen, de modo no taxativo: Abrasión 9-5 Mecánica (por medio del 4-2 Dispositivo de eliminación), ultrasonido o chorros de fluidos. También hay un dispositivo de ajuste de 21-3 Hoja para ajustar el ángulo de la hoja, usualmente, de modo no taxativo, a un sistema de resortes. En algunas implementaciones, especialmente, en el 9-2 Electrodo de cinta transportadora y el 9-1 Electrodo cilíndrico, puede desplegarse un 4-2 Dispositivo de eliminación adicional en el lado interno del electrodo, para aumentar la salida de producto al aumentar el área de superficie. Sin embargo, esto tiene el precio de una mayor complejidad y menor confiabilidad de funcionamiento, por lo tanto, debe evaluarse caso por caso. En algunas implementaciones, las 9-10 Múltiples hojas se apilan tal como se ilustra en la Figura 25 para aumentar la potencia de fregado y la eficiencia de la 9-8 Eliminación de sólidos.

El 9-9 Transporte de sólidos puede realizarse de diversas formas, que incluyen, de modo no taxativo: 9-11 Cinta transportadora o movimiento de fluidos en el 9-12 Canal. Para la 9-11 Cinta

transportadora, los 3-5 Depósitos de sólidos fregados del electrodo se retiran de forma continua del espacio del 35-1 Reactor electroquímico a través del movimiento de la 9-11 Cinta transportadora. Para el movimiento de fluidos en el 9-12 Canal, los 3-5 Depósitos de sólidos fregados del electrodo se retiran de forma continua mediante el lujo de fluidos en un 9-12 Canal abierto. Usualmente, de modo no taxativo, el fluido es un líquido, y comúnmente, se elige agua por su bajo costo. El fluido en sí, especialmente, el líquido, también puede actuar como 21-2 Fluido de lavado para facilitar la etapa de lavado posterior. Tal como se muestra en la Figura 28, el 9-12 Canal abierto también puede tener una 21-1 Aleta que sobresale para impedir que el 3-5 Depósito de sólidos se derrame del 9-12 Canal.

- 10 Hay algunas variantes del diseño predeterminado del 9-12 Canal. El 9-12 Canal abierto, si bien a menudo se elabora con 7-6 Tuberías cortadas en sección transversal para formar el 28-1 Arco (predeterminado), también pueden elaborarse como 9-12 Canales en forma 28-2 Rectangular, o 9-12 Canales en forma 28-3 Triangular 9-12, o incluso formas arbitrarias siempre que formen una cumbrera para que fluya el fluido. La 21-1 Aleta, por defecto, es una 28-4 Aleta perpendicular
- 15 (predeterminada) para facilitar la fabricación, pero también puede estar inclinada como 28-5 la Aleta aguda o la 28-6 Aleta obtusa para que coincida con la trayectoria del derrame.

También está el 9-20 Recipiente básico en la parte inferior, tal como se muestra en la Figura 22. Hay un 10-1 Contraelectrodo unido al 9-20 Recipiente de reacción. En algunas implementaciones, el 10-1 Contraelectrodo se une al 9-20 Recipiente para facilitar la fabricación.

- 20 El 9-20 Recipiente que contiene el líquido de 1-7 Electrolito tiene una entrada de 22-1 Electrolito y una salida 22-2 Electrolito. En algunas implementaciones, para reducir el costo de energía de bombeo, la entrada del 22-1 Electrolito y la salida del 22-2 Electrolito se disponen de acuerdo con la gravedad, de modo que el 1-7 Electrolito entra por la parte superior y sale por la parte inferior.

- 25 La Figura 23 ilustra el 9-13 Soporte para el 9-2 Electrodo de cinta transportadora que es una

variante de 9-14 Móvil. El 9-13 Soporte consiste en el 23-4 Cuerpo de la estructura para mantener el sistema de electrodos en su lugar. La parte inferior del 23-4 Cuerpo de la estructura está equipado usualmente con 23-3 Ruedas o rieles para un desmontaje conveniente del tanque para la instalación y el 59-3 Mantenimiento. El 23-2 Brazo del 23-4 Cuerpo de la estructura tiene
 5 elementos con alturas ajustables, usualmente, de modo no taxativo, un 23-1 Gato hidráulico. La altura ajustable proporciona un medio para retraer el sistema de electrodos del 9-20 Recipiente, sin tener que drenar el 1-7 Electrolito del 9-20 Recipiente. Esto proporciona un proceso de 59-3 Mantenimiento conveniente y rápido, en caso de que el electrodo requiera servicio y 59-3 Mantenimiento, dado que es lento y tedioso vaciar el 9-20 Recipiente para abrirlo, con posibles
 10 implicaciones para otras operaciones de la unidad.

Al 23-2 Brazo se une el 19-1 Motor para proporcionar energía 9-5 Mecánica para impulsar la 9-
 6 Generación de movimiento. Además del motor eléctrico, también puede ser un motor (combustión) u otro medio para proporcionar movimiento 9-5 Mecánico.

El 7-1 Dispositivo también comprende 9-16 Accesorios, especialmente la 9-17 Eliminación de
 15 gas, tal como se ilustra en la Figura 24. La 9-17 Eliminación de gas se implementa para los casos en los que se libera un gas no deseable, usualmente inflamable o tóxico, en cantidad suficiente. Un ejemplo es la reacción de separación del agua por electrólisis, que produce gas de hidrógeno inflamable. En algunos casos, puede vaporizarse el gas 6-9 Amoníaco tóxico como 1-15 Subproducto en forma líquida. La 9-17 Eliminación de gas consiste en variantes cerradas o
 20 abiertas. La 9-17 Eliminación de gas cerrada es simplemente hacer que el espacio del 7-1 Dispositivo sea hermético al gas y dirigir el gas hacia la corriente designada, tal como un condensador o un quemador. La 9-17 Eliminación de gas abierta se configura de forma similar a la campana extractora, que usa el efecto de chimenea para succionar los gases. Se usa la 9-17 Eliminación de gas abierta cuando no es necesario aislar el gas mientras que se usa la 9-17
 25 Eliminación de gas cerrada cuando es necesario aislar el gas. En algunas implementaciones, la

9-17 Eliminación de gas puede omitirse si la liberación de gas es mínima.

Los otros 9-16 Accesorios incluyen el 9-18 Cepillo conductor y el 9-19 Encerado. También ha sido un desafío mantener el contacto eléctrico cuando el electrodo se encuentra en movimiento constante. Sin embargo, el contacto eléctrico se establece mediante un sólido conductor en contacto con el electrodo. En algunas implementaciones se realiza a través del 4-2 Dispositivo de eliminación de la 9-8 Eliminación de sólidos. En algunas implementaciones, se proporciona un contacto eléctrico adicional además del 4-2 Dispositivo de eliminación, tal como se ilustra en la Figura 26, tal como un 9-18 Cepillo conductor que, usualmente pero no necesariamente, puede elaborarse con carbono en forma de grafito, y se une a través de un 26-1 Soporte accesorio. En algunas implementaciones, el electrodo se recubre de forma continua con una capa fina de material deslizante tal como 9-19 Encerado unido de forma similar al 26-1 Soporte accesorio, tal como se ilustra en la Figura 27, para facilitar la extracción del electrodo con una 27-1 Capa de cera. En algunas implementaciones, el 9-19 Encerado se realiza mediante el uso de un trozo de cera sólida en fricción con la superficie del electrodo. En algunas otras implementaciones, el 9-19 Encerado se realiza mediante el uso de un dispensador de 9-19 Encerado más complejo.

9-1 Electrodo cilíndrico

Para la variante del 9-1 Electrodo cilíndrico, la configuración recomendada del 7-1 Dispositivo se muestra en la Figura 11. Tiene un 9-20 Recipiente cilíndrico, donde se mantiene el 1-7 Electrolito. El 1-7 Electrolito entra por la 22-1 Entrada del electrolito y sale por la 22-2 Salida del electrolito. Para reducir la resistencia, el 10-1 Contraelectrodo es una superficie cilíndrica conductora unida a la pared interna del 9-20 Recipiente. Para un mejor funcionamiento, los lados del 9-20 Recipiente, si bien sirven como una variante 9-15 Incorporada del 9-13 Soporte y la estructura, pueden elaborarse transparentes para permitir que 2 de las 22-3 Paredes laterales sirvan para monitorear cualquier cambio en el 9-20 Recipiente.

La 9-5 Mecánica comprende la 9-6 Generación de movimiento y la 9-7 Transmisión de

movimiento. La 9-6 Generación de movimiento para este caso implica que el 19-1 Motor impulse 2 de los 19-2 Engranajes y 2 de los sistemas de 19-3 Ejes para impulsar el 9-1 Electrodo cilíndrico.

La 9-8 Eliminación de sólidos comprende eliminar el 3-5 Depósito de sólidos del 9-1 Electrodo cilíndrico, mediante el uso del 4-2 Dispositivo de eliminación. Hay un 21-3 Ajuste de hoja para ajustar el ángulo de la hoja para controlar la acción de fregado.

El 9-9 Transporte de sólidos implica un 9-12 Canal abierto que contiene una corriente de 21-2 Fluido de lavado que fluye entre los 2 extremos del 9-12 Canal: la 21-4 Entrada de fluido de lavado y la 21-5 Salida de fluido de lavado. Hay una 21-1 Aleta para impedir los derrames del 3-5 Depósito de sólidos a medida que este se retira del electrodo.

La 9-17 Eliminación de gas implica una 24-2 Tapa con una 24-1 Salida de ventilación conectada a la campana extractora. Hay mangas que aspiran el aire ambiente, a saber, hacia las 24-5 Mangas (tuberías de lavado) y las 24-7 Mangas (estructuras de electrodos).

9-3 Electrodo de disco giratorio

Para la variante del 9-3 Electrodo de disco giratorio, la configuración recomendada del 7-1 Dispositivo se muestra en la Figura **15**. Tiene un 9-20 Recipiente cilíndrico similar al de la variante del 9-1 Electrodo cilíndrico, donde se mantiene el 1-7 Electrolito. El 1-7 Electrolito entra por la 22-1 Entrada del electrolito y sale por la 22-2 Salida del electrolito. Para reducir la resistencia, el 10-1 Contraelectrodo es una superficie de disco conductor intercalado al otro lado del 9-3 Electrodo de disco giratorio, separado por una pieza de 60-3 Aislante. En algunas implementaciones el 10-1 Contraelectrodo también puede elaborarse con un material conductor unido a la pared interna del 9-20 Recipiente para facilitar la fabricación, aunque con una mayor resistencia y, por lo tanto, con una menor eficiencia energética. Para un mejor funcionamiento, los lados del 9-20 Recipiente, si bien sirven como una variante 9-15 Incorporada del 9-13 Soporte y la estructura, pueden elaborarse transparentes para permitir que 2 de las 22-3 Paredes

laterales sirvan para monitorear cualquier cambio en el 9-20 Recipiente.

La 9-5 Mecánica comprende la 9-6 Generación de movimiento y la 9-7 Transmisión de movimiento. La 9-6 Generación de movimiento para este caso implica que el 19-1 Motor impulse 2 de los 19-2 Engranajes y 2 de los sistemas de 19-3 Ejes para impulsar el 9-3 Electrodo de disco giratorio. La 9-8 Eliminación de sólidos comprende eliminar el 3-5 Depósito de sólidos del 9-3 Electrodo de disco giratorio. Hay un 21-3 Ajuste de hoja para ajustar el ángulo de la hoja para controlar la acción de fregado.

El 9-9 Transporte de sólidos implica un 9-12 Canal abierto que contiene una corriente de 21-2 Fluido de lavado que fluye entre los 2 extremos del 9-12 Canal: la 21-4 Entrada de fluido de lavado y la 21-5 Salida de fluido de lavado. Hay una 21-1 Aleta para impedir los derrames del 3-5 Depósito de sólidos a medida que este se retira del electrodo.

La 9-17 Eliminación de gas implica una 24-2 Tapa con una 24-1 Salida de ventilación conectada a la campana extractora. Hay mangas que aspiran el aire ambiente, a saber, hacia las 24-5 Mangas (tuberías de lavado) y las 24-7 Mangas (estructuras de electrodos).

9-4 Electrodo espiral/roscado

Para la variante del electrodo espiral/roscado, la configuración recomendada del 7-1 Dispositivo se muestra en la Figura **17**. Tiene un 9-20 Recipiente cilíndrico parcial, donde se mantiene el 1-7 Electrolito. El 1-7 Electrolito entra por la 22-1 Entrada del electrolito y sale por la 22-2 Salida del electrolito. Para reducir la resistencia, el 10-1 Contraelectrodo es una superficie de disco conductor intercalado al otro lado del 9-4 Electrodo espiral/roscado, separado por una pieza de 60-3 Aislante. En algunas implementaciones el 10-1 Contraelectrodo también puede elaborarse con un material conductor unido a la pared interna del 9-20 Recipiente para facilitar la fabricación, aunque con una mayor resistencia y, por lo tanto, con una menor eficiencia energética. Para un mejor funcionamiento, los lados del 9-20 Recipiente, si bien sirven como una variante 9-15 Incorporada del 9-13 Soporte y la estructura, pueden elaborarse transparentes para permitir que

2 de las 22-3 Paredes laterales sirvan para monitorear cualquier cambio en el 9-20 Recipiente.

La 9-5 Mecánica comprende la 9-6 Generación de movimiento y la 9-7 Transmisión de movimiento. La 9-6 Generación de movimiento para este caso implica que el 19-1 Motor impulse 2 de los 19-2 Engranajes y 2 de los sistemas de 19-3 Ejes para impulsar el 9-4 Electrodo
5 espiral/roscado. La 9-8 Eliminación de sólidos comprende eliminar el 3-5 Depósito de sólidos del 9-4 Electrodo espiral/roscado, mediante el uso del 4-2 Dispositivo de eliminación. En la figura, es un tornillo que gira, ya sea en una misma dirección de rotación, u opuesta, en contacto con el 9-4 Electrodo espiral/roscado, para quitar el 3-5 Depósito de sólidos mediante abrasión. En algunas, pueden ser hojas fijas sujetadas al 9-20 Recipiente o el 9-13 Soporte.

10 Hay un 21-3 Ajuste de hoja para ajustar el ángulo de la hoja para controlar la acción de fregado. El 9-9 Transporte de sólidos implica un 9-12 Canal abierto que contiene una corriente de 21-2 Fluido de lavado que fluye entre los 2 extremos del 9-12 Canal: la 21-4 Entrada de fluido de lavado y la 21-5 Salida de fluido de lavado. Hay una 21-1 Aleta para impedir los derrames del 3-5 Depósito de sólidos a medida que este se retira del electrodo.

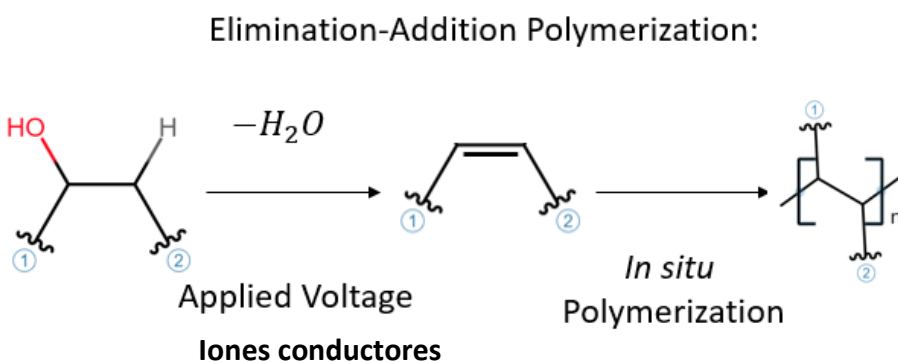
15 La 9-17 Eliminación de gas implica una 24-2 Tapa con una 24-1 Salida de ventilación conectada a la campana extractora. Hay mangas que aspiran el aire ambiente, a saber, hacia las 24-5 Mangas (tuberías de lavado) y las 24-7 Mangas (estructuras de electrodos).

Producción electroquímica de 7-3 Polímeros de adición

Como la primera parte de la 7-2 Química, el 7-3 Polímero de adición es una clase de 1-8 Polímero formado por reacción de adición, en la cual no se produce ningún 1-15 Subproducto. Algunos ejemplos de 7-3 Polímeros de adición comprenden cadenas principales de carbono sin heteroátomos, tales como:

- Polivinilo: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Cloruro de polivinilo (PVC), etc
- Polialcanos, en general, tales como polibutadieno (caucho)

Tal como se describe en la Figura 29, la producción electroquímica de los 7-3 Polímeros de adición puede clasificarse en 29-1 Homopolímeros y 29-2 Copolímeros. En algunas modalidades, un 29-1 Homopolímero se produce mediante polimerización por eliminación-adición a partir de un 29-3 Grupo de alcohol de partida tal como se ilustra en la Ecuación 2, ou otras 29-4 Variantes tales como sulfuros y aminas.



Ecuación 2

Cabe destacar que la polimerización también puede iniciarse a partir de la segunda etapa, si se usan compuestos insaturados, que incluyen hidrocarburos insaturados tales como alquenos o alquinos, como materiales de partida.

El 29-2 Copolímero, por otro lado, puede producirse cuando se mezclan grupos de partida diferentes. Pueden ser 29-3 Grupos de alcohol diferentes, o incluso grupos funcionales

intermedios tales como alcohol y sulfuros, cuando estas especies diferentes están presentes en el mismo sistema de 1-7 Electrolito durante la reacción electroquímica.

Tal como se describe en la Figura 30, los 6-6 Iones conductores pueden ser de la 30-6 Membrana o 30-1 Iones disueltos. Las 30-6 Membranas incluyen, de modo no taxativo, la membrana del 1-

5 7 Electrolito para electrolizadores y celdas de combustible, tal como la 30-6 Membrana de intercambio de protones (usada comúnmente para el sistema acuoso neutro y ácido), o 30-6 Membranas de intercambio iónico poliméricas (usadas comúnmente para el sistema acuoso alcalino). Un ejemplo de dicha 30-6 Membrana es la membrana Nafion, una clase de 30-6 Membrana de intercambio de protones que se usa comúnmente para las celdas de combustible

10 de hidrógeno. Los 30-1 Iones disueltos pueden ser 30-2 Iones metálicos tales como iones de litio de cloruro de litio, LiCl. o 30-3 Iones no metálicos. Los 30-3 Iones no metálicos usualmente se clasifican en variantes 30-4 Orgánicas e 30-5 Inorgánicas. Las variantes 30-4 Orgánicas incluyen tensioactivos tales como iones de estearato de estearato de sodio (usado comúnmente para jabón) o alguna sal eutéctica profunda o líquido iónico, tal como cloruro de colina como

15 componente común del 31-4 Solvente eutéctico, o hexafluorofosfato de 1-butil-3-metilimidazolio ([BMIM]PF₆ como líquido iónico común.

Dependiendo de la situación, puede ser necesario un 31-1 Cosolvente, con las variantes descritas en la Figura 31. El 31-1 Cosolvente puede incluir variantes 30-4 Orgánicas e 30-5 Inorgánicas. Las variantes 30-4 Orgánicas son una 31-2 Molécula de diseño, especialmente, un

20 31-3 Éter de corona usado para disolver los iones metálicos en fase orgánica (tal como 15-Corona-5 para disolver los iones de sodio en fase orgánica), o simplemente un 31-4 Solvente común tal como acetona que tiene miscibilidad o solubilidad en la fase orgánica y polar. Las variantes 30-5 Inorgánicas incluyen 6-9 Amoníaco y agua como solvente común, que a veces también se produce como 1-15 Subproducto en la reacción.

25 Los 32-1 Aditivos consisten en el 1-13 Catalizador descrito en la Figura 32, clasificado como 32-

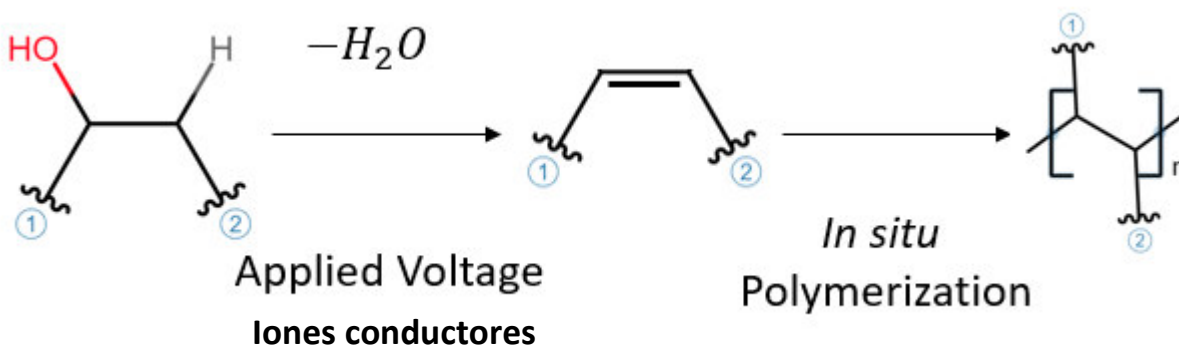
2 Redox y 32-3 Otros. Puede incluir un catalizador 32-2 Redox, especialmente, transposición de electrones, que funciona facilitando la transferencia de electrones de las etapas de reacción de oxidación y reducción, tal como triarilaminas y piridinas. 32-3 Otros incluyen el catalizador que funciona interfiriendo con las etapas de reacción no redox de la reacción, que incluyen el 1-13

5 Catalizador de coordinación tal como una mezcla de tetracloruro de titanio (TiCl_4) y trietilaluminio ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$), que facilita la etapa de propagación al proporcionar un lugar para que la molécula de monómero se ensamble mediante un enlace de coordinación con el metal de transición. Si bien los 32-1 Aditivos son usualmente un catalizador homogéneo en forma de fluido, también pueden consistir en catalizadores sólidos en algunas implementaciones.

29-3 Grupo de alcohol

La variante principal es el alcohol como material de partida, que da como resultado un caso de deshidratación-polimerización donde se forma agua como 1-15 Subproducto, tal como se muestra en la Ecuación 3.

Homopolímero



Ecuación 3

Los ejemplos incluyen el siguiente 1-8 Polímero común ilustrado en la **Tabla 10**:

Tabla 10 Ejemplos comunes y materiales de partida

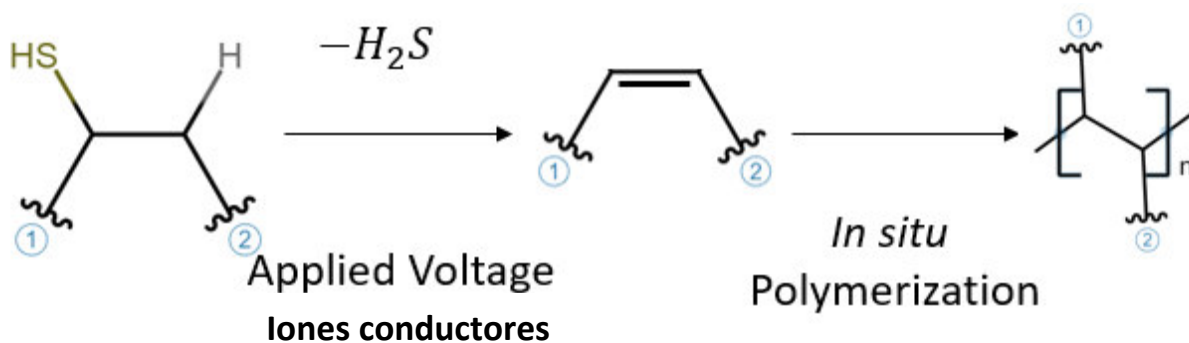
1	2	Productos

H	H	Polietileno (PE)
H	CH ₃	Polipropileno (PP)
H	Grupo fenilo	Poliestireno (PS)
H	OH	Alcohol polivinílico (PVOH)
H	Cl	Cloruro de polivinilo (PVC)
H	Nitrilo	Poliacrilonitrilo (PAN)
H	COOH	Poliacrilato (PAK)
H	Vinilo	Polibutadieno (caucho sintético)

29-4 Variantes: Sulfuros

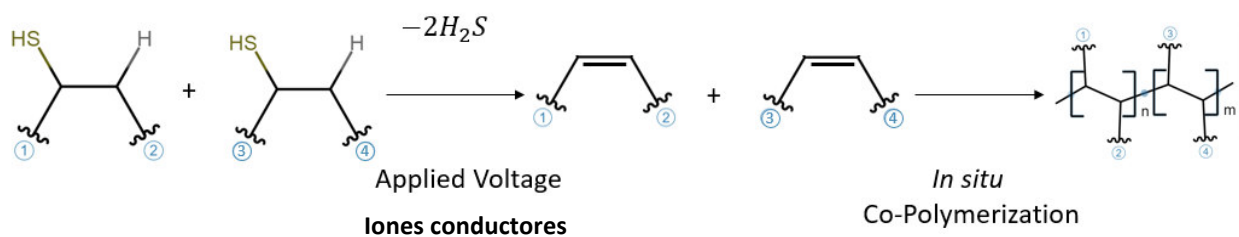
De manera similar a la reacción del 29-3 Grupo de alcohol, los sulfuros también pueden reaccionar electroquímicamente para formar un 7-3 Polímero de adición, pero con la formación de sulfuro de hidrógeno como 1-15 Subproducto, tal como lo muestra la Ecuación 4 y la Ecuación 5:

Homopolímero



Ecuación 4

10 Copolímero

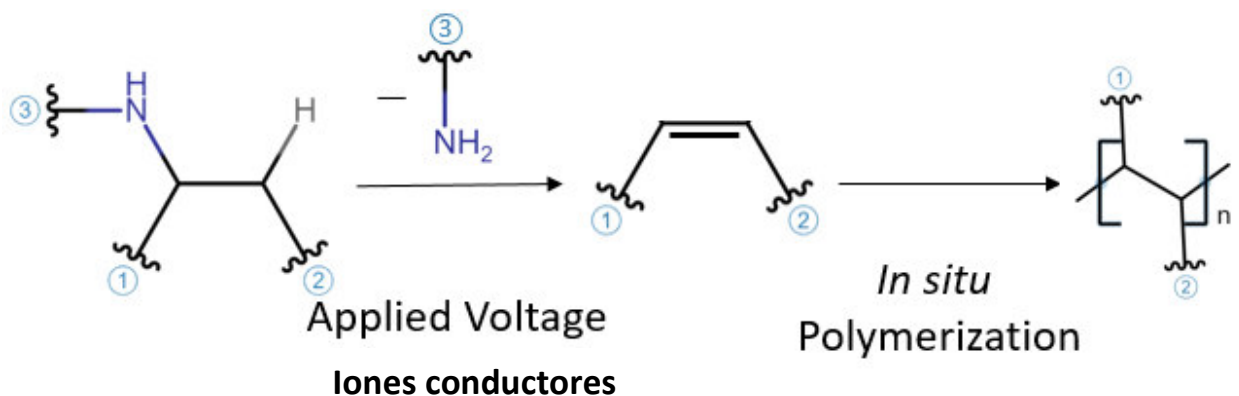


Ecuación 5

29-4 Variantes: Aminas

De manera similar a la reacción de alcohol y sulfuro, las aminas también pueden reaccionar electroquímicamente para formar un 7-3 Polímero de adición, con la formación de aminas como 1-15 Subproducto, tal como se muestra en la Ecuación 6 y la Ecuación 7:

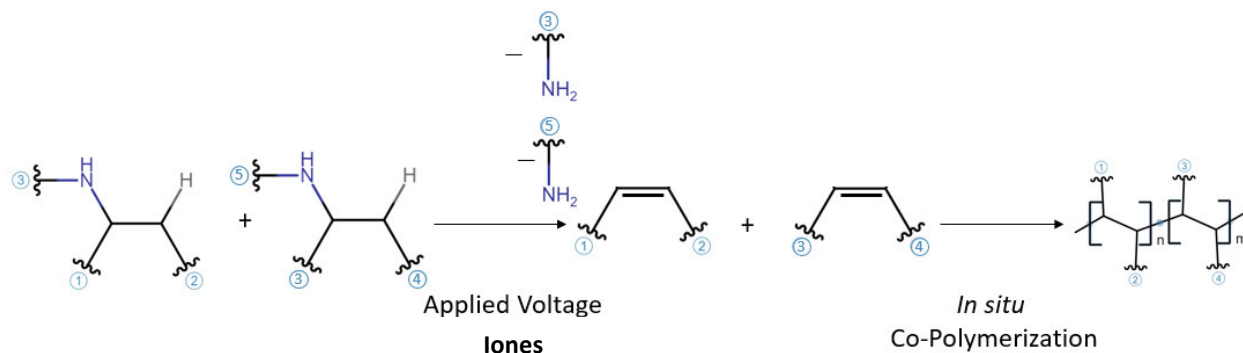
Homopolímero



10 Ecuación 6

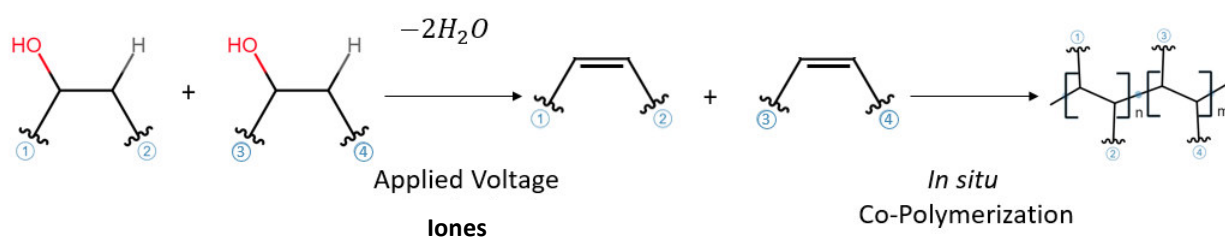
Cabe destacar que, si el grupo de sustitución 3 anterior es un átomo de hidrógeno, se formará 6-9 Amoníaco en lugar de amina.

Copolímero



Ecuación 7

29-2 Copolímero



5 Ecuación 8

Tal como se mencionó previamente, puede formarse el 29-2 Copolímero si están presentes diferentes tipos de alcoholes en el sistema de 1-7 Electrolito, tal como se muestra en la Ecuación 8. Los diferentes tipos de grupos de partida, tales como alcohol con sulfuro o amina, también podrían dar como resultado un producto final de 29-2 Copolímero similar.

10 Algunos ejemplos de 29-2 Copolímero se incluyen en la **Tabla 11**:

Tabla 11 Ejemplos de copolímeros comunes y materiales de partida

1	2	3	4	Productos
H	H	H	Cl	plástico de cloruro de vinilo-etileno (VCE)
H	H	H	COOH	Plástico de etileno-ácido acrílico (EAA)
H	Cl	H	OC=OCH ₃	Acetato de cloruro de polivinilo (PVCA/VCVAC)
H	H	H	OH	Plástico de etileno-alcohol vinílico (EVOH)

Cabe destacar también que puede formarse el 29-2 Copolímero si hay 3 o más tipos de químicos de partida, por ejemplo, la resina común de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), un tipo de plástico de ingeniería valioso y ampliamente utilizado según la **Tabla 12**:

Tabla 12 Material de partida de muestra para el 29-2 Copolímero complejo de resina ABS

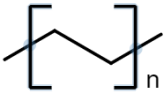
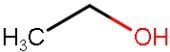
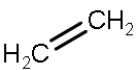
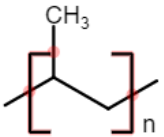
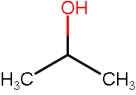
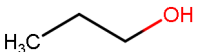
1	2	3	4	5	6	Productos
H	Fenilo	H	H	H	Nitrilo	Acrilonitrilo butadieno estireno(ABS)

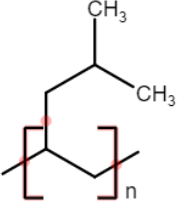
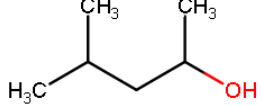
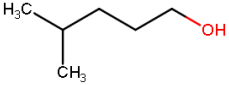
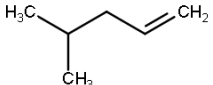
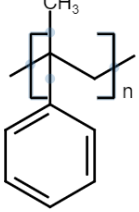
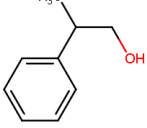
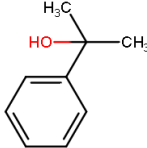
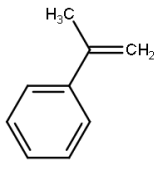
5

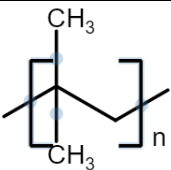
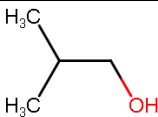
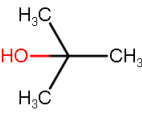
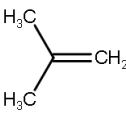
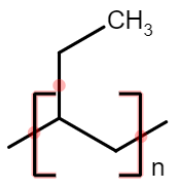
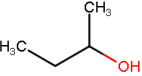
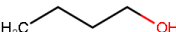
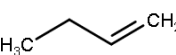
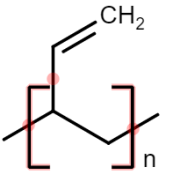
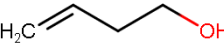
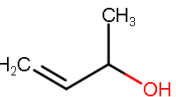
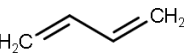
Cabe destacar que el orden en el 29-2 Copolímero de cada unidad puede ser arbitrario.

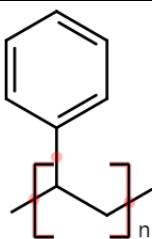
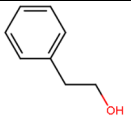
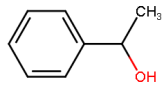
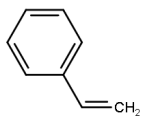
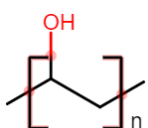
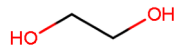
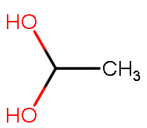
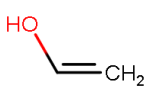
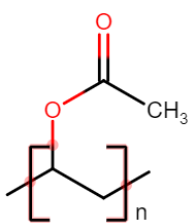
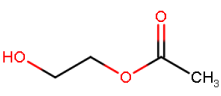
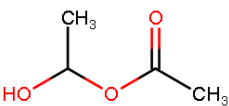
La siguiente **Tabla 13** muestra las reacciones más específicas de polimerización por adición:

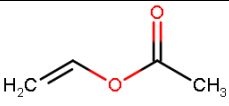
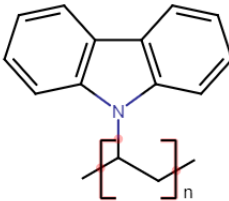
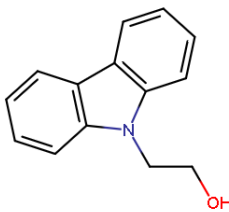
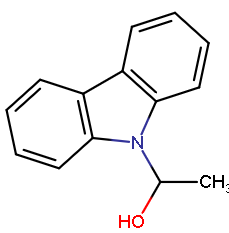
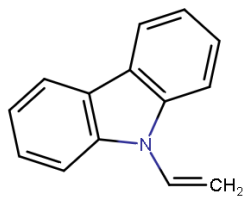
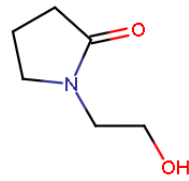
Tabla 13 Reacciones específicas de polimerización por adición

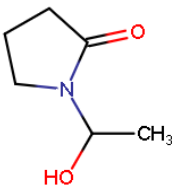
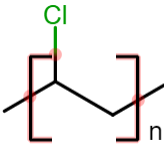
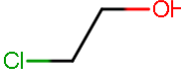
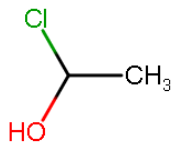
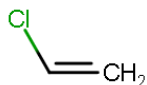
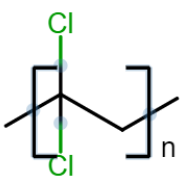
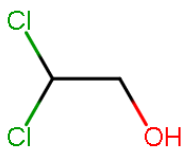
Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
Alquilo	PE Polietileno 	Etanol  Eteno 	-
	PP Polipropileno 	Propan-2-ol  n-propanol  Propeno	-

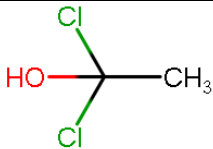
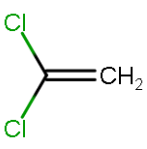
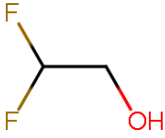
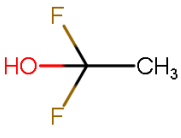
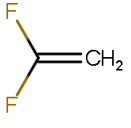
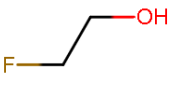
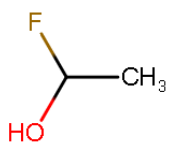
		$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$	
	PMP poli-4-metilpenten-1 	4-metilpentan-2-ol  4-metilpentan-1-ol  4-metilpent-1-ena 	-
	PMS Poli-α-metilestireno 	2-fenil-1-propanol  2-fenil-2-propanol  2-fenilpropeno 	-
	PIB poliisobutileno	Isobutanol	-

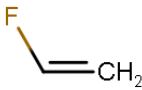
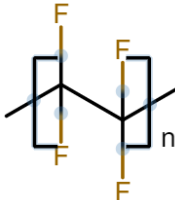
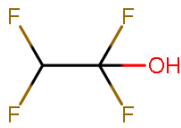
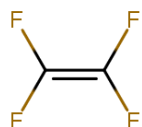
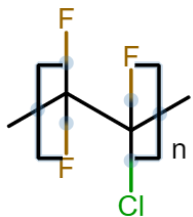
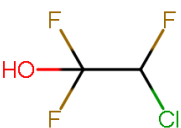
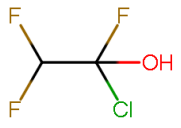
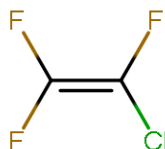
		 Terc-butanol  Isobuteno 	
Elastómeros termoplásticos (TPE)	PB polibuteno 	Butan-2-ol  n-butanol  n-buteno 	-
	PBD 1,2-polobutadieno 	3-Buten-1-ol  3-Buten-2-ol  1,3-butadieno 	-
Arilo	PS Poliestireno	2-feniletanol	-

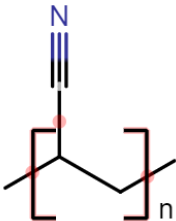
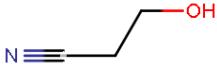
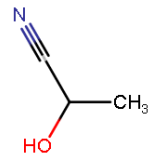
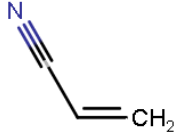
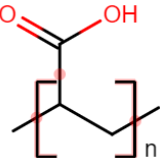
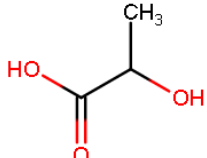
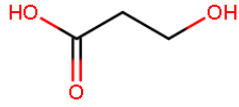
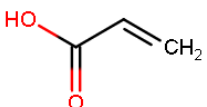
		 1-Feniletanol  Fenileteno 	
	PVOH poli(alcohol vinílico) 	Etilenglicol  1,1-Etanodiol  Etenol 	-
	PVA poli(acetato de vinilo) 	Acetato de 2-hidroxietilo  Acetato de 1-hidroxietilo  Acetato de vinilo	-

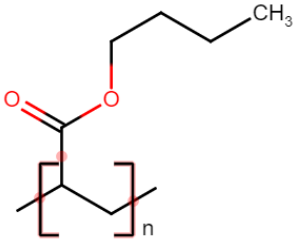
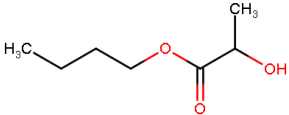
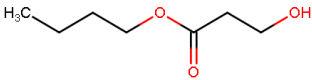
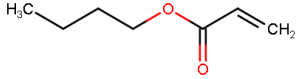
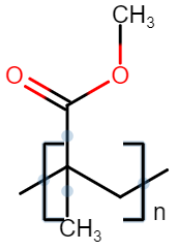
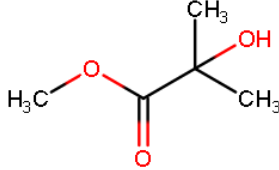
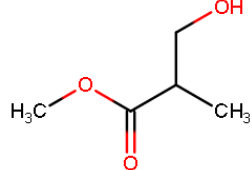
			
Átomo de nitrógeno	PVK Poli-N-vinilcarbazol 	Carbazol-9-etanol  Carbazol-9-etan-2-ol  Carbazol-9-eteno 	-
	PVP Poli-N-vinilpirrolidina  Polivinilpirrolidona (PVP), también denominada comúnmente polividona o	1-(2-Hidroxietil)-2-pirrolidona  1-(1-Hidroxietil)-2-pirrolidona	-

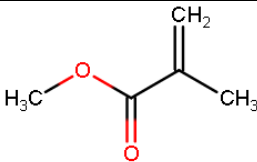
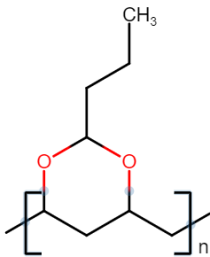
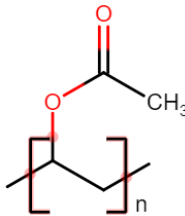
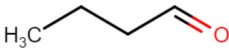
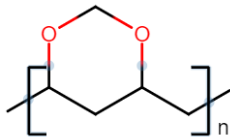
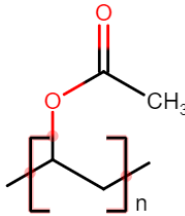
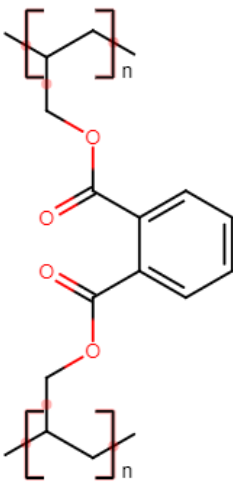
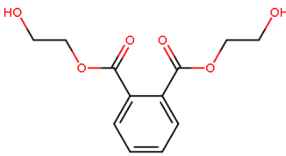
	povidona	  1-(vinil)-2-pirrolidona	
Haluro	PVC Cloruro de polivinilo	 2-Cloroetanol  1-Cloroetanol  Cloroeteno 	-
	PVDC poli(cloruro de vinilideno)	 2,2-Dicloroetanol  1,1-Dicloroetanol	-

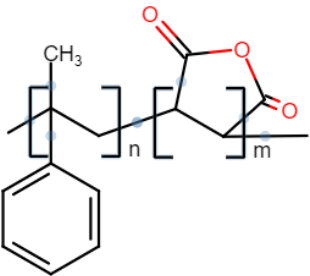
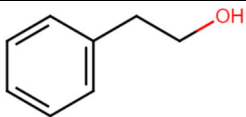
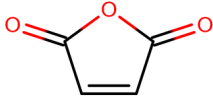
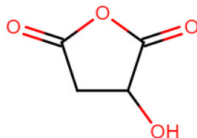
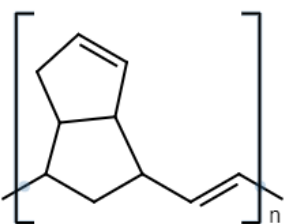
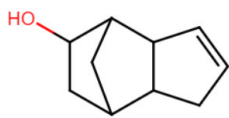
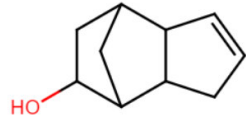
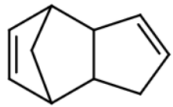
			 1,1-dicloroeteno 	
	PVDF poli(fluoruro de vinilideno)	de	2,2-Difluoroetanol  1,1-Difluoroetanol  1,1-difluoroeteno 	-
	PVF poli(fluoruro de vinilo)		2-Fluoroetanol  1-Fluoroetanol  Fluroeteno	-

			
	PTFE poltetrafluoroetileno 	1,2,2,2-Tetrafluoroetanol  Tetrafluoroeteno 	-
	PCTFE policlorotrifluoroetileno 	2-cloro 1,1,2-trifluoroetanol  1-Cloro-1,2,2-trifluoroetanol  Clorotrifluoroeteno 	-
Acrilonitrilo	PAN poliacrilonitrilo	3-Hidroxipropionitrilo	-

		 1-Hidroxipropionitrilo  2-propenenitrilo 	
Acrilato	PAK poliacrilato  PAA poli(ácido acrílico)	Ácido láctico  Ácido 3-hidroxipropiónico  Ácido acrílico 	-
	PBAK poli(acrilato de butilo)	Lactato de <i>n</i> -butilo	-

		 3-hidroxiopropanoato de butilo  acrilato de n-butilo 	
	PMMA  PMMA poli(metacrilato metilo)	de 2-hidroxi-2-metil-propionato de metilo 2-hidroxiisobutirato de metilo 2-metillactato de metilo  3-hidroxi-2-metilpropanoato de metilo  Metacrilato de metilo	-

			
Adición (cadena principal con 4 carbonos)	PVB poli(butiral de vinilo) 	PVA Acetato de polivinilo 	Butiraldehído 
	PVFM poli(formal de vinilo) 	PVA Acetato de polivinilo 	Formaldehído $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$
Especial	PDAP poli(ftalato de dialilo) 	Ftalato de di(hidroxipropilo) 	-
	SMAH Plástico de estireno-	1-Feniletanol	

	anhídrido maleico  Estireno-anhídrido maleico (SMA)	 Anhídrido maleico  Anhídrido 2-hidroxisuccínico 	
33-13 Polimerización por apertura de anillo (similar a la adición)	PDCPD polidiclopentadieno 	Triciclo[5.2.1.0^{2,6}]dec-4-en-8-ol  Triciclo[5.2.1.0^{2,6}]dec-3-en-8-ol  Diciclopentadieno 	

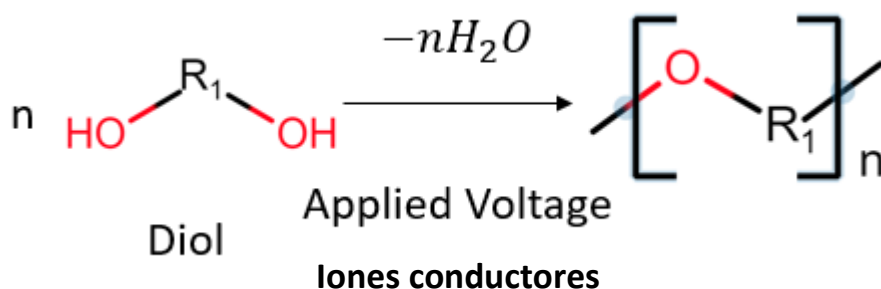
Producción electroquímica de 7-4 Polímero de condensación

Tal como se describe en la Figura **33**, el 7-4 Polímero de condensación es una clase de 1-8 Polímero formado mediante polimerización por condensación como la segunda parte de la 7-2 Química. Incluye, de modo no taxativo:

- 33-2 Poliéter (que incluye resinas de celulosa, furano, fenólicas y similares)
- 5 • 33-5 Polisulfuro
- 33-6 Poliamina
- 33-8 Poliéster
- 33-9 Poliamida
- 6-7 Policarbonatos
- 10 • 33-10 Polianhídrido
- 33-11 Poliimida
- 33-12 Poliuretano
- 33-13 Apertura de anillo
- 33-14 Heteroátomos: Polisiloxanos Polisulfona, Polifosfato, polinitrato
- 15 La producción electroquímica del 7-4 Polímero de condensación comprende 33-1 Condensación y transesterificación. La 33-1 Condensación implica la eliminación intermolecular de grupos activos para unir moléculas, mientras que la transesterificación implica una eliminación más compleja, a menudo, con grupos carbonilo.

33-1 Condensación 33-2 Poliéter

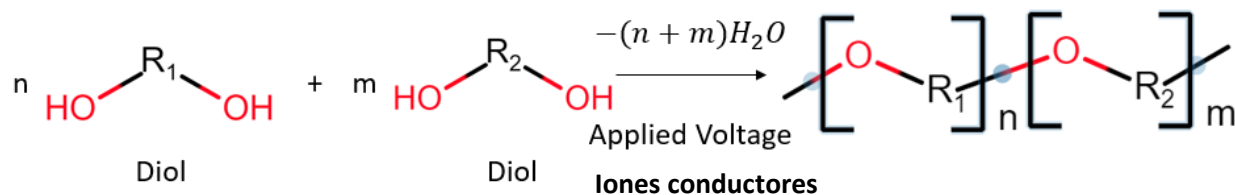
- 20 La reacción más simple es la 33-1 Condensación electroquímica de diol para formar un 33-2 Poliéter, con formación de agua como 1-15 Subproducto, tal como se muestra en la Ecuación 9: Homopolímero

**Ecuación 9**

De manera similar a la producción del 7-3 Polímero de adición, es posible la copolimerización entre diferentes tipos de dioles si están presentes en el mismo sistema, tal como se muestra en

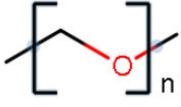
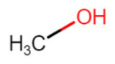
5 la Ecuación 10:

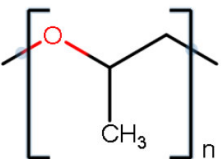
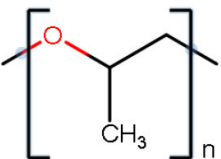
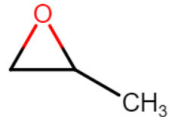
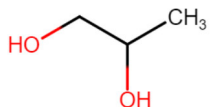
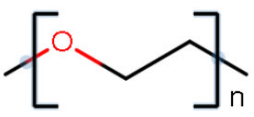
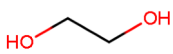
Copolímero

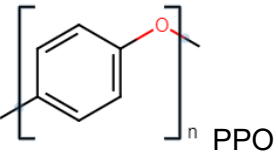
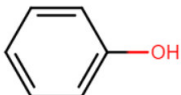
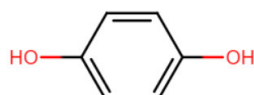
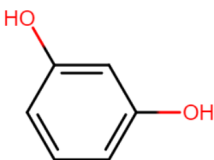
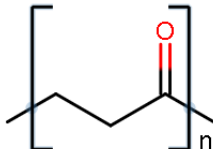
**Ecuación 10**

Cabe destacar que el orden en el copolímero de cada unidad puede ser arbitrario. Las reacciones
10 específicas de interés se detallan en la **Tabla 14**:

Tabla 14 Ejemplos de 33-2 Poliéteres

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-2 Poliéter	Acetal (POM)  POM poloximetileno;	Metanol  Formaldehído	

	poliacetal; poliformaldehído  Polipropilenglicol	$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ Metanodoil (Presencia de formaldehído en agua) Metilenglicol 	
	PPOX poli(óxido de propileno)  Polipropilenglicol	Óxido de propileno  Propilenglicol 	
	PEOX poli(óxido de etileno)  Poletilenglicol (PEG), óxido de polietileno (PEO) o polioxietileno (POE)	Óxido de etileno  Etilenglicol 	

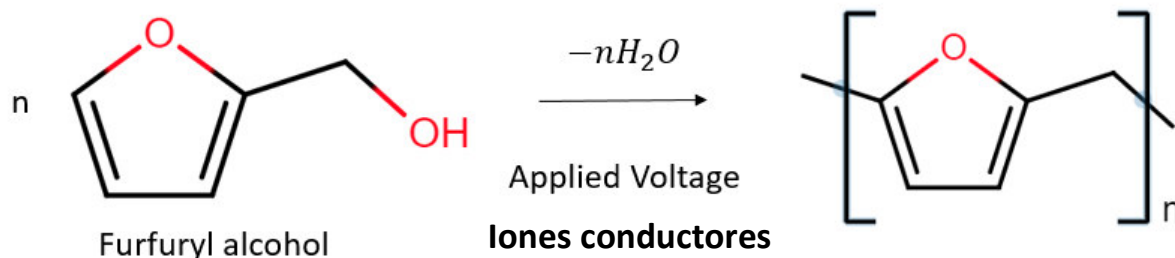
	PPE poli(éter de fenileno) 	Fenol  Hidroquinona  O copolimerización de hidroquinona con Resorcinol 	
	PK policetona 	Ciclopropanona  Reuterina 3-Hidroxipropanal 	

33-1 Condensación 33-3 Monoalcohol: Resinas de furano y fenol

Cuando la cadena principal de carbono tiene ciertos compuestos aromáticos cíclicos, tales como furano y fenol, la 33-1 Condensación todavía puede producirse con un solo grupo de alcohol, tal

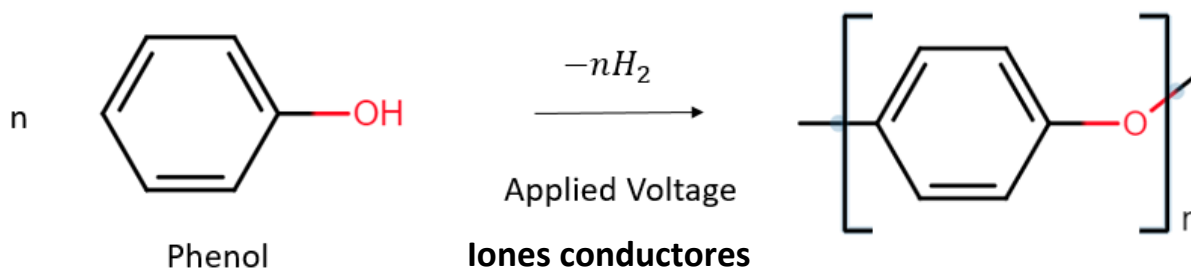
como se muestra en la Ecuación 11 y la Ecuación 12. El producto final es 33-2 Poliéter o grupos polialcanos.

Resina de furano



5 Ecuación 11

Resina fenólica

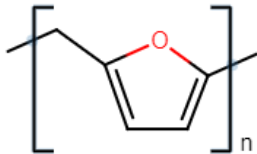
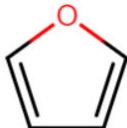
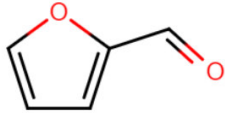


Ecuación 12

Cabe destacar que, para los casos anteriores, no hay un átomo de hidrógeno adyacente para la deshidratación/eliminación intramolecular, por lo que la reacción intermolecular es la única reacción disponible. La **Table 15** describe la reacción de resina de furano y fenólica de interés comercial:

Tabla 15 Ejemplos de resinas de furano y fenólicas

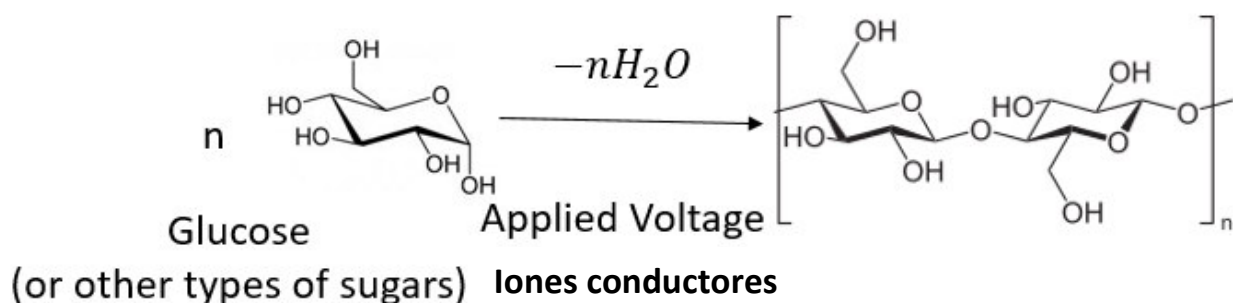
Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P		1-6 Reactivos	
			68-1 Material A	68-2 Material B
Condensación	FF	Resina de furano-	Furano	

(furano)	formaldehído Resina de furfural  Polifurfurilo	 Formaldehído $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ Furfural 	
----------	--	---	--

33-1 Condensación 33-4 Celulosa

En particular, la cadena principal de carbono puede comprender un azúcar o su derivado, en cuyo caso, el producto final de la formación de 33-2 Poliéter es, en realidad, una resina de 33-4 Celulosa, a menudo de aplicación útil como 1-8 Polímero biodegradable. Por ejemplo, el material de partida puede ser glucosa, tal como se muestra en la Ecuación 13:

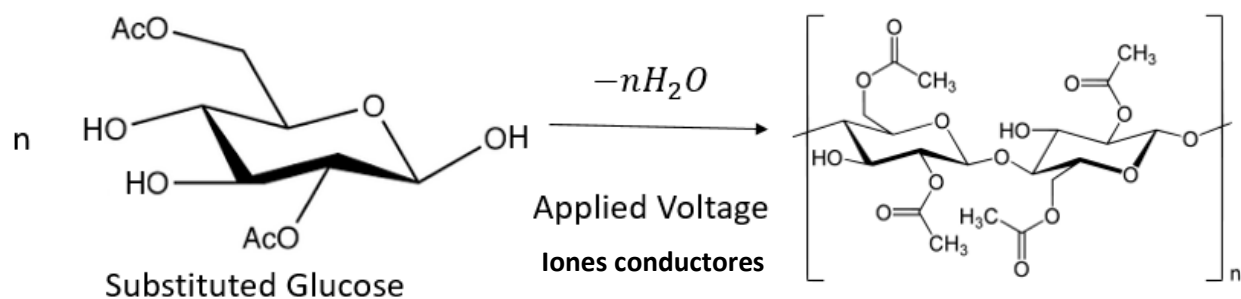
Homopolímero



Ecuación 13

- 10 Se aplica una reacción similar para los derivados de azúcares tales como glucosa con algún grupo $-\text{OH}$ esterificado con un grupo acetato, tal como se muestra en la Ecuación 14:

Derivados: tales como 33-4 Acetato de celulosa



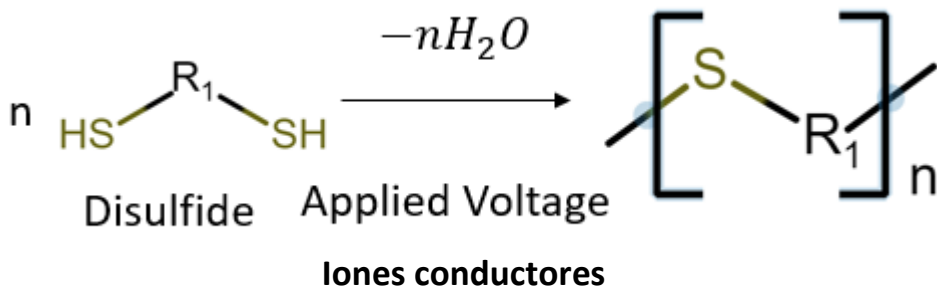
Ecuación 14

También son posibles copolímeros de 33-4 Celulosa si se mezclan diferentes azúcares en el mismo sistema durante la reacción.

5 33-1 Condensación 33-5 Polisulfuro

De manera similar al 33-2 Poliéter, los 33-5 Polisulfuros pueden producirse electroquímicamente a partir de disulfuro, tal como se muestra en la Ecuación 15:

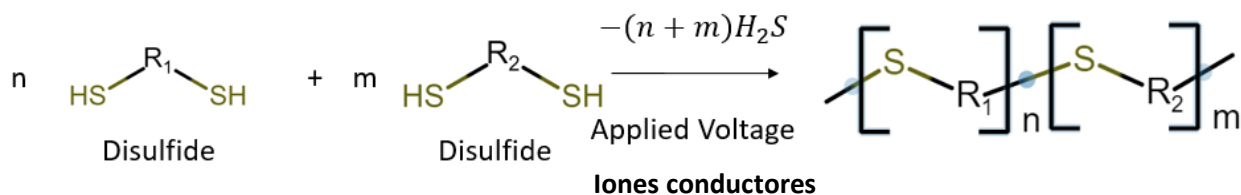
Homopolímero



10 Ecuación 15

También son posibles los copolímeros cuando se mezclan diferentes disulfuros en el mismo sistema, tal como se muestra en la Ecuación 16:

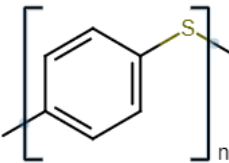
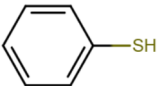
Copolímero



Ecuación 16

Se describe la particular reacción de polisulfuro en la **Tabla 16**:

Tabla 16 Ejemplos de 33-5 Polisulfuros

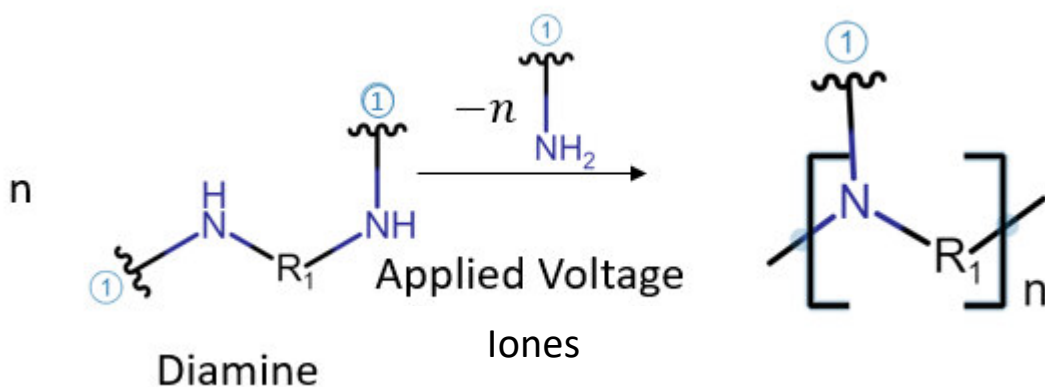
Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-5 Polisulfuro	PPS poli(sulfuro de fenileno)  Sulfuro de polifenileno	Tiofenol 	-

5

33-1 Condensación 33-6 Poliaminas

De manera similar al 33-2 Poliéter y los 33-5 Polisulfuros, las 33-6 Poliaminas pueden producirse electroquímicamente a partir de diamina, tal como se muestra en la Ecuación 17:

Homopolímero



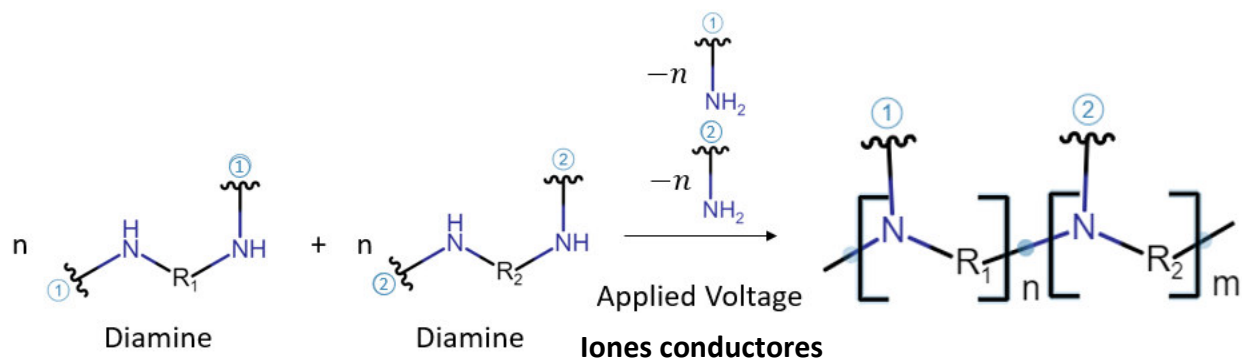
10

Ecuación 17

Pueden producirse los copolímeros cuando se mezclan diferentes tipos de diaminas en el mismo

sistema, tal como se muestra en la Ecuación 18.

Copolímero



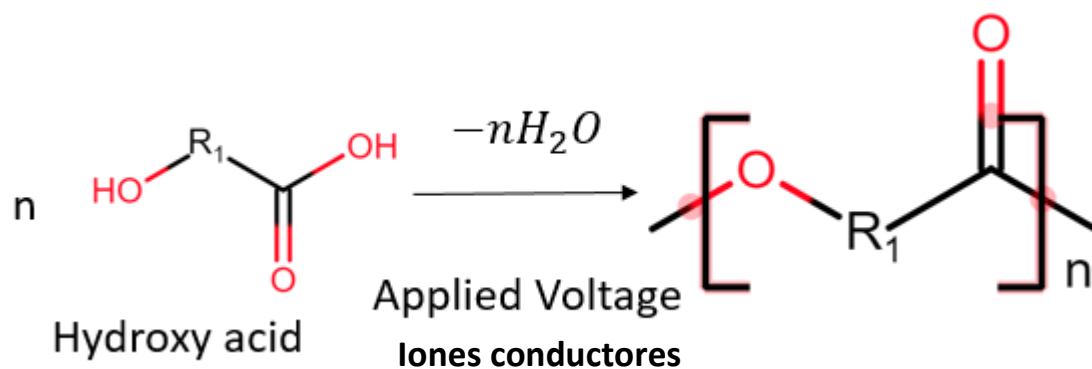
5 Ecuación 18

33-7 Transesterificación: 33-8 Poliéster

El 33-8 Poliéster puede producirse a partir de 33-7 Transesterificación que es, en cierto sentido, muy similar a la 33-1 Condensación. La variante más simple es la reacción entre alcohol y un grupo de ácido carboxílico en la misma molécula de ácido hidroxílico, tal como se muestra en la

10 Ecuación 19:

Homopolímero:



Ecuación 19

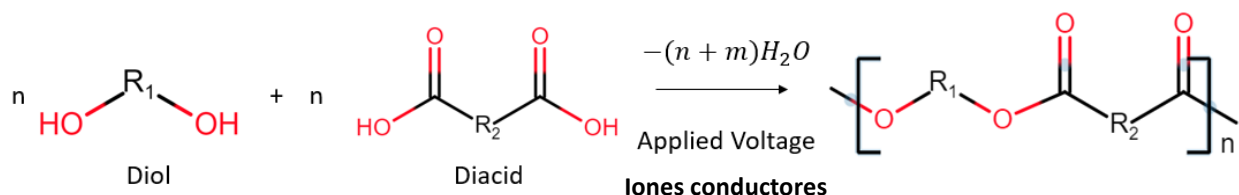
Cabe destacar que la reacción del ácido hidroxílico para formar el 33-8 Poliéster es muy útil para

la producción de muchos 1-8 Polímeros biodegradables, tales como ácido poliláctico a partir del ácido láctico, y poliacrilato a partir del ácido acrílico.

La próxima variante es la reacción entre alcohol y grupos de ácido carboxílico en diferentes moléculas, tal como entre diol y diácido, tal como se muestra en la Ecuación 20:

5

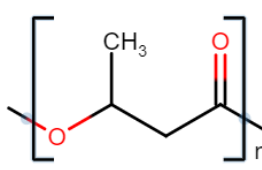
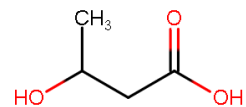
Esterificación regular:

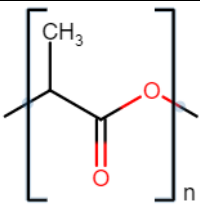
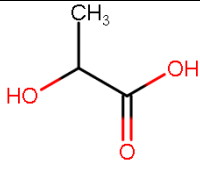
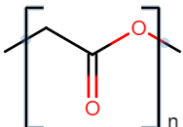
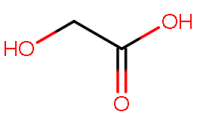
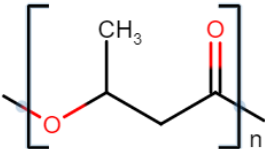
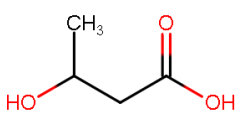
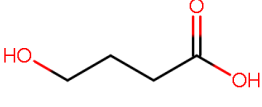
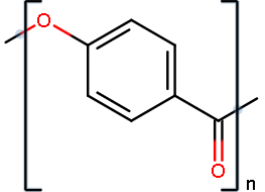
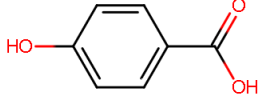
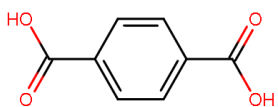
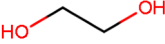


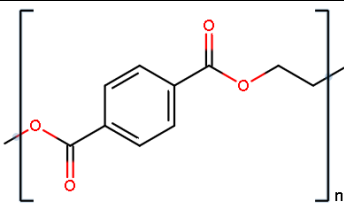
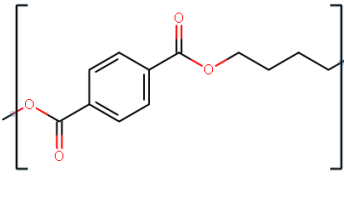
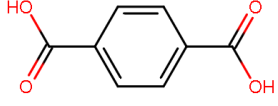
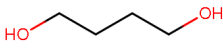
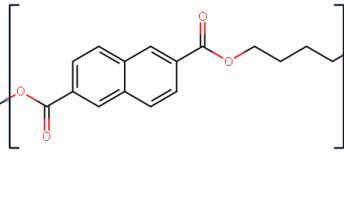
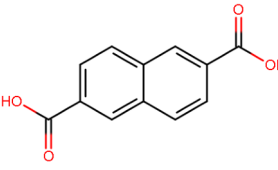
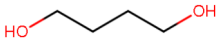
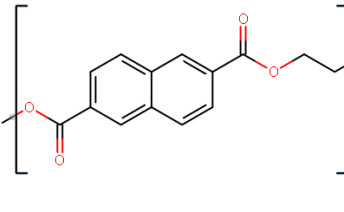
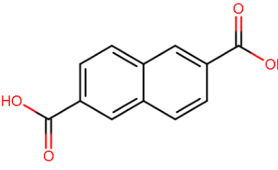
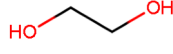
Ecuación 20

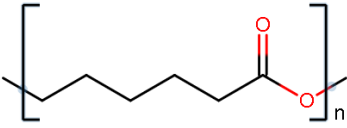
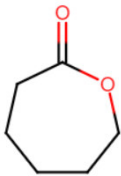
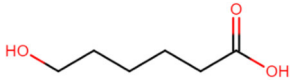
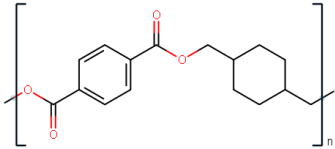
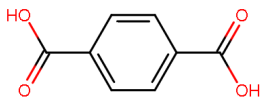
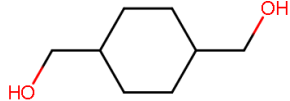
Las reacciones específicas en la clase de poliéster se detallan en la **Tabla 17**:

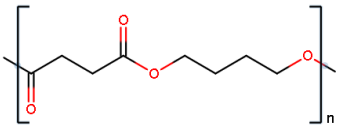
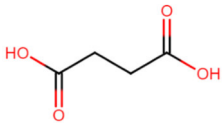
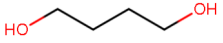
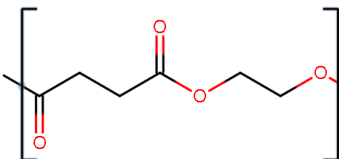
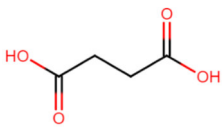
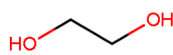
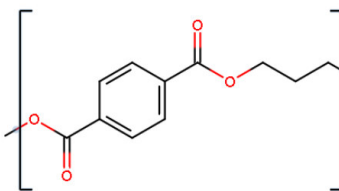
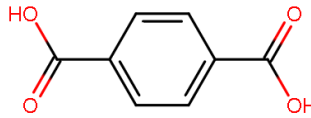
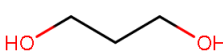
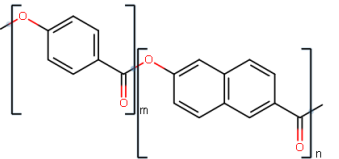
10 Tabla 17 Ejemplos de 33-8 Poliésteres

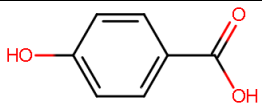
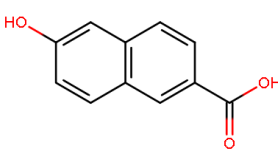
Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-8 Poliéster Homopolímero (condensación intramolecular) Poliácido	PHB ácido polihidroxibutírico polihidroxibutirato  Un tipo de polihidroxialcanoatos	ácido 3-hidroxibutírico o Ácido β-hidroxibutírico 	-
	PLA ácido poliláctico o polilactida	Ácido láctico	-

			
	PGA poli(ácido glicólico) 	Ácido glicólico 	-
	PHA polihidroxialanoico o polihidroxialcanoatos 	ácido 2- hidroxipropanoico  ácido 3- hidroxipropanoico 	
	PAR poliarilato Poli-4-hidroxibenzoato 	Ácido 4- hidroxibenzoico 	-
Condensación regular	PET	Ácido tereftálico 	Etilenglicol 

			
PBT (Tereftalato de polibutileno)		Ácido tereftálico 	1,4-Butanodiol (BD) Tetrametilenglicol 
PBN poli(naftalato de butileno))		Ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico Ácido 2,6-naftalenodicarboxílico 	1,4-Butanodiol (BD) Tetrametilenglicol 
Naftalato de polietileno PEN poli(naftalato de etileno)		Ácido naftaleno-2,6-dicarboxílico Ácido 2,6-naftalenodicarboxílico 	Etilenglicol 

	PCL policaprolactona 	ϵ-Caprolactona  Ácido 6-hidroxihexanoico Ácido 6-hidroxicaproico 	
	PCT poli(ciclonhexileno dimetileno tereftalato)  PCCE poli(ciclohexlieno dimetileno ciclohexanodicarboxilato)	Ácido tereftálico 1,4-Ácido bencenocarboxílico  1,4-Ciclohexanodimetanol 	

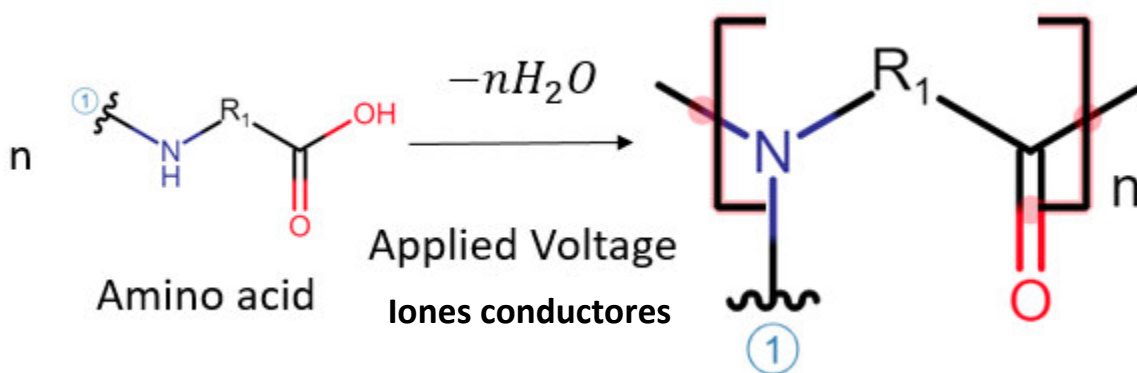
PEC carbonato de poliéster o poli(butileno succinato/carbonato)	PBS polibutilenosuccinato 	Ácido succínico 	1,4 Butanodiol Tetrametilenglicol 
PEC poliestercarbonato	PES poli(etileno succinato) 	Ácido succínico 	Etilenglicol 
	PTT poli(trimetileno tereftaleno) 	Ácido tereftálico 	1,3 Propanodiol 
Varios	LCP 1-8 Polímero de cristal líquido  Ejemplo	Ácido 4-hidroxibenzoico ácido p-hidroxibenzoico (PHBA)	

		 Ácido 6-hidroxi-2-naftoico 	
--	--	---	--

33-7 Transesterificación: 33-9 Poliamida

La 33-9 Poliamida es una clase de materiales de 1-8 Polímeros útiles, que incluye materiales y proteínas biológicas tales como nailon y Kevlar. En un patrón muy similar al del 33-8 Poliéster, implica una reacción entre los grupos amina y ácido carboxílico que se producirán. La variante más simple es la polimerización de aminoácidos, donde los grupos amina y ácido carboxílico están en la misma molécula, tal como se muestra en la Ecuación 21:

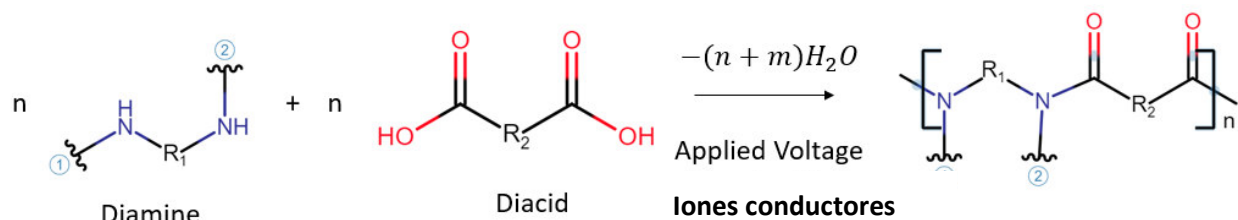
Homopolímero:



10 Ecuación 21

Otra variante es la esterificación de los grupos amina y ácido carboxílico en diferentes moléculas, entre diamina y diácido, tal como se muestra en la Ecuación 22:

Condensación regular:



Ecuación 22

La reacción de poliamida de interés se describe en la **Tabla 18**:

5 Tabla 18 Ejemplos de 33-9 Poliamidas

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-9 Poliamidas (PA)	Nailon PARA poli(arilamida) PAA 	Ácido tereftálico 	p-Fenilenodiamina (PPD)

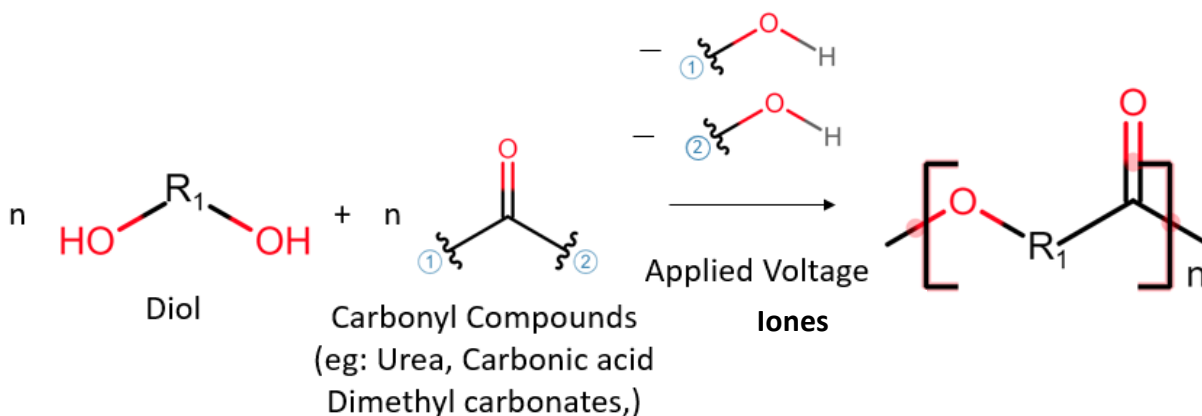
33-7 Transesterificación: 6-7 Policarbonatos

Los 6-7 Policarbonatos también pueden producirse electroquímicamente por reacción entre compuestos de diol y carbonilo, tal como se muestra en la Ecuación 23. Esta es una reacción muy útil porque los compuestos de carbonilo pueden incluir (de modo no taxativo) 6-1 Urea, que es abundantemente económica, pero no súper tóxica, ácido carbónico proveniente del secuestro de dióxido de carbono, y carbonato de dimetilo de la industria tal como 5-3 Productos químicos básicos. También produce alcoholes como 1-15 Subproductos, que a menudo se recuperan

10

como combustibles útiles o 5-5 Productos químicos de materias primas valiosas.

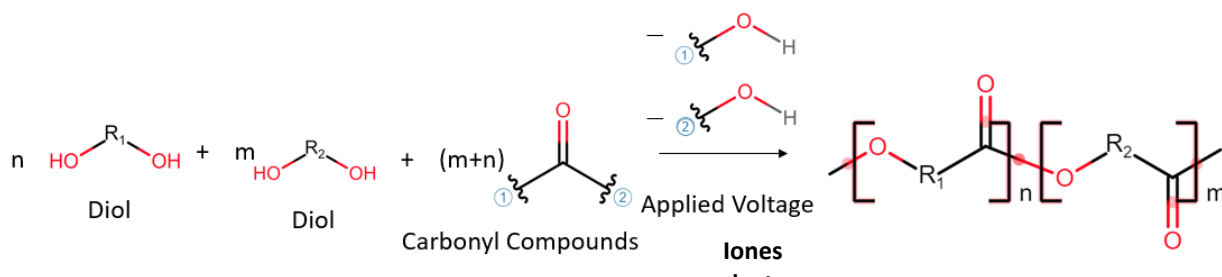
Homopolímero



Ecuación 23

- 5 Cuando están presentes diferentes dioles, los carbonatos copoliméricos pueden producirse tal como se muestra en la Ecuación 24:

Copolímero



Ecuación 24

- 10 La reacción de policarbonato de interés se describe en la **Tabla 19**:

Tabla 19 Ejemplos de 6-7 Policarbonatos

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
6-7	PC	Bis-fenol A (BPA)	6-1 Urea

El 33-10 Polianhídrido puede producirse electroquímicamente a partir de diácido y anhídrido
ácido, tal como se muestra en la Ecuación 25. Los subproductos son ácido carboxílico o sus

$$n \text{ HOOC-R}_1\text{COOH} + n \text{ (1) } \text{---}\text{C(=O)---O---C(=O)---}\text{(2)} \xrightarrow{\text{Applied Voltage}} \left[\text{---}\text{C(=O)---R}_1\text{---C(=O)---O---} \right]_n + \text{(1) } \text{---}\text{C(=O)OH} + \text{(2) } \text{---}\text{C(=O)OH}$$

Diacid Acid Anhydride Applied Voltage Iones

33-7 Transesterificación: 33-12 Poliuretano

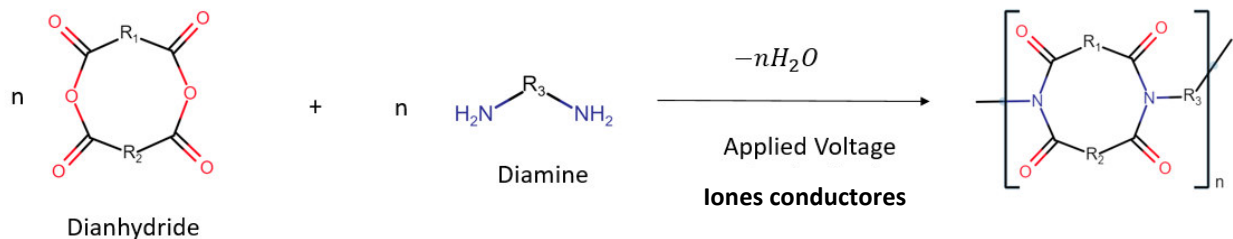
El 33-12 Poliuretano puede producirse electroquímicamente a partir de la reacción entre diol y diisocianato y se muestra en la Ecuación 26.

La reacción específica de poluretano de interés se muestra en la **Tabla 20**:

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-12 Poliuretano		Diisocianato de 4,4'-metileno difenilo 	Etilenglicol

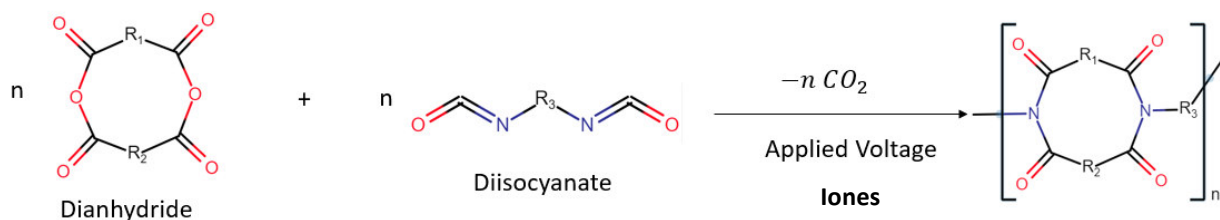
33-7 Transesterificación: 33-11 Poliiimida

La 33-11 Poliimida puede producirse a partir de la reacción de dianhídrido y diamina, o dianhídrido con diisocianato. La reacción de dianhídrido-diamina es más común porque la diamina es más abundante, tal como se muestra en la Ecuación 27:



Ecuación 27

Por otro lado, la reacción dianhídrido-diisocianato produce dióxido de carbono, que puede separarse fácilmente como gas para la 1-5 Recuperación, tal como se muestra en la Ecuación 28.

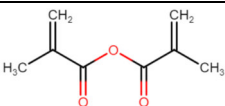
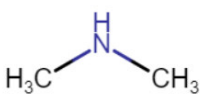
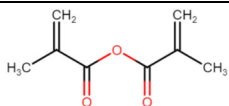
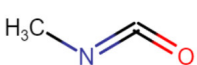


5 Ecuación 28

Las reacciones de poliimidas de interés se detallan adicionalmente en la **Tabla 21**:

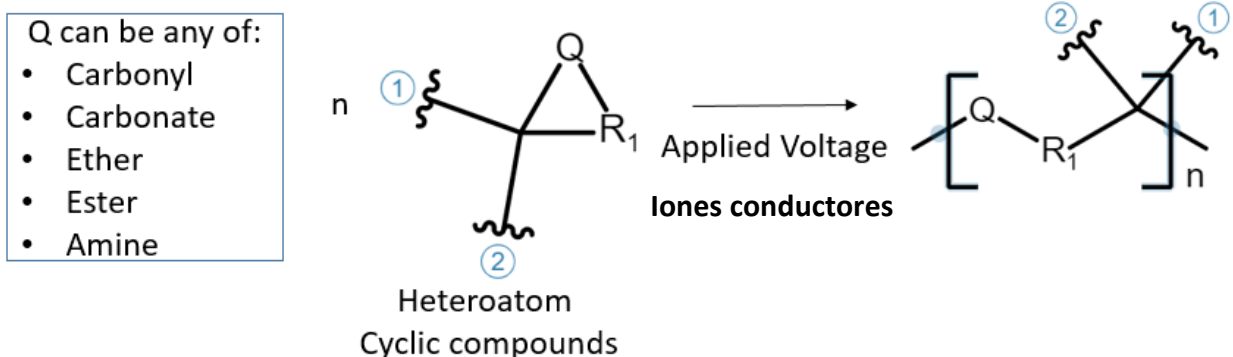
Tabla 21 Ejemplos de 33-11 Poliimidas

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
PI 33-11 Poliimida 	PMI Polimetacrilimida 	Anhídrido metacrílico Metilamina 	Anhídrido metacrílico Ácido isocianico
	PMMI Poli-N-metilmetacrilimida	Anhídrido metacrílico	Anhídrido metacrílico

		 Dimetilamina 	 Isocianato de metilo 
--	--	---	---

33-7 Transesterificación: 33-13 Apertura de anillo

La reacción de apertura del anillo es una manera útil de producir el 1-8 Polímero a partir de compuestos cíclicos, tal como se ilustra en la Ecuación 29. Los compuestos cíclicos son a menudo anillos de heteroátomos, que contienen grupos tales como carbonilo (C=O), Carbonato, Éter, Éster, amina, amida, sulfuro u otros grupos con átomos distintos al átomo de Carbono.

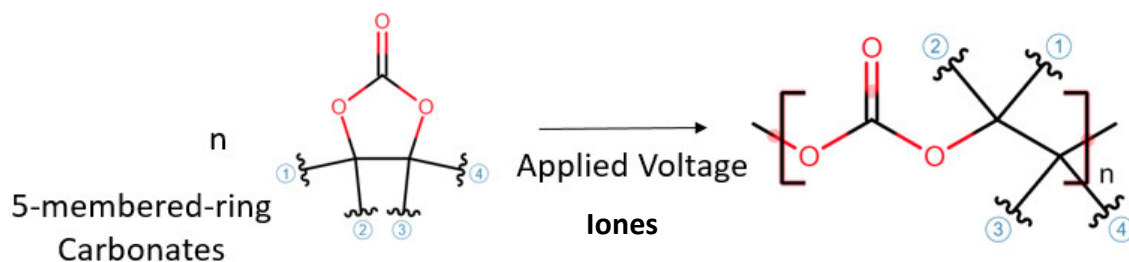


Ecuación 29

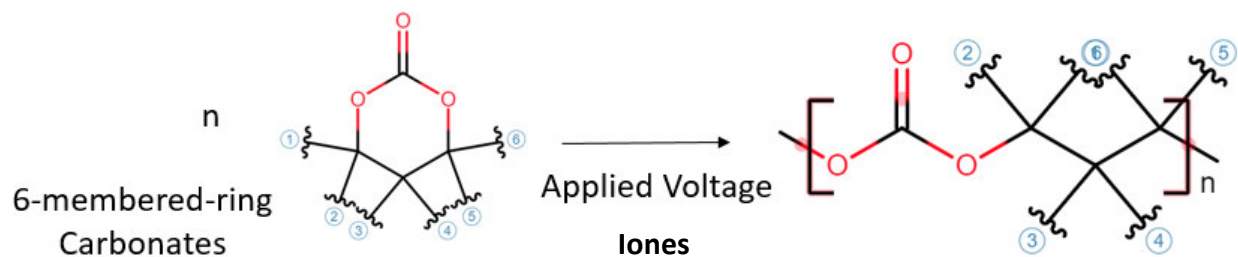
Cabe destacar que si bien la ecuación comenzó con el anillo más corto posible, que es un anillo triangular, el anillo puede ser más grande si se usa un anillo más grande. En algunas modalidades, el 1-8 Polímero resultante comprende cadenas principales de carbono. Algunos ejemplos particulares incluyen la 33-13 Apertura del anillo de carbonatos cíclicos, que son

básicos en la producción de 6-7 Policarbonatos, tal como se muestra en la Ecuación 30 y la Ecuación 31:

Ejemplo: Carbonatos cíclicos



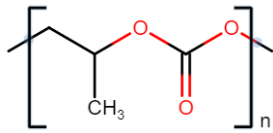
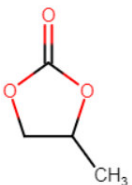
5 Ecuación 30

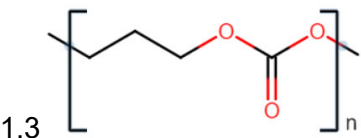
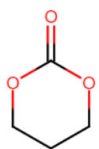
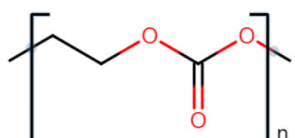
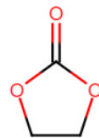
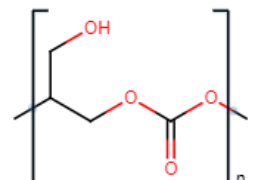
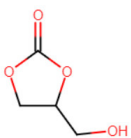
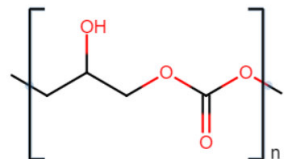
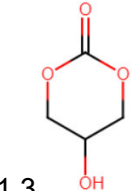


Ecuación 31

La reacción de polimerización por apertura del anillo de interés se detalla en la **Tabla 22**:

10 Tabla 22 Ejemplos de polimerizaciones por apertura del anillo

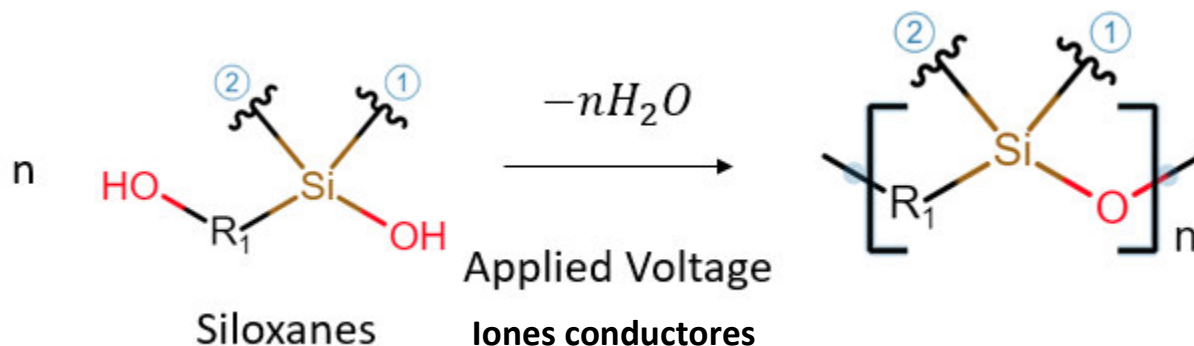
Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
Apertura del anillo	PPC copolímero de dióxido de carbono y propileno 	Carbonato de polipropileno 1,2 	-

	Carbonato de polipropileno 1,2 (PPC)		
	Carbonato de polipropileno 1,3 	Carbonato de polipropileno 1 3 	
	Carbonato de polietileno (PEC) 	Carbonato de etileno 	
	Carbonato de poliglicerol 1,2 	Carbonato de glicerol - 1,2 	
	Carbonato de poliglicerol 1,3 carbonate 	Carbonato de glicerol 1,3 	

33-7 Transesterificación - 33-14 Heteroátomos: Polisiloxanos Polisulfona, Polifosfato, polinitrato

La 33-1 Condensación y/o 33-7 Transesterificación también funcionan cuando el átomo adyacente es un 33-14 Heteroátomo: Polisiloxanos Polisulfona, Polifosfato, polinitrato en lugar del átomo de carbono. Por ejemplo, los siloxanos pueden experimentar 33-1 Condensación (similar al 33-2 Poliéter) para formar 33-15 Polisiloxanos, tal como se muestra en la Ecuación 32:

5 33-15 Polisiloxanos

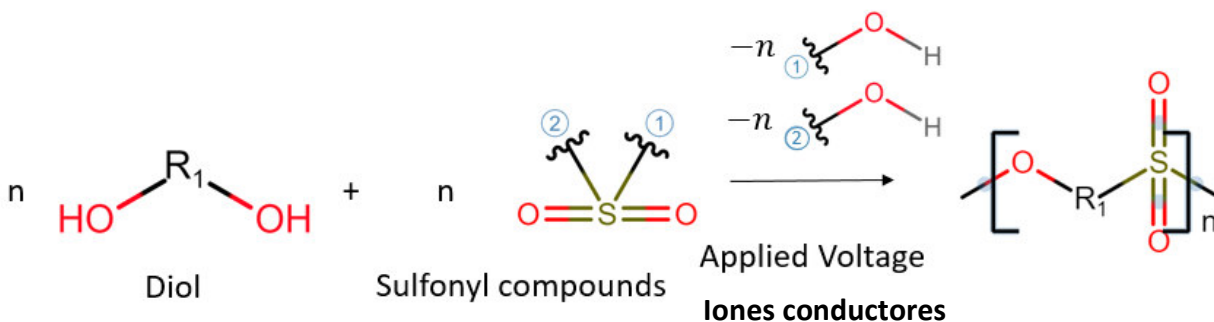


Ecuación 32

Como otro ejemplo, el diol puede experimentar 33-7 Transesterificación con compuestos de sulfonilo (similar a los compuestos de carbonilo) para formar 33-16 Polisulfonas, tal como se muestra en la Ecuación 33.

10 muestra en la Ecuación 33.

33-16 Polisulfonas

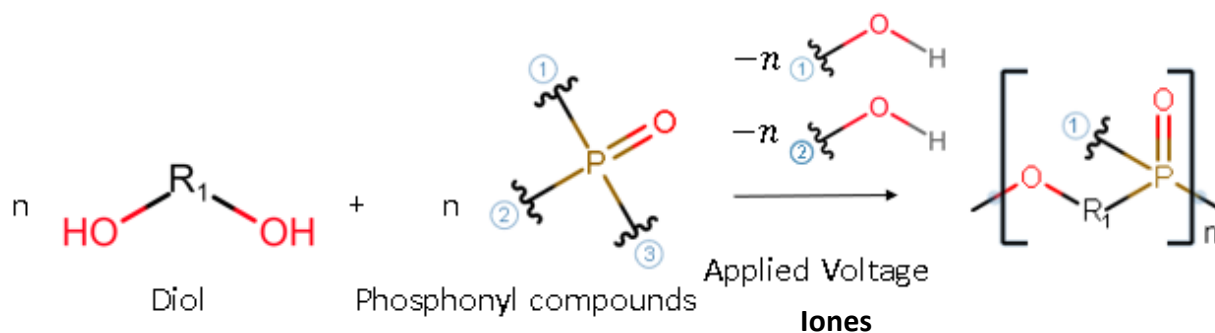


Ecuación 33

También son posibles los polifosfonatos si el heteroátomo es fósforo, tal como se muestra en la

15 Ecuación 34:

Polifosfonatos

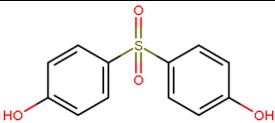
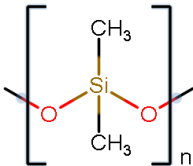
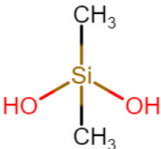
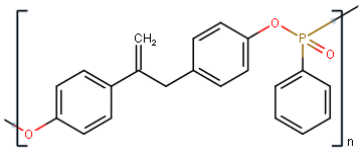
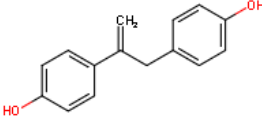
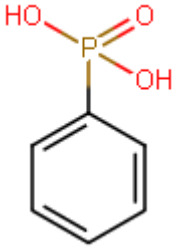
**Ecuación 34**

Otra posibilidad incluye polinitrato, entre otros. Las variantes heteroatómicas de interés se presentan en la **Tabla 23**:

5

Tabla 23 Ejemplos de 33-14 Heteroátomos: Polimerizaciones de Polisiloxanos Polisulfona, Polifosfato, polinitrato

Sustituyentes de rama	1-8 Polímero P	1-6 Reactivos	
		68-1 Material A	68-2 Material B
33-16 Polisulfona	PSU polisulfona 	Bisfenol S Bis(4-hidroxifenil) sulfona 	2,2-Bis(4-hidroxifenil) propano
Poliarilsulfona (PSU)	PPSU poli(fenileno sulfona) 	Bis(4-hidroxifenil) sulfona 	4,4'-Bifenol

			
33-15 Polisiloxanos	SI lático de silicona 	Dimetilsilanodiol 	-
Fosfato de poliarilo	BHDB-polifosfonato 	4,4'-bishidroxidesoxibenzoína (BHDB) 	Ácido fenilfosfónico 

7-5 Proceso químico

Tal como se indica en la Figura 34, el 7-5 Proceso implica, generalmente, el 34-1 Concepto, 34-2 Eliminación de recuperación, 34-3 Reacondicionamiento, 34-4 Gestión de residuos y, finalmente, 34-5 Diagrama de flujo de bloques.

34-1 Concepto

La primera variante del 5-1 Proceso de elerGreen para la producción electroquímica de 1-8 Polímeros, que se ilustra en la Figura 35, es muy similar al 7-5 Proceso convencional, pero el 1-2 Reactor convencional que requiere una cantidad significativa de 1-11 Calor, 1-12 Presión y 1-13 Catalizador, se reemplaza con el 35-1 Reactor electroquímico que usa 3-1 Electricidad y 6-6 Iones conductores. Si bien, generalmente, no se necesita 1-11 Calor y 1-12 Presión, aun pueden

agregarse al 35-1 Reactor electroquímico según sea necesario dependiendo del tipo de reacción, e incluso en ese caso, a menudo con una temperatura y 1-12 Presión sustancialmente menores que en el 7-5 Proceso convencional.

La variante general, Variante 1, puede utilizarse cuando el 1-15 Subproducto es valioso pero perjudicial cuando se trata de una 36-1 Descarga hacia el medio ambiente, tal como aminas y alcoholes. Para este caso, se usa la unidad de 1-5 Recuperación para recuperar los 5-5 Productos químicos de materias primas valiosas (aunque perjudiciales si se liberan hacia el medio ambiente) para la venta en lugar de su de descarga/eliminación, a costa de un 7-5 Proceso más complejo.

34-2 Eliminación de recuperación

Otra variante, Variante 2, ilustrada mediante la Figura 36, es un caso más simple que la Variante 1, en cuanto a que el 1-15 Subproducto no se recupera y simplemente se descarga en la 36-1 Descarga. Esto puede usarse cuando el 1-15 Subproducto es perjudicial o no valioso, tal como el agua en muchos casos de reacción. Esto permite que el costo sea aún menor debido a la eliminación de la 1-5 Recuperación que incurre en costos de capital y operación.

34-3 Reacondicionamiento

Mientras que muchos otros 7-5 Procesos greentech implican la reconstrucción de todo el 7-5 Proceso diferente, el 5-1 Proceso de elerGreen novedoso de producción electroquímica de 1-8 Polímero implica reemplazar el 1-2 Reactor convencional central con el 35-1 Reactor electroquímico, mientras se mantienen (si no se ajustan mínimamente) las unidades de operación complementarias o los estándares industriales existentes, tal como se ilustra en la Figura 37.

La compatibilidad con el sistema convencional permite comprar una planta regular y renovar solo el 1-2 Reactor convencional en un 35-1 Reactor electroquímico, en oposición a construir una planta química completamente diferente de cero. Como resultado, pueden evitarse las dificultades del exceso de presupuesto, como en muchos greentech, mientras que la adquisición

de la propia planta convencional también sirve para permitir que el proyecto se implemente en mucho menos tiempo, además de ofrecer un flujo de ingresos que sirven como bonos/préstamos utilizados para la adquisición, además de usar las acciones de mercado establecidas, dado que los productos siguen siendo los mismos después de la adquisición, solo que con un costo sustancialmente menor.

La forma de realizar el 34-3 Reacondicionamiento es insertar el 35-1 Reactor electroquímico como 37-1 Derivación en un sistema de 1-2 Reactor convencional. Esto puede lograrse mediante la construcción del 35-1 Reactor electroquímico en el sitio, la conexión de tuberías paralelas del sistema de 37-1 Derivación como alternativa, solucionando los problemas del sistema alternativo y, finalmente, retirando el sistema convencional.

Para el 34-3 Reacondicionamiento, también se ha implicado una nueva configuración para la columna de destilación, para cambiar entre solvente en una parte superior de la columna de destilación a solvente en la parte inferior, a través de una conexión sencilla de las 7-6 Tuberías y válvulas de inversión.

34-4 Gestión de residuos

En la Figura 38 se ilustra otra variante, que implica la adición de una unidad de 34-4 Gestión de residuos. Para la 34-4 Gestión de residuos, será necesario un equipo de 38-1 Extracción de residuos. Una variante simple es instalar el equipo de 38-1 Extracción de residuos corriente arriba para extraer los ingredientes activos (que usualmente son las sustancias que vuelven tóxicos a los 5-2 Residuos químicos) de los 5-2 Residuos químicos. De manera alternativa, la 38-1 Extracción de residuos puede ser un 7-5 Proceso químico separado, incluso en otra planta, con el ingrediente activo aislado enviado a la instalación de producción de 1-8 Polímero y almacenado en un tanque de almacenamiento de material regular. El equipo de 38-1 Extracción de residuos consiste en la separación regular del equipo del 7-5 Proceso que incluye, de modo no taxativo, el extractor de solventes y la columna de destilación, aunque el tipo exacto y la especificación

del equipo de 38-1 Extracción de residuos 38-1 a utilizar depende de los 5-2 Residuos químicos y el ingrediente activo de interés en una base de ingeniería química caso por caso.

Para ilustrar el 34-1 Concepto, un ejemplo es la 38-1 Extracción de residuos de etilenglicol de lodos de pintura y anticongelante usado para la 34-4 Gestión de residuos. El etilenglicol podría

causar daños neurológicos, vómitos y el fallecimiento tras ingerirse, y es peligroso para el medio ambiente cuando se descarga junto con lodo de pintura y anticongelante usado. Sin embargo, el etilenglicol en sí mismo, cuando se concentra en grado industrial, es un material para producir polietilenglicol (de uso industrial y médico), además de ser un 5-5 Producto químico de materia prima de interés para la industria química, y podría venderse fácilmente por dinero. El etilenglicol

podría aislarse de los lodos de pintura mediante el uso de columna de destilación u otros procesos de separación tales como filtración de membrana. Con el fin de integrar dicha 34-4 Gestión de residuos en el 7-5 proceso de producción de 1-8 Polímeros, el equipo de separación junto con el tanque de almacenamiento de 5-2 Residuos químicos, podría instalarse corriente arriba, antes del tanque de almacenamiento, para aislar de forma continua el etilenglicol que se almacenará en los tanques de almacenamiento de materiales. De manera alternativa, la 34-4 Gestión de residuos puede implementarse en otra planta (puede ser del mismo propietario o ser propiedad de otra entidad, lo que incluye un proveedor y un cliente de 34-4 Gestión de residuos) designada como planta de 34-4 Gestión de residuos y enviar el etilenglicol aislado mediante el camión de químicos al sitio del 7-5 Proceso de polímeros.

34-5 Diagrama de flujo de bloques

Tal como se detalla en la Figura 39, el 7-5 Proceso general consiste en múltiples bloques: Materiales, 1-1 Preparación, Síntesis, 1-3 Separación de sólidos, 1-4 Procesamiento y 1-5 Recuperación.

Materiales:

El bloque de materiales consiste en tanques de 1-6 Reactivos, Tanque de alimentación A,

mientras que son posibles otros 1-6 Reactivos tales como el Tanque de alimentación B o incluso Tanque de alimentación C, D, E, F. El 68-1 Material A se suministra usualmente mediante un camión con tanque químico en una entrada, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior del Tanque de alimentación A. El Tanque de alimentación A tiene un drenaje, usualmente en la parte inferior, para drenar el tanque con fines tales como el 59-3 Mantenimiento, la limpieza y el desmantelamiento. El 68-1 Material A sale del Tanque de alimentación A mediante una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior, hacia el Tanque de mezcla. En algunas implementaciones, para la reacción de polimerización que implica más de un monómero, son necesarios otros materiales, lo que garantiza la necesidad de otros tanques de alimentación en paralelo la Tanque de alimentación A. Para el caso del 68-2 Material B, se suministra usualmente mediante otro camión con tanque químico en una entrada, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior del Tanque de alimentación B. El Tanque de alimentación B, como el Tanque de alimentación A tiene un drenaje, usualmente en la parte inferior, para drenar el tanque con fines tales como el 59-3 Mantenimiento, la limpieza y el desmantelamiento. El 68-2 Material B sale del Tanque de alimentación B mediante una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior, hacia el Tanque de mezcla. Si se necesitan otros materiales tales como los Materiales C, D, E, F etcétera, especialmente, para la copolimerización, en consecuencia, se agregará el Tanque de alimentación C, D, E, F etcétera en paralelo de forma similar a la adición del Tanque de alimentación B en paralelo.

20 **1-1 Preparación:**

1-1 La preparación consiste en un tanque de mezcla, un calentador y una bomba. En el tanque de mezcla se mezclan los 1-6 Reactivos, Materiales A y B, así como C, D, E, F, etc. si corresponde, con el 1-7 Electrolito, que consiste en el 68-1 Material A y B sin reaccionar, así como C, D, E, F, etc. si corresponde, 6-6 Iones conductores (tales como 68-3 Sal disuelta), si corresponde, 32-1 Aditivos y 31-1 Cosolvente. El mezclador consiste en agitar, usualmente, de

modo no taxativo, medios mecánicos mediante la agitación de una paleta impulsada por un motor. En algunas implementaciones, el motor no necesita estar conectado físicamente a la paleta mediante el eje, en su lugar, puede inducir el movimiento de la paleta a través de influencia directa, tal como el campo magnético similar a una 68-5 Barra de agitación magnética, en algunos casos, el cambio del campo magnético puede ser inducido por un sistema inductor, de modo que ni siquiera sea necesario el motor. En algunas implementaciones, la agitación puede realizarse sin el método mecánico del motor, tal como el uso de ultrasonido para hacer vibrar las moléculas, o mediante múltiples esquinas y una barrera para crear turbulencia en un mezclador estático para que las especies se mezclen de forma uniforme, o mediante burbujeo de gas en la fase líquida para inducir la mezcla.

El 1-7 Electrolito mezclado, compuesto por el 68-1 Material A y el 68-2 Material B, C, D, E, F, según corresponda, soluto/68-3 Sal disuelta, así como 32-1 Aditivos y 31-1 Cosolvente, según corresponda, salen luego del mezclador mediante una salida, usualmente, pero no necesariamente, ubicada en la parte inferior del tanque de mezcla. Luego, se calienta mediante el uso del calentador y se suministra a las 40-3 Bombas/Compresor. En algunas implementaciones, el calentador puede reemplazarse con otros medios de calentamiento, tales como un intercambiador de calor, que calienta la corriente a través de conducción y convección con otro fluido con temperatura más alta, usualmente, de modo no taxativo, vapor caliente, agua caliente o aceite de calentamiento. En algunas implementaciones, cuando se necesita refrigeración, el calentador puede reemplazarse con una unidad de refrigeración. En algunas implementaciones en las que no es necesario calentar ni enfriar el 1-7 Electrolito, puede eliminarse la unidad de calentamiento y/o refrigeración.

El 1-7 Electrolito ingresa luego a las 40-3 Bombas/Compresor para aumentar la 1-12 Presión del fluido hasta el nivel necesario para la reacción química posterior. Si bien usualmente se usa el compresor, puede reemplazarse con una bomba, tal como una bomba centrífuga para reducir

costos cuando la 1-12 Presión necesaria no es alta. En algunas implementaciones, las 40-3 Bombas/Compresor pueden intercambiar posición con la unidad de calentamiento/refrigeración corriente arriba, es decir, las 40-3 Bombas/Compresor pueden colocarse antes del calentador, en lugar de la configuración predeterminada del calentador antes de las 40-3 Bombas/Compresor. En algunas implementaciones en las que no se implica la 1-12 Presión, puede eliminarse la unidad de 40-3 Bombas/Compresor. La mezcla con la temperatura y 1-12 Presión adecuadas ingresa, posteriormente en el bloque de Síntesis.

Síntesis:

El bloque de Síntesis comienza con una válvula de inversión para dirigir el 1-7 Electrolito a 2 vías posibles:

a. Opción convencional

Luego, el 1-7 Electrolito ingresa en un 1-2 Reactor convencional con temperatura y 1-12 Presión ajustables, donde los 1-6 Reactivos en la mezcla reaccionan para formar un 1-8 Polímero, usualmente como una suspensión en la mezcla, y el 1-15 Subproducto químico. Dependiendo del 7-5 Proceso específico necesario, el 1-2 Reactor convencional puede tener una camisa de fluido de calentamiento/refrigeración o aislamiento térmico para el 7-7 Control de temperatura y seguridad, así como una pared del 1-2 Reactor convencional reforzada/fortificada y/o una válvula de escape de 1-12 Presión o disco de ruptura para una 1-12 Presión segura. El 1-2 Reactor convencional puede implicar agitación con paleta impulsadas por un motor. En algunas implementaciones, la transmisión mecánica puede no implicar contacto directo con el eje, en su lugar puede ser influencia sin contacto, tal como el campo magnético para la 68-5 Barra de agitación magnética. En algunas implementaciones, el movimiento puede realizarse mediante un cambio en el campo magnético mediante el sistema inductor, en lugar de un imán fijado al motor. En algunas implementaciones, la mezcla puede inducirse de forma no mecánica, tal como mediante ultrasonido para hacer vibrar las moléculas, o múltiples esquinas/obstáculos para crear

turbulencia en el flujo de flujo. En algunas implementaciones, la ausencia de mezcla puede ser beneficiosa para la eficiencia de la reacción al reducir la dilución de los 1-6 Reactivos, con este fin, se usa un 1-2 Reactor convencional de flujo de tapón.

El 1-14 Electrolito usado, con el 1-8 Polímero y el 1-15 Subproducto ingresan, luego, a un filtro para separar el 1-8 Polímero de la mezcla. En algunas implementaciones, el filtro puede reemplazarse con otros medios de separación de sólido-líquido tal como un ciclón. El 1-8 Polímero sólido sale del filtro, o la unidad de separación de sólido-líquido, y pasa a través de una válvula de inversión que se fusiona con la vía electroquímica hacia el bloque de 1-3 Separación de sólidos. La fase líquida del 1-14 Electrolito usado, que contiene el 1-15 Subproducto químico, sale del filtro, o la unidad de separación de sólido-líquido, desde otra salida, y pasa a través de otra válvula de inversión que se fusiona con la vía electroquímica.

b. Opción electroquímica

La vía electroquímica consiste en el novedoso 35-1 Reactor electroquímico, donde los 1-6 Reactivos en la mezcla reaccionan para formar el 1-8 Polímero y el 1-15 Subproducto. El 35-1 Reactor electroquímico tiene una con corriente operativa ajustable, 6-5 Voltaje aplicado, posición de la hija, velocidad del electrodo y, si corresponde, temperatura y 1-12 Presión. Dependiendo del 7-5 Proceso específico necesario, el 35-1 Reactor electroquímico puede tener una camisa de fluido de calentamiento/refrigeración o aislamiento térmico para el 7-7 Control de temperatura y seguridad, así como una pared del 9-20 Recipiente reforzada/fortificada y/o una válvula de escape de 1-12 Presión o disco de ruptura para una 1-12 Presión segura. Si bien la agitación se proporciona por defecto para el 35-1 Reactor electroquímico mediante el movimiento relativo del electrodo contra el 1-7 Electrolito, el 35-1 Reactor electroquímico puede implicar agitación con paletas impulsadas por un motor. En algunas implementaciones, la transmisión mecánica puede no implicar contacto directo con el eje, en su lugar puede ser influencia sin contacto, tal como el campo magnético para la 68-5 Barra de agitación magnética. En algunas implementaciones, el

movimiento puede realizarse mediante un cambio en el campo magnético mediante el sistema inductor, en lugar de un imán fijado al motor. En algunas implementaciones, la mezcla puede inducirse de forma no mecánica, tal como mediante ultrasonido para hacer vibrar las moléculas, o múltiples esquinas/obstáculos para crear turbulencia en el flujo de flujo. En algunas implementaciones, la ausencia de mezcla puede ser beneficiosa para la eficiencia de la reacción al reducir la dilución de los 1-6 Reactivos, con este fin, se usa un 35-1 Reactor electroquímico de flujo de tapón. Dependiendo del 7-5 Proceso específico necesario, puede instalarse una 9-17 Eliminación de gas en el 35-1 Reactor electroquímico, especialmente, puede usarse la 9-17 Eliminación de gas diseñada para este fin que se describió anteriormente, para eliminar el gas liberado como 1-15 Subproducto adicional de la reacción electroquímica, tal como el hidrógeno y el oxígeno del agua que se salpica cuando hay abundante agua presente en el 1-7 Electrolito. El 3-5 Depósito de sólidos del 1-8 Polímero se elimina del electrodo de forma continua mediante la 9-8 Eliminación de sólidos del 35-1 Reactor electroquímico, y posteriormente, se transporta hacia afuera del 35-1 Reactor electroquímico. Si bien el 9-9 Transporte de sólidos está diseñado para ser una corriente de 21-2 Fluido de lavado en un 9-12 Canal de fluido abierto para recolectar el polvo sólido de 1-8 Polímero y transportarlo al siguiente bloque de 1-3 Separación de sólidos, en algunas implementaciones, dicho 9-9 Transporte de sólidos se realiza de forma mecánica mediante una 9-11 Cinta transportadora. El 1-8 Polímero empapado con un poco de 1-14 Electrolito usado, con o sin el 21-2 Fluido de lavado, converge, luego, con la vía del 1-2 Reactor convencional en una válvula de inversión. La corriente fusionada se suministra, luego, al bloque de 1-3 Separación de sólidos, donde se lava con agua, o un 21-2 Fluido de lavado pertinente, y luego, se procesa adicionalmente hasta obtener el producto de 1-10 Polímero.

1-3 Separación de sólidos:

El bloque de 1-3 Separación de sólidos consiste en una Lavadora, usualmente, de modo no taxativo, un tanque de mezcla agitado con un agitado con agitador impulsado por un motor. En

algunas implementaciones, el motor no necesita estar conectado físicamente a la paleta mediante el eje, en su lugar, puede inducir el movimiento de la paleta a través de influencia directa, tal como el campo magnético similar a una 68-5 Barra de agitación magnética, en algunos casos, el cambio del campo magnético puede ser inducido por un sistema inductor, de modo que

5 ni siquiera sea necesario el motor. En algunas implementaciones, la agitación puede realizarse sin el método mecánico del motor, tal como el uso de ultrasonido para hacer vibrar las moléculas, o mediante múltiples esquinas y una barrera para crear turbulencia en un mezclador estático para que las especies se mezclen de forma uniforme, o mediante burbujeo de gas en la fase líquida para inducir la mezcla. El 21-2 Fluido de lavado con la suspensión de 1-8 Polímero y

10 trazas del 1-14 Electrolito usado se suministra a la lavadora donde el 1-14 Electrolito usado se disuelve en el 21-2 Fluido de lavado, nuevamente, a partir del 1-8 Polímero sólido. La suspensión diluida con 21-2 Fluido de lavado pasa, luego, por un Dispositivo de asentamiento corriente abajo. El Dispositivo de asentamiento es un gran dispositivo que permite la mezcla del 21-2 fluido de lavado con trazas disueltas del 1-14 Electrolito usado y 1-9 Polímero limpio suspendido para

15 permanecer estacionario, para separar la suspensión de 1-9 Polímero limpio y 1-8 Polímero mediante gravedad. En algunas implementaciones, dicha separación de polímeros se puede realizar mediante otros medios, tales como centrifugación, filtración o ciclones. El 21-2 Fluido de lavado usado sale del Dispositivo de asentamiento mediante una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior, mientras que el sedimento de 1-9 Polímero limpio sale del

20 Dispositivo de asentamiento mediante una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior, considerando que el caso habitual de que el 1-9 Polímero limpio es más pesado que el 21-2 Fluido de lavado y se asienta en la parte inferior. En algunas implementaciones en las que el 1-9 Polímero limpio es más liviano que el fluido, el 1-9 Polímero limpio sólido se extraerá mediante una salida en la parte superior, mientras que 21-2 el fluido de lavado se

25 drenará en la parte inferior. El 21-2 Fluido de lavado usado se recircula hacia el tanque de fluido

de lavado, mientras que el sedimento de 1-9 Polímero limpio pasa al secador para secar el 21-2 Fluido de lavado restante del 1-9 Polímero limpio.

Usualmente, el secador es un secador por aspersión que se seca mediante aspersión del sedimento para aumentar el área de superficie y el tiempo de residencia en una cámara calentada para permitir la vaporización del 21-2 Fluido de lavado. En algunas implementaciones, puede ser otro tipo de secador tal como secador centrífugo o secador giratorio. Todos ellos trabajan en un mecanismo para proporcionar una gran área de superficie y temperatura elevada para permitir que el fluido restante se evapore del 1-9 Polímero limpio sólido. El 21-2 Fluido de lavado se recolecta como vapor en la salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior, mientras que el 1-9 Polímero limpio sólido cae hacia la parte inferior de la cámara de secado y se suministra de forma continua a la siguiente unidad de máquina de moldeo para seguir el proceso hasta obtener el producto de 1-10 Polímero. La salida de gas se condensa posteriormente y se hace recircular hasta el tanque de fluido de lavado.

Cabe destacar que el bloque de 1-3 Separación de sólidos tiene un tanque de fluido de lavado de respaldo para permitir la recirculación y el reciclaje del 21-2 Fluido de lavado para ahorrar costos y reducir la huella medioambiental. Sirve como depósito para suministrar al 35-1 Reactor electroquímico y la lavadora con el 21-2 Fluido de lavado, mientras recolecta el fluido usado del Dispositivo de asentamiento y el Secador.

1-4 Procesamiento:

El bloque de 1-4 Procesamiento comienza con la máquina de moldeo que funciona fundiendo el polvo de 1-9 Polímero limpio, y luego moldea el 1-9 Polímero limpio en las formas deseadas del producto de 1-10 Polímero. Dependiendo del tipo de producto de 1-10 Polímero, se emplean diferentes técnicas de moldeo. Para formas cilíndricas largas, tales como sorbetes y cuerdas de plástico, usualmente, se usa moldeo por extrusión. Para cuerpos huecos cerrados, tales como botellas, se usa moldeo por soplado. Para algunas formas sofisticadas, tales como estatuillas

y juguetes, se usa moldeo por inyección. El polvo de 1-9 Polímero limpio que se mueve a través de la máquina lo hace, usualmente, de modo no taxativo, a través de accionamiento por tornillo o 9-11 Cinta transportadora.

El producto de 1-10 Polímero finalizado pasa posteriormente a la unidad de empaque de polímero para acomodarlo en un empaque. Por ejemplo las cuerdas de plástico se contarán y se ensamblarán con una máquina en un empaque definido, tal como un paquete de 100, antes de que un empaque, tal como una bolsa que contiene el ensamblaje, se selle con la máquina. Los empaques se disponen posteriormente en un lote, ya sea manualmente por trabajadores o automáticamente mediante máquinas, y se almacenan antes de llegue cada lote de camiones para transportar el producto hacia afuera para su distribución y venta.

1-5 Recuperación:

El bloque de 1-5 Recuperación comienza con una válvula de inversión para dirigir el 1-14 Electrolito usado a 2 vías posibles, dependiendo del tipo de 1-15 Subproducto:

a. Unidad de sorción

Si el 1-15 Subproducto es de bajo valor y benigno, tal como el agua, puede usarse una unidad de sorción para retirar el 1-15 Subproducto 1-14 del Electrolito usado y desecharlo, mientras se recicla el 1-7 Electrolito. La unidad de sorción usualmente consiste en un sorbente que aísla el 1-15 Subproducto del 1-14 Electrolito usado mediante adsorción, absorción o quimisorción. En el caso frecuente de que el 1-15 Subproducto resulta ser agua, que es de bajo valor y benigna, la unidad de sorción puede ser un desecador donde el agua es absorbida por algunos agentes de secado tales como sulfato de calcio o sulfato de magnesio. El desecador puede recuperarse después, generalmente, de modo no taxativo, del calentamiento, para liberar el agua absorbida como vapor que se descarga al ambiente con un impacto mínimo.

En algunas implementaciones, la unidad de sorción puede reemplazarse con otro dispositivo convencional para retirar el 1-15 Subproducto del 1-14 Electrolito usado, que incluye un secador

de soplado/aspersión donde la corriente se rocía contra el aire caliente de forma que se evapore el 1-15 Subproducto.

b. 1-5 Recuperación del subproducto

Si el 1-15 Subproducto es algún 5-5 Producto químico de materia prima que se recuperará, tal como 6-9 Amoníaco o algunos alcoholes, que tiene valor de reventa e impacto adverso en el medio ambiente, la 1-5 Recuperación de subproducto, aunque usualmente puede ser más costosa que la sorción, se usa para recuperar el 1-15 Subproducto para la reventa de la 36-1 Descarga.

La vía de 1-5 Recuperación del subproducto comienza con un extractor de solvente donde el 1-14 Electrolito usado, con el 1-15 Subproducto que se aislará, se suministra al extractor de solvente, mientras que un solvente con solubilidad selectiva por el 1-15 Subproducto fluye hacia otra entrada. Si bien, en muchos casos, el solvente que ingresa y el 1-14 Electrolito usado que ingresa se encuentran en una configuración de flujo de contracorriente para una mejor eficiencia de aislamiento, en algunas otras implementaciones, se usa un flujo cruzado o paralelo para adaptarse a la situación específica.

Usualmente, el extractor de solvente también implica mezclar el 1-14 Electrolito usado y la fase de solvente a través de un agitador impulsado por un motor. En algunas implementaciones, el motor no necesita estar conectado físicamente a la paleta mediante el eje, en su lugar, puede inducir el movimiento de la paleta a través de influencia directa, tal como el campo magnético similar a una 68-5 Barra de agitación magnética, en algunos casos, el cambio del campo magnético puede ser inducido por un sistema inductor, de modo que ni siquiera sea necesario el motor. En algunas implementaciones, la agitación puede realizarse sin el método mecánico del motor, tal como el uso de ultrasonido para hacer vibrar las moléculas, o mediante múltiples esquinas y una barrera para crear turbulencia en un mezclador estático para que las especies se mezclen de forma uniforme, o mediante burbujeo de gas en la fase líquida para inducir la mezcla.

En algunas otras implementaciones, se crea turbulencia entre el 1-14 Electrolito usado y la fase de solvente, mediante la inserción de barreras o la configuración de las 7-6 Tubería para hacer colisionar el 1-14 Electrolito usado y el flujo de solvente entre sí, para mejorar la mezcla.

El solvente resultante, enriquecido con el 1-15 Subproducto sale, luego, del extractor de solvente
5 hacia una columna de destilación para separar el 1-15 Subproducto del solvente. Usualmente, la columna de destilación es una columna, o una torre, con un empaque de destilación o bandejas/placas de destilación. Hay un recalentador en la parte inferior para proporcionar el 1-11 Calor necesario para la destilación, y un condensador en la parte superior. Si bien el recalentador es usualmente un calentador, en algunas implementaciones, el recalentador es otro
10 medio de calentamiento, tal como un intercambiador de calor con vapor caliente, agua caliente o aceite caliente como fluido de calentamiento. Si bien el condensador es usualmente un intercambiador de calor con un fluido refrigerante tal como agua, en algunas implementaciones, también puede ser un refrigerador en su lugar.

Sin embargo, cuándo el solvente y el 1-15 Subproducto salen de la columna de destilación
15 depende de su punto de ebullición relativo el uno al otro, lo que garantiza una configuración de columna de destilación única en el 5-1 Proceso de elerGreen, donde hay 7-6 Tuberías flexibles en la parte superior e inferior. En primer lugar, la salida superior de la columna produce el componente clave bajo enriquecido, a saber, la especie con el punto de ebullición más bajo, mientras que la salida inferior produce el componente clave alto enriquecido, a saber, la especie
20 con el punto de ebullición más alto. Si bien, en muchos casos, el solvente es el componente clave bajo que sale por la parte superior y el 1-15 Subproducto es el componente clave alto que sale por la parte inferior, en algunos otros casos, se da lo contrario, a saber, el solvente sale por la parte inferior mientras que el 1-15 Subproducto sale por la parte superior.

En la salida superior, hay una válvula de inversión que dirige la parte superior a 2 vías:

25 a. Si la parte superior es el 1-15 Subproducto, la parte superior se dirige a una válvula de

inversión que conduce al tanque de 1-15 Subproducto

- b. Si la parte superior es el solvente, se dirige a otra válvula de inversión que conduce al extractor de solvente.

En la salida inferior también hay otra válvula de inversión que dirige la parte inferior a 2 vías:

- 5 a. Si la parte inferior es el 1-15 Subproducto, la parte inferior se dirige a una válvula de inversión que conduce al tanque de 1-15 Subproducto
- b. Si la parte inferior es el solvente, se dirige a otra válvula de inversión que conduce al extractor de solvente.

Luego, el 1-15 Subproducto se almacena en un contenedor, usualmente un tanque, para la venta.

- 10 El tanque de 1-15 Subproducto se canaliza regularmente a un camión de tanque químico para suministrarse para la venta. Luego, el solvente se recicla en el extractor de solvente para el proceso continuo de 1-5 Recuperación.

- También dependiendo de la eficacia de la separación del 1-15 Subproducto, la 1-5 Recuperación del 1-15 Subproducto también puede realizarse mediante otra operación de la unidad de separación, tal como diálisis, filtración, precipitación, en función de las propiedades e interacciones del 1-15 Subproducto y el 1-7 Electrolito. El 1-7 Electrolito retirado del 1-15 Subproducto, para cualquiera de las vías de sorción o para la 1-5 Recuperación de subproducto, se fusiona luego en otra válvula de inversión antes de reciclarse nuevamente en el tanque de mezcla.

20

Implementación y 7-6 Tuberías

Tal como se indica en la Figura 40, las 7-6 Tuberías consisten en el 40-1 Diagrama de flujo del proceso y las Unidades auxiliares, 40-2 Tipos de tuberías, 40-3 Bombas/Compresor, 40-4 Calentador/Refrigerador, 40-5 Servicios y, finalmente, 40-6 Válvulas.

25

40-1 Diagrama de flujo del proceso y unidades auxiliares

El 40-1 Diagrama de flujo del proceso y las unidades auxiliares para la implementación del 7-5 Proceso se detallan en la Figura 41. Las siguientes son las piezas del equipos para la implementación del 7-5 Proceso químico:

- 5 El 7-5 Proceso comienza con el Tanque de alimentación A, T-01A. El Tanque de alimentación A tiene una entrada de alimentación, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior del tanque, donde los camiones de suministro pueden suministrar el 68-1 Material A mediante una 7-6 Tubería. El tanque también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tanque para drenar el 68-1 Material A con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 1A, que contiene principalmente el componente A, sale de T-01A para ingresar al Tanque de mezcla, M-02, y su velocidad de flujo se controla mediante una válvula en línea, V-01A.

- En algunas implementaciones, se necesita otra materia prima tal como el 68-2 Material B. En este caso, hay otro Tanque de alimentación B, T-01B, en paralelo al Tanque de alimentación A, 15 T-01A. De manera similar al Tanque de alimentación A, el Tanque de alimentación B tiene una entrada de alimentación, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior del tanque, donde los camiones de suministro pueden suministrar el 68-2 Material B mediante una 7-6 Tubería. El tanque también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tanque para drenar el 68-2 Material B con fines de contingencia tales como 59-3 20 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 1B, que contiene principalmente el componente B, sale de T-01B para ingresar al Tanque de mezcla, M-02, y su velocidad de flujo se controla mediante una válvula en línea, V-01B.

- En algunas implementaciones, especialmente, en reacciones complejas de copolimerización, se necesitan aún más tipos de materia prima tal como el material C, D, E, e incluso F. Para estos 25 casos, el 7-5 Proceso simplemente implica la adición de estos tanques en paralelo al Tanque de

alimentación A, T,01A. Las 7-6 Tuberías y la estructura de conexión son similares a las del Tanque de alimentación A y el Tanque de alimentación B, solo se reemplaza la especie y se etiqueta con C, D, E, F, etc.

- 5 La primera unidad de soporte auxiliar es el Tambor de cosolvente, D-00A. El 31-1 Cosolvente, a diferencia de las materias primas, se agota de manera más gradual, por lo tanto, se usa un tambor, que es más pequeño y más económico que un tanque. Si bien puede instalarse una entrada para suministrar el 31-1 Cosolvente mediante el tanque de suministro, puede que no sea necesario debido a la menor retención. De manera similar a los tanques, el tambor también tiene
- 10 un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tambor para drenar el 31-1 Cosolvente con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 0A, que contiene principalmente el componente Y, el 31-1 Cosolvente, sale de D-00A para ingresar al Tanque de mezcla, M-02, y su velocidad de flujo se controla mediante una válvula en línea, V-00A.
- 15 Otra unidad de soporte auxiliar es el Tambor de aditivo, D-00B. Los 32-1 Aditivos, al igual que el 31-1 Cosolvente y a diferencia de las materias primas, se agota de manera más gradual, por lo tanto, se usa un tambor, que es más pequeño y más económico que un tanque. Si bien puede instalarse una entrada para suministrar los 32-1 Aditivos mediante el tanque de suministro, puede que no sea necesario debido a la menor retención. De manera similar a los tanques, el tambor
- 20 también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tambor para drenar los 32-1 Aditivos con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 0B, que contiene principalmente el componente Z, los 32-1 Aditivos, sale de D-00B para ingresar al Tanque de mezcla, M-02, y su velocidad de flujo se controla mediante una válvula en línea, V-00B.
- 25 El tanque de mezcla, M-02, tiene entradas desde las Corrientes 1A, 1B, 0A, y 0B, tal como se

describió anteriormente. Además, hay otra entrada, la Corriente 2R como la corriente de 1-7 Electrolito reciclado, cuyos detalles se describirán en la 1-5 Recuperación de electrolito. Existe un mecanismo para mezclar la Corriente 1A, 1B, 0A, 0B y 2R, usualmente, pero no necesariamente, por medios mecánicos, tales como un agitador impulsado por un motor. En algunas implementaciones, la mezcla puede realizarse de forma no mecánica y/o sin agitación, tal como mediante burbujeo en el recipiente mediante el uso de aire, o mediante el uso de ultrasonidos para inducir la mezcla de líquidos mediante vibración molecular.

El 1-7 Electrolito mezclado sale del tanque de mezcla, M-02, como la Corriente 2, que contiene los componentes A, B, S, Y y Z, donde el componente S es la 68-3 Sal disuelta/soluto. La

temperatura de la Corriente 2 se controla mediante un calentador en línea, H-02. En algunas implementaciones, el calentador puede reemplazarse con otro medio para controlar la temperatura de una corriente, tal como el intercambiador de calor, o incluso una unidad de refrigeración si se desea la reducción de la temperatura. Por otro lado, la 1-12 Presión de la Corriente 2 se controla mediante un compresor en línea, Q-02, con su velocidad de flujo controlada por una válvula de entrada, V-02. En algunas implementaciones, el compresor puede reemplazarse con una bomba para reducir costos. La dirección del flujo de la Corriente 2, ya sea que fluya hacia el 1-2 Reactor convencional, CR-03A, o el 35-1 Reactor electroquímico, ER-04, se determina luego mediante una válvula de inversión, S-03A, que está diseñada, usualmente, pero no necesariamente, para que el flujo sea mutuamente excluyente, lo que significa que la

Corriente 2 solo puede fluir hacia el 1-2 Reactor convencional, CR-03A, o hacia el 35-1 Reactor electroquímico, ER-04, uno a la vez pero, no ambos al mismo tiempo. En algunas implementaciones, la válvula de inversión puede reemplazarse con una válvula de tres vías para permitir el funcionamiento paralelo de unidades convencionales y electroquímicas, especialmente, cuando implican 34-3 Reacondicionamiento, para minimizar las interrupciones en el funcionamiento, que podrían producir la interrupción de la generación de ingresos en las

plantas de polímeros convencionales de 34-3 Reacondicionamiento.

Para la 42-1 Corriente de reacción convencional, tal como se destaca en la Figura 42, después de pasar a través de la válvula de inversión S-03A, la Corriente 2 ingresa al 1-2 Reactor convencional CR-03A, donde se induce la reacción de polimerización con 1-11 Calor y 1-12 Presión para formar el 1-8 Polímero P y el 1-15 Subproducto H. Dependiendo de las condiciones del 7-5 Proceso, pueden imponerse medidas de seguridad del 7-5 Proceso en el 1-2 Reactor convencional, tal como una pared del 1-2 Reactor convencional resistente a la presión, y una camisa de fluido refrigerante (usualmente, pero no necesariamente, agua) para evitar el sobrecalentamiento. También puede haber una válvula de liberación de 1-12 Presión que se abre para liberar y evitar reventones, cuando la 1-12 Presión aumenta demasiado por cualquier motivo. Si bien el 1-2 Reactor convencional es un 1-2 Reactor convencional con tanque agitado donde se induce la mezcla de forma mecánica mediante un agitador impulsado por un motor, la mezcla puede inducirse por otros métodos, tales como ultrasonido para inducir la vibración molecular y burbujeo de gas en la mezcla de líquidos.

La mezcla reaccionada, la Corriente 3A, que contiene residuos del 68-1 Material A, B, 68-3 Sal disuelta/soluto S, 31-1 Cosolvente Y, 32-1 Aditivos Z, así como el 1-8 Polímero P y el 1-15 Subproducto H formados, sale luego del 1-2 Reactor convencional CR-03A. La 1-12 Presión puede caer sustancialmente al salir del 1-2 Reactor convencional, por lo que se sacude nuevamente con una bomba P-03A, mientras que el flujo de la Corriente 3A es controlado por una válvula V-03A. La Corriente 3A ingresa luego a un filtro, CF-03B, a través de la 42-2 Corriente de sólido convencional, donde se filtra el 1-8 Polímero P sólido de la mezcla reaccionada. El resto de la mezcla, la Corriente 3B, sale luego del filtro CF-03B como la 42-3 Corriente de mezcla convencional para pasar a través de la válvula de inversión S-03B.

Para la 43-1 Corriente de reacción electroquímica alternativa, tal como se destaca en la Figura 43, después de pasar a través de la válvula de inversión S-03A, la Corriente 2 ingresa al 35-1

Reactor electroquímico ER-04, donde se induce la reacción de polimerización con el 6-5 Voltaje aplicado (con 1-11 Calor y 1-12 Presión, si es necesario, aunque usualmente no es necesario) para formar el 1-8 Polímero P y el 1-15 Subproducto H. Dependiendo de las condiciones del 7-5 Proceso, pueden imponerse medidas de seguridad 7-5 Proceso en el 35-1 Reactor electroquímico, tal como una camisa de fluido refrigerante (usualmente, pero no necesariamente, agua) para evitar el sobrecalentamiento. También puede haber una 9-17 Eliminación de gas para recolectar el gas liberado de las reacciones secundarias, tales como los gases de hidrógeno y oxígeno del agua salpicada, usualmente, cuando el agua es un componente significativo de la mezcla. Si bien la mezcla puede realizarse mediante el movimiento relativo de la superficie del electrodo contra el 1-7 Electrolito fluido en sí, puede imponerse una mezcla adicional mediante un agitador mecánico impulsado por un motor, o de forma no mecánica mediante ultrasonido o burbujeo de gas.

Para el 35-1 Reactor electroquímico, la configuración de la 9-17 Eliminación de gas comienza con la entrada de aire ambiente en la Corriente 4L, que comprende principalmente por aire U hacia el volumen del 35-1 Reactor electroquímico, y la salida de gas del 35-1 Reactor electroquímico como la Corriente 4H, comprende principalmente aire U y algo de gas liberado G de la reacción. Se usa un soplador B-04 para dirigir la Corriente 4H mediante acción de solado hacia la campana extractora, mientras que se dirige la Corriente 4L mediante la acción de succión del aire ambiente.

El 1-8 Polímero P formado se recupera en la fase gaseosa del 35-1 Reactor electroquímico, para enviarse a la etapa de lavado a través de la 43-2 Corriente de sólidos electroquímicos. Hay una 21-4 Entrada de fluido de lavado desde el Tanque de fluido de lavado T-05B para que fluya hacia el 35-1 Reactor electroquímico ER-04, controlado por la válvula V-04, para enjuagar el 3-5 Depósito de sólidos retirado del 1-8 Polímero P como una suspensión en el 21-2 Fluido de lavado, que sale del 35-1 Reactor electroquímico ER-04 a través de una 21-5 Salida de fluido de lavado

y pasa a través de la válvula de inversión S-04 como la Corriente 4. La Corriente 4, compuesto principalmente por el 21-2 Fluido de lavado (usualmente, de modo no taxativo, agua) y la suspensión sólida de 1-8 Polímero, ingresa luego a la Lavadora WP-05A. Por otro lado, la vía convencional también pasaría a través de la válvula de inversión S-04 para converger en la misma etapa de lavado que la vía electroquímica.

En la Lavadora WP-05A, además de la Corriente 4 de entrada mencionada anteriormente, también hay una entrada de 21-2 Fluido de lavado, Corriente 5B, compuesta principalmente por el 21-2 Fluido de lavado W, con una velocidad de flujo controlado por una válvula en línea V-05B. Si bien la lavadora es usualmente, de modo, un mezclador con el agitador impulsado por un motor, la mezcla puede inducirse por otros métodos, tales como ultrasonido para inducir la vibración molecular y burbujeo de gas en la mezcla de líquidos. La acción de lavado se induce mediante la mezcla entre la suspensión sólida de 1-8 Polímero P y el 21-2 Fluido de lavado W, donde el 1-14 electrolito usado adsorbido o absorbido se disuelve de la partícula de 1-8 Polímero P en el 21-2 Fluido de lavado W. La salida es la Corriente 5A, compuesta por el 1-8 Polímero P suspendido pero solo con trazas (nivel aceptable) del 1-14 Electrolito usado adsorbido/absorbido, y el 21-2 Fluido de lavado con trazas del 1-14 Electrolito usado disuelto, con la velocidad de flujo controlado por una válvula en línea V-05A.

Posteriormente, la Corriente 5A ingresa al Dispositivo de asentamiento SP-06 para separar aún más el 1-9 Polímero limpio P sólido del 21-2 Fluido de lavado W. El Dispositivo de asentamiento es usualmente, pero no necesariamente, un recipiente con una gran retención para permitir que la suspensión de 1-9 Polímero limpio P se asiente en la parte inferior del tanque, y separe el 1-9 Polímero limpio P del 21-2 Fluido de lavado W mediante gravedad. En una configuración usual pero no necesaria, la salida del 21-2 Fluido de lavado W se encuentra en la parte superior del tanque, mientras que la salida del 1-9 Polímero limpio P se encuentra en la parte inferior del tanque, lo que corresponde a su región de enriquecimiento por gravedad. En algunas

implementaciones, se usan algunos 32-1 Aditivos como agentes de coagulación. El 21-2 Fluido de lavado W, como la Corriente 6B, es recirculado posteriormente hacia el Tanque de fluido de lavado T-05B. Para la Corriente 6B, la velocidad de flujo se controla mediante una válvula en línea V-06B, y usualmente, se necesita una bomba P-06B para aumentar la 1-12 Presión debido a que la 1-12 Presión del 21-2 Fluido de lavado es baja por estar en la parte superior del tanque. El 1-9 Polímero limpio P, espesado por la acción de asentamiento, pasa luego como la Corriente 6A hacia el Secador DP-07, con la velocidad de flujo controlado por una válvula en línea V-06A. En el Secador DP-07, la Corriente 6A, compuesta principalmente por la suspensión de 1-9 Polímero limpio P y algo de 21-2 Fluido de lavado, se calienta y se rocía en la cámara de secado. El calentamiento puede realizarse antes de la aspersion, o mediante soplado de gas/aire caliente en la cámara de secado, o ambos. La cámara de secado se refiere simplemente al volumen del recipiente del secador, donde normalmente se asigna una altura suficiente para que el 21-2 Fluido de lavado W se evapore de las partículas de 1-9 Polímero limpio P a medida que la mezcla cae a través de la cámara de secado. La cámara de secado tiene una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior de la cámara, para recolectar los vapores de la Corriente 7B de 21-2 Fluido de lavado evaporado, con la velocidad de flujo controlado por una válvula en línea V-07B. Posteriormente, la Corriente 7B se condensa en forma líquida en el condensador X-07B, usualmente, de modo no taxativo, un intercambiador de calor (puede ser un refrigerador en lugar de eso en algunas implementaciones). La Corriente 7B condensada, como la Corriente 6B, es recirculada posteriormente hacia el Tanque de fluido de lavado T-05B. El 1-9 Polímero limpio P seco se recoge en la parte inferior como 1-9 Polímero limpio en polvo, para suministrarse de forma mecánica a la Corriente 7A hacia la máquina de moldeo. En la máquina de moldeo MP-08, la Corriente 7A, compuesta principalmente de 1-9 Polímero limpio P en polvo seco, se transporta de forma mecánica, usualmente, de modo no taxativo, de forma continua, hacia el troquel de la máquina de moldeo. La máquina de moldeo aplica 1-11

- Calor para fundir el 1-9 Polímero limpio en polvo P para formar una forma deseada de 1-10 Producto polimérico. Dependiendo de la forma deseada, pueden usarse diferentes técnicas de moldeo. Por ejemplo, moldeo por soplado para botellas y recipientes cerrados, moldeo por extrusión para formas cilíndricas alargadas tales como cuerdas y sorbetes de plástico, y moldeo por inyección para formas no huecas. Cabe destacar que estas son las pautas generales, pero no son totalmente restrictivas, tal como, en algunos casos de formas cilíndricas cortas, se aplican moldeo por inyección y extrusión. El 1-10 Producto polimérico formado, elaborado con el 1-8 Polímero P, se transporta luego de forma mecánica como la Corriente 8 hacia la unidad de Empaque de polímero PP-09.
- 10 En el Empaque de polímero PP-09, el 1-10 Producto polimérico formado se organiza y se empaqueta, usualmente, de modo no taxativo, por medio de brazos mecánicos automatizados (opciones más económicas pueden ser contratar trabajadores para que organicen y empaqueten de forma manual). El paquete de 1-10 Producto polimérico se almacena luego como un lote de inventario a la espera de ser transportado para su venta.
- 15 Una unidad auxiliar es el Tanque de fluido de lavado T-05B, que sirve como depósito para la recirculación del 21-2 Fluido de lavado. En caso de que el 21-2 Fluido de lavado sea agua, tiene una entrada ubicada, usualmente, pero no necesariamente, en la parte superior del tanque, del 40-5 Servicio de agua como la Corriente 5H, con la velocidad de flujo controlada por una válvula en línea V-05H. También tiene una Corriente 5L de salida de descarga, ubicada, usualmente,
- 20 pero no necesariamente, en la parte inferior del tanque, con la velocidad de flujo controlado por una válvula en línea V-05L y un flujo de retorno evitado por la válvula de retención C-05L. El 21-2 Fluido de lavado se suministra desde el Tanque de fluido de lavado T-05B hacia la Lavadora WP-05A a través de la Corriente 5B, tal como se mencionó anteriormente. También se realiza la recirculación de la Corriente 6B y la Corriente 7B para reducir costos y los impactos medioambientales del 7-5 Proceso.
- 25

Hay otra unidad auxiliar, que es el sistema de fluido refrigerante del tambor de fluido refrigerante D-16 centralizado. El fluido de los 40-5 Servicios se suministra hacia el tambor de fluido refrigerante D-16 como la Corriente 16C, con la velocidad de flujo controlada por una válvula en línea V-16C. De manera similar a los tanques, el tambor también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tambor para drenar el fluido refrigerante con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La primera salida es la Corriente 7C, con la velocidad de flujo controlada por una válvula en línea V-07C hacia el condensador X-07B para proporcionar la acción de refrigeración al condensador. La segunda salida es la

Corriente 13D, con una velocidad de flujo controlada por una válvula en línea V-13D, hacia el condensador X-13C para proporcionar una acción de refrigeración al condensador. Ambas corrientes 7C y 13D se fusionan luego en una Corriente 16A hacia el intercambiador de calor X-16A, antes de recircularse nuevamente hacia el tambor de fluido refrigerante D-16. El intercambiador de calor X-16A sirve para enfriar el fluido, usualmente por medio de refrigeración con aire. Se sopla el aire ambiente como la Corriente 16B, con la velocidad de flujo controlada por una válvula en línea V-16B, y el efluente de aire caliente se descarga nuevamente al aire ambiente.

El 1-14 Electrolito usado, la Corriente 3B, que contiene residuos del 68-1 Material A, B, 68-3 Sal disuelta/soluto S, 31-1 Cosolvente Y, 32-1 Aditivos Z, y 1-15 Subproducto H, sale luego del 35-1 Reactor electroquímico ER-04 para pasar a través de la válvula de inversión S-03B a través de la 43-3 Corriente de mezcla electroquímica.

Desde la vía convencional o electroquímica, la Corriente 3B ingresa luego a la bomba P-03B para que su 1-12 Presión aumente (porque usualmente la 1-12 Presión cae a muy baja después de salir del 1-2 Reactor convencional o el 35-1 Reactor electroquímico), con su flujo controlado por la válvula V-03B. La dirección de flujo de la Corriente 3B, ya sea que fluya hacia la unidad de

sorción SB-10A o el extractor de solvente XB-11, se determina luego mediante una válvula de inversión, S-10A, que está diseñada, usualmente, pero no necesariamente, para que el flujo sea mutuamente excluyente, lo que significa que la Corriente 3B solo puede fluir hacia la unidad de sorción SB-10A o el extractor de solvente XB-11, uno a la vez pero, no ambos al mismo tiempo.

5 En algunas implementaciones, la válvula de inversión puede reemplazarse con una válvula de tres vías para permitir el funcionamiento paralelo de la unidad de sorción y el extractor de solvente, especialmente, cuando implican 34-3 Reacondicionamiento, para minimizar las interrupciones en el funcionamiento, que podrían producir la interrupción de la generación de ingresos en las plantas de polímeros convencionales de 34-3 Reacondicionamiento.

10 Para la 45-1 Corriente de sorción, tal como se destaca en la Figura 45, después de pasar a través de la válvula de inversión S-10A, la Corriente 3B ingresa a la unidad de sorción SB-10A, donde se aísla el 1-15 Subproducto H del 1-14 Electrolito usado, y hacia el sorbente, usualmente, a través de absorción o adsorción. El sorbente es simplemente un sólido de material adecuado que incluye, de modo no taxativo, sílice o alúmina para absorber/adsorber agua. El sorbente puede
15 reemplazarse en lotes durante el 59-3 Mantenimiento, o puede reemplazarse durante el funcionamiento continuo. El 1-7 Electrolito recuperado sale de la unidad de sorbente SB-10A y, luego, pasa a través de la válvula de inversión S-10B hacia la Corriente 11B.

Para el funcionamiento continuo, el sorbente se acopla a una unidad de 9-11 Cinta transportadora hacia adentro y hacia afuera entre la unidad de sorbente SB-10A y el regenerador de sorbente
20 SR-10B. La Corriente 10A, que contiene principalmente el sorbente V y el 1-15 Subproducto H absorbido/adsorbido, se suministra al regenerador de sorbente SR-10B. El regenerador de sorbente SR-10B funciona, usualmente, pero no necesariamente, calentando el material sorbente fuertemente para liberar el 1-15 Subproducto H adsorbido. El 1-15 Subproducto H liberado se libera, luego, hacia el aire ambiente si es benigno, tal como el vapor de agua. En
25 algunas implementaciones, el 1-15 Subproducto H liberado se friega por primera vez, tal como

cuando es 6-9 Amoníaco, antes de liberarse al aire ambiente. La Corriente 10B, que consiste principalmente en el sorbente V recuperado, se recicla luego hacia la unidad de sorción SB-10A. Para la 44-1 Corriente de extracción de solvente, tal como se destaca en la Figura 44, después de pasar a través de la válvula de inversión S-10A, la Corriente 3B ingresa al extractor de solvente XB-11, donde se aísla el 1-15 Subproducto H del 1-14 Electrolito usado, y hacia la fase de solvente. La fase de solvente ingresa a la Corriente 13B, que consiste principalmente en el solvente X. Hay una bomba en línea P-13B para aumentar la 1-12 Presión antes de ingresar al extractor de solvente XB-11, con la velocidad de flujo controlada por una válvula V-13B. La fase de solvente sale de la Corriente 11A, compuesta principalmente por el solvente X y el 1-15 Subproducto H, con la velocidad de flujo controlada por una válvula V-11A. El 1-7 Electrolito recuperado sale del extractor de solvente XB-11 y, luego, pasa a través de la válvula de inversión S-10B hacia la Corriente 11B.

Para el extractor de solvente, hay una unidad de soporte auxiliar, el tambor de solvente D-12 para regular el nivel de retención de solvente. El solvente, a diferencia de las materias primas, se agota de manera más gradual, por lo tanto, se usa un tambor, que es más pequeño y más económico que un tanque. Si bien puede instalarse una entrada para suministrar el solvente mediante el tanque de suministro, puede que no sea necesario debido a la menor retención. De manera similar a los tanques, el tambor también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tambor para drenar el solvente con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 12A del tambor de solvente D-12, compuesto principalmente por el solvente X, ingresa al extractor de solvente XB-11, con la velocidad de flujo controlada por una válvula V-12A, mientras se evita el flujo de retorno mediante una válvula de retención C-12A. El exceso de solvente como la Corriente 12B, compuesto principalmente por el solvente X, con la velocidad de flujo controlada por la válvula V-12B y el flujo de retorno evitado mediante la válvula de retención C-12B, sale del extractor de

solvente XB-11 e ingresa al tambor de solvente D-12.

En la vía de extracción de solvente, también hay una columna de destilación DB-13 corriente abajo del extractor de solvente XB-11 para purificar el 1-15 Subproducto H, mientras se recicla el solvente X. La Corriente 11A, compuesto principalmente por el solvente X y el 1-15 Subproducto H, ingresa a la columna de destilación DB-13 desde el extractor de solvente XB-11. La columna de destilación consiste en una torre de material, usualmente, de modo no taxativo, empaque de destilación o bandejas de destilación.

En la parte inferior de la columna de destilación DB-13, hay un recalentador H-13L, usualmente un calentador (pero no necesariamente, puede ser un intercambiador de calor en su lugar) para calentar la columna con el fluido en su interior. La corriente inferior se divide en 2 corrientes, una ingresa al recalentador H-13L, mientras que la otra pasa a través de una válvula de inversión S-13L. La Corriente 13L se calienta con el recalentador H-13L, por lo que luego podría pasar el 1-11 Calor a la columna de destilación DB-13, con la velocidad de flujo controlada por la válvula V-13L. Otra corriente pasa a través de la válvula de inversión S-13L, y posteriormente, se dirige a cualquiera de las 2 vías, a la válvula de inversión S-13B o la válvula de inversión S-13A. Cuando se dirige a la válvula de inversión S-13B, podría recircularse hacia el extractor de solvente XB-11, como la Corriente 13B, donde la 1-12 Presión podría aumentar mediante la bomba P-13B y la velocidad de flujo controlada por la válvula V-13B, tal como se mencionó anteriormente y se ilustra mediante la 46-2 Corriente hacia abajo del solvente en la Figura 46. Cuando se dirige a la válvula de inversión S-13A, podría ingresar al tanque de subproducto TB-14 como la Corriente 13A para almacenarse, con la velocidad de flujo controlada por la válvula V-13A, ilustrado por la 47-2 Corriente hacia abajo del tanque en la Figura 47.

En la parte superior de la columna de destilación DB-13, hay un condensador X-13C, usualmente un intercambiador de calor (pero no necesariamente, puede ser un refrigerador en su lugar) para enfriar la columna con el fluido en su interior. La corriente superior, la Corriente 13C, compuesta

principalmente por el 1-15 Subproducto, después de pasar a través del condensador X-13C, se divide en 2 corrientes, una reingresa a la columna de destilación DB-13 mientras que la otra pasa a través de una válvula de inversión S-13H. La Corriente 13H tiene su velocidad de flujo controlada por la válvula V-13H antes de recircular hacia la columna de destilación DB-13. Otra corriente pasa a través de la válvula de inversión S-13H, y posteriormente, se dirige a cualquiera de las 2 vías, a la válvula de inversión S-13B o la válvula de inversión S-13A. Cuando se dirige a la válvula de inversión S-13B, podría recircularse hacia el extractor de solvente XB-11, como la Corriente 13B, donde la 1-12 Presión podría aumentar mediante la bomba P-13B y la velocidad de flujo controlada por la válvula V-13B, tal como se mencionó anteriormente y se ilustra mediante la 47-1 Corriente hacia arriba del solvente en la Figura 47. Cuando se dirige a la válvula de inversión S-13A, podría ingresar al tanque de subproducto TB-14 como la Corriente 13A para almacenarse, con la velocidad de flujo controlada por la válvula V-13A, ilustrado por la 46-1 Corriente hacia arriba del tanque en la Figura 46.

La vía del subproducto termina con el Tanque de subproducto, TB-14. El Tanque de subproducto TB-14 tiene una salida, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tanque, donde el 1-15 Subproducto H puede cargarse a través de las 7-6 Tuberías en un camión para la venta. La salida también sirve como un drenaje para drenar el 1-15 Subproducto con fines de contingencia, tal como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas.

El 1-7 Electrolito recuperado, después de pasar a través de la válvula de inversión S-10B, se combina con la Corriente 15B desde el Tanque de depósito T-15 para fusionarse en la Corriente 11B. El Tanque de depósito T-15 sirve para regular el nivel del mezclador M-02. El tanque también tiene un drenaje, usualmente, pero no necesariamente, en la parte inferior del tanque para drenar el 68-1 Material A con fines de contingencia tales como 59-3 Mantenimiento y solución de problemas. La Corriente 15B sale del Tanque de depósito T-15, usualmente (pero no necesariamente) desde la parte inferior del tanque, con la velocidad de flujo controlada por una

válvula en línea V-15B y el flujo de retorno evitado por una válvula de retención C-15B. La entrada de los tanques es la Corriente 15A, usualmente (pero no necesariamente) desde la parte superior del tanque, con la velocidad de flujo controlada por V-15A y el flujo de retorno evitado por una válvula de retención C-15A.

- 5 Después de que la Corriente 11B se fusione para formarse, se aumenta su 1-12 Presión (porque la 1-12 Presión podría caer hasta muy baja después de operaciones en unidades consecutivas) mediante una bomba P-11B, con su velocidad de flujo controlada por la válvula V-11B. Después de eso, la Corriente 11B podría dividirse en la Corriente 15A para recircular hacia el Tanque de depósito T-15, y la Corriente 2R para recircular hacia el tanque de mezcla M-02. La Corriente 2R
- 10 podría tener su velocidad de flujo controlada por la válvula V-02R, con el flujo de retorno evitado por la válvula de retención C-02R. Esto cierra el ciclo de reciclaje del 1-7 Electrolito para garantizar la rentabilidad y una baja huella medioambiental del 7-5 Proceso.

40-2 Tipos de tuberías

En corrientes en las que la temperatura es alta o baja, se implementa aislamiento térmico.

- 15 Usualmente, es una capa de material con baja conductividad térmica, envuelta alrededor de la pared exterior de la sección de tubería correspondiente. Para el proceso de interés, se usa aislamiento para la Corriente 2 entre H-02 hacia el 35-1 Reactor electroquímico ER-04 y CR-03A, la Corriente 13C entre DB-13 a S-13H, la Corriente 13H entre X-13C a DB-13, la Corriente 13L entre DB-13, H-13L y S-13L.
- 20 Por otro lado, también puede aislarse el equipo. Puede ser necesario aislar CR-03A, DP-07, DB-13, MP-08, SB-10A, SR-10B. En algunas implementaciones, puede aislarse el 35-1 Reactor electroquímico ER-04. Cabe destacar que lo que antecede es una modalidad del proceso, mientras que el resto del equipo también puede aislarse según sea necesario, cuando implica un funcionamiento a temperatura más alta.
- 25 La línea mecánica se utiliza cuando hay transferencia de sólidos implicada, en formas bien

definidas o en polvo. En algunas implementaciones, la línea mecánica es una configuración de 9-11 Cinta transportadora para transferir polvo o sólido de forma continua. En algunas implementaciones, la línea mecánica puede comprender un accionamiento helicoidal o robótica. La velocidad de dicha transferencia depende de la velocidad a la que se acciona la línea mecánica, tal como la velocidad de rotación de las ruedas de la 9-11 Cinta transportadora. Para el proceso de interés, la línea mecánica se utiliza para la Corriente 7A y la Corriente 8, que consisten, respectivamente, en el 1-9 Polímero limpio en polvo y el 1-10 Producto polimérico. Por otro lado, la Corriente 10A y la Corriente 10B también consiste en líneas mecánicas.

40-3 Bombas/Compresor

10 Para el 5-1 Proceso de elerGreen de producción electroquímica, las 40-3 Bombas/Compresor se despliegan generalmente cuando se desea una alta 1-12 Presión o velocidad de flujo en la corriente.

Para la seguridad del 7-5 Proceso en muchas 40-3 Bombas/Compresor, 2 de las 40-6 Válvulas se colocan en una bomba; una válvula corriente arriba antes de las 40-3 Bombas/Compresor y la otra corriente abajo después de las 40-3 Bombas/Compresor. La válvula es usualmente la válvula que se controla, mientras que la válvula antes usualmente se encuentra en la forma completamente abierta. La válvula controlada tiene que estar en después de la bomba porque controlar la válvula antes de la bomba podría producir un fluido insuficiente durante el bombeo, lo que da como resultado la cavitación que dañaría la bomba. En algunas implementaciones, puede omitirse dicha válvula corriente arriba para ahorrar costos en el proceso sin poner en peligro significativamente la seguridad del proceso.

En algunas implementaciones, se usa un compresor en lugar de una bomba, especialmente, cuando es necesario que la 1-12 Presión sea alta. Por ejemplo, la 1-12 Presión de la Corriente 2 se controla mediante un compresor en línea, Q-02. En algunas otras implementaciones, el compresor puede reemplazarse con una bomba para reducir costos.

La bomba se usa como P-03A, P-03B, P-06B, P-11B, P-13B. P-03A se usa para aumentar la presión de la corriente 3A, que puede haber caído sustancialmente al salir del Reactor convencional o el 35-1 Reactor electroquímico. P-03B se usa para aumentar la presión de la corriente 3B, porque usualmente la 1-12 Presión cae a muy baja después de salir de cualquiera del 1-2 Reactor convencional o el 35-1 Reactor electroquímico. P-06B se usa para aumentar la 1-12 Presión de la corriente 6B porque la 1-12 Presión del 21-2 Fluido de lavado es usualmente baja al estar en la parte superior del tanque. P-11B se usa para aumentar la presión de la Corriente 11B, porque la 1-12 Presión podría caer a muy baja después de operaciones en unidades consecutivas). P-13B se usa para aumentar la 1-12 Presión antes de ingresar al extractor de solvente XB-11, para proporcionar la presión necesaria para pasar a través de las diversas etapas en el extractor de solvente, que podrían incurrir en una caída de presión enorme. En algunas implementaciones, pueden agregarse bombas adicionales a las corrientes donde se necesita aumentar la presión o la velocidad de flujo. Esto se debe a la consideración de seguridad del proceso de que, cuando la presión de un líquido está por debajo de su punto de ebullición en cualquier parte de las corrientes, la parte experimentará cavitación, donde el líquido se evapora. La cavitación no es deseable porque la vaporización y la condensación de líquidos en las corrientes producirá fluctuaciones de presión que dañan el sistema, tal como las tuberías y 40-6 Válvulas que se deforman o se rompen después de usarse durante un período de tiempo prolongado.

El soplador es el tipo de bomba que se utiliza para dirigir la corriente que consiste en gas. El soplador se usa en B-04 y B-16B, para aspirar, respectivamente, el aire con el gas liberado hacia la 9-17 Eliminación de gas, y soplar el aire y enfriar con aire la corriente de fluido refrigerante para su reciclaje.

40-4 Calentador/Refrigerador

El 1-11 calor puede venir de diferentes formas: calentador, vapor, intercambiador de calor. El

calentador puede venir en varias formas, que incluyen, de modo no taxativo un calentador eléctrico y un calentador de combustión. En algunas implementaciones, una alternativa puede incluir un calentador solar o geotérmico.

Para el proceso de interés, el calentador se usa como H-02, and H-13L, respectivamente, para precalentar la Corriente 2 para el 1-2 Reactor convencional CR-03A y para calentar la Corriente 13L para facilitar la destilación. H-13L también se conoce comúnmente como un recalentador, porque se ubica en la parte inferior de la columna de destilación DB-13, para calentar la mezcla para su destilación. En algunas implementaciones, cualquiera de H-02 y H-13L puede reemplazarse con el intercambiador de calor con el fluido de calentamiento para realizar una función de calentamiento similar.

También hay un calentador incorporado para DP-07 para calentar la Corriente 6B para facilitar el secado del 1-9 Polímero limpio y SR-10B para calentar el sorbente para eliminar el subproducto del sorbente. En algunas implementaciones, el calentador puede reemplazarse con otro medio para controlar la temperatura de una corriente, tal como el intercambiador de calor. En algunas implementaciones, cualquiera del 1-2 Reactor convencional CR-03A o el 35-1 Reactor electroquímico ER-04 puede tener una unidad de calentamiento incorporada.

Comúnmente, también se utiliza vapor como medio de calentamiento, especialmente en algunas regiones de clima frío, donde el calentamiento por vapor se suministra como 40-5 Servicios domésticos. Si bien es posible un 40-5 Servicio de calentamiento por vapor convencional, en algunas implementaciones, el calentamiento por vapor se usa en un intercambiador de calor específico del proceso.

El intercambiador de calor, por otro lado, puede utilizarse para calentar o enfriar, dependiendo, respectivamente, de si el fluido de intercambio de calor es más caliente o más frío que la corriente. El fluido refrigerante es, usualmente, de modo no taxativo, 40-5 Servicio de agua debido a su bajo costo y su baja huella medioambiental. En algunas implementaciones, el fluido

refrigerante puede ser otro fluido tal como amoníaco o aceite de calentamiento, dependiendo de los requisitos del proceso. Para el proceso de interés, los intercambiadores de calor X-07B, X-13C y X-16A se usan como refrigeradores para condensar, respectivamente, la Corriente 7B, Corriente 13C, y Corriente 16A. Para X-07B, el fluido refrigerante que es, usualmente, de modo no taxativo, del 40-5 Servicio de agua, se usa para enfriar y condensar la Corriente 7B de vapor de 21-2 Fluido de lavado desde el Secador DP-07. Para X-13C, el fluido refrigerante que es, usualmente, de modo no taxativo, del 40-5 Servicio de agua, se usa para enfriar y condensar el vapor de destilación en la parte superior de la columna de destilación DB-13, la Corriente 13C como condensador de reflujo. Para X-16A, el fluido refrigerante que es, usualmente, de modo no taxativo, del 40-5 Servicio de agua, se usa para enfriar la Corriente 16A de fluido refrigerante antes de recircularla hacia el tambor de fluido refrigerante D-16.

Si se necesita una temperatura baja, se puede usar un refrigerador en lugar del calentador. El refrigerador puede venir en varias formas, que incluyen, de modo no taxativo, torre de enfriamiento, refrigerador o intercambiador de calor. Para la consideración de los costos, el proceso de interés utilizó el intercambiador de calor como medio de refrigeración para por su costo de energía más bajo con respecto al refrigerador. El refrigerador también puede utilizarse con fines de seguridad del proceso para evitar el sobrecalentamiento del equipo. En algunas implementaciones, el 1-2 Reactor convencional CR-03A tiene una camisa de refrigeración incorporada para evitar el sobrecalentamiento. En algunas implementaciones, el 35-1 Reactor electroquímico ER-04 puede tener, de manera similar, una camisa de refrigeración instalada en la pared del recipiente.

40-5 Servicios

Los 40-5 Servicios consisten en 40-5 Servicio de energía, 40-5 Servicio de agua y otros 40-5 Servicios.

El 40-5 Servicio de energía, usualmente, en forma de electricidad, es esencial para alimentar

todo el proceso. Es necesaria para alimentar muchos equipos en el proceso, incluidos CR-03A, el 35-1 Reactor electroquímico ER-04, CF-03B, M-02, WP-05A, DP-07, MP-08, PP-09, SR-10B, XB-11, DB-13. Por ejemplo, el 35-1 Reactor electroquímico no solo requiere electricidad para accionar la reacción de polimerización electroquímica, sino también piezas mecánicas tales como el 4-1 Electrodo en movimiento, el soplador de la campana extractora B-04, y el 9-14 Soporte móvil, si corresponde. El 40-5 Servicio de energía se necesita para alimentar las 40-3 Bombas/Compresor, el 40-4 Calentador/Refrigerador y el sistema de control del proceso.

El 40-5 Servicio de agua, por otro lado, tiene muchos usos, que incluyen como fluido de transferencia de calor y como 21-2 Fluido de lavado. Para el proceso de interés, el 40-5 Servicio de agua puede utilizarse como 21-2 Fluido de lavado para lavar el 1-8 Polímero para obtener el 1-9 Polímero limpio, o como fluido refrigerante T en los intercambiadores de calor, debido a su disponibilidad, bajo costo y bajo impacto ambiental para cualquier fin. En algunas implementaciones, el 21-2 Fluido de lavado y el fluido refrigerante no tienen que ser necesariamente agua. Por ejemplo, puede usarse un 21-2 Fluido de lavado orgánico tal como etanol, mientras que un fluido refrigerante alternativo puede incluir 6-9 Amoníaco, que también tiene una alta capacidad de calor específica.

Los otros servicios incluyen dicho fluido de transferencia de calor distinto al agua y 21-2 Fluido de lavado distinto al agua, pero también incluyen cualquier otra forma de 40-5 Servicio. El vapor de calentamiento, que está disponible en la región de clima frío para la calefacción doméstica, se considera como otros servicios. Otro tipo común de otros 40-5 Servicios incluye los combustibles suministrados desde un 40-5 Servicio de tuberías, tal como gas metano para el calentamiento por combustión. En algunas implementaciones, se suministran otros fluidos varios tales como gas nitrógeno u otros productos químicos, ya sean líquidos o gaseosos, a través del 40-5 Servicio de tubería para fines específicos del proceso, tal como la purga de una tubería de una corriente.

40-6 Válvulas

Se usan diferentes tipos de 40-6 Válvulas. Para el proceso de interés, las 40-6 Válvulas utilizadas incluyen una válvula de encendido/apagado, válvula de control, válvula de inversión y válvula de retención.

- 5 La válvula de encendido/apagado se usa en lugar de la válvula de control para ahorrar en los costos, en corrientes en las que no es necesario controlar la velocidad de flujo. Para el proceso de interés, las válvulas de encendido/apagado se usan en el drenaje inferior de los contenedores, tal como en el drenaje inferior de D-00A (, D-00B, T-01A, T-01B, T-15, D-12, TB-14, D-16. Es decir, cuando se drena un contenedor, la velocidad de flujo generalmente no es una
- 10 consideración, mientras que el objetivo es más comúnmente vaciar el contenido líquido del contenedor. Teniendo en cuenta el volumen relativamente grande del contenedor en comparación con la velocidad de flujo del drenaje, también es posible que el operador drene continuamente sin controlar la velocidad de flujo, y luego, apague la válvula de encendido/apagado en el nivel deseado del contenedor, en situaciones en las que se desee un
- 15 drenaje parcial del contenedor. Por otro lado, PP-09 no tiene drenaje porque es un 1-10 Producto polimérico sólido, y en su lugar, se carga de forma mecánica (manual robótica a un vehículo).
- En algunas implementaciones, la válvula de encendido/apagado en dichas posiciones puede reemplazarse con válvulas de control, cuando se trata de un control más preciso de la velocidad de flujo de la corriente. Las válvulas de control son 40-6 Válvulas diseñadas para tener un control
- 20 más preciso de los cierres parciales, para controlar las velocidades de flujo a través de dichos cierres parciales para lograr el flujo deseado. El grado de cierre parcial puede controlarse de forma manual por un operador en el sitio, o de forma remota por un sistema de control centralizado. Debido a la necesidad de controlar la velocidad de flujo de forma precisa en muchas corrientes del proceso, se usan ampliamente las válvulas de control, a saber, V-00A, V-00B, V-
- 25 01A, V-01B, V-02R, V-02, V-03A, V-03B, V-05B, V-04, V-05A, V-06A, V-06B, V-05H, V-05L, V-

07B, V-07C, V-11A, V-11B, V-13B, V-13H, V-13L, V-13A, V-15A, V-15B, V-13D, V-16B, V-16C, donde la numeración corresponde al número de corriente cuya velocidad de flujo se controlará.

En algunos corrientes, se instalan válvulas de retención para evitar el flujo de retorno que podría causar contaminación. Las válvulas de retención se usan para corrientes en las que es posible

5 el flujo de retorno y con consecuencias para el proceso, especialmente, C-02R, C-05L, C-12A, C-12B, C-13A, C-13B, C-15A, C-15B. Estas válvulas de retención se utilizan, respectivamente, para evitar el flujo de retorno del número correspondiente de corriente, a saber, corriente de reciclaje 2R, Corriente 5L de descarga del tanque de fluido de lavado, Corriente 12A de salida del Tambor de solvente D-12, Corriente 12B de entrada del Tambor de solvente D-12, Corriente
10 13A de entrada del Tanque de subproducto TB-14, Corriente 13B de entrada de solvente al extractor de solvente XB-11, y Corriente 15A de entrada del depósito de electrolito T-15, y Corriente 15B de salida del depósito de electrolito T-15. En algunas implementaciones, pueden agregarse válvulas de retención adicionales a otras corrientes para mayor seguridad del proceso, aunque con un costo adicional de dichas válvulas de retención adicionales.

15 Generalmente, se usan válvulas de inversión para controlar un flujo de tres vías en cierta dirección. Pueden usarse para dirigir un flujo, especialmente, de una manera mutuamente excluyente, de modo que solo pueda fluir hacia 1 vía a la vez, pero no a ambas al mismo tiempo. Las válvulas de inversión utilizadas incluyen S-03A, S-03B, S-10A, S-10B, S-13H, S-13L, S-13A, S-13B. Las válvulas de inversión se usan para desviar una corriente hacia 2 opciones diferentes,
20 o para converger 2 vías alternativas en la misma corriente. Con fines de 34-3 Reacondicionamiento, dichas válvulas de inversión a menudo aparecen en pares, 1 de desviación y 1 de convergencia, para completar el bloqueo de 34-3 Reacondicionamiento, que incluye un par S-03A S-03B para reacondicionar el 35-1 Reactor electroquímico, un par S-10A S-10B para reacondicionar la unidad de 1-5 Recuperación, un par S-13H S-13L para invertir la
25 tubería de la columna de destilación y, finalmente, un par S-13A S-13B para invertir las corrientes

entre el subproducto y el solvente.

En algunas modalidades, pueden agregarse válvulas de inversión adicionales a las corrientes en las que es necesario cambiar entre el flujo de corrientes alternativas. En algunas implementaciones, la válvula de inversión puede reemplazarse con una válvula de tres vías para permitir el funcionamiento paralelo de 2 vías, especialmente, cuando implican 34-3 Reacondicionamiento, para minimizar las interrupciones en el funcionamiento, que podrían producir la interrupción de la generación de ingresos en las plantas de polímeros convencionales de 34-3 Reacondicionamiento.

La válvula de liberación de presión se utiliza para la consideración de seguridad del proceso para descargar el contenido del contenedor cuando la presión del contenedor supera cierto límite, para evitar que explote el contenedor. Para el proceso de interés, la válvula de liberación de presión se usa para el 1-2 Reactor convencional CR-03A. En algunas implementaciones, pueden usarse válvulas de liberación de presión adicionales en otros contenedores donde está implicada una presión alta.

7-7 Control del proceso

El 7-7 Control del proceso se describe en la Figura 48. El 7-7 Control del proceso también se detalla como P&ID en la Figura 49, con una leyenda explicativa adicional como la Figura 50. Consiste en una combinación de 48-1 Cascada, 48-2 Prealimentación, 48-3 Retroalimentación, 48-4 Relación, 48-5 Rango dividido, 48-6 Selección de control manual, para transferir cualquier interrupción del proceso al 48-7 Indicador/Alarma donde el operador podría responder en consecuencia.

48-1 Cascada

El control en 48-1 Cascada es un método de 7-7 Control que combina 2 o más ciclos de retroalimentación, donde la salida de un controlador (controlador (controlador primario) ajusta el

punto de ajuste de un segundo controlador. El control en 48-1 Cascada proporciona un medio para coordinar las diferentes piezas del equipo en el 7-5 Proceso con una 48-8 Respuesta rápida.

La Figura 51 describe la 48-1 Cascada general para el 7-5 Proceso. El objetivo general del sistema de 7-7 Control del proceso, para este 5-1 Proceso de elerGreen novedoso, fue garantizar

la producción a la velocidad deseada, especialmente, para la corriente de 1-8 Polímero. La implementación implica transferir las interrupciones a otras partes de manera consecutiva, hasta el lugar final donde la interrupción es aceptable como «48-14 Depósito para interrupciones». El «48-14 Depósito para interrupciones» es usualmente el nivel del tanque y el consumo de energía, que se traduce en la velocidad de consumo de materiales y el costo de los 40-5 Servicios (agua y 3-1 Electricidad).

El punto de ajuste de SIC 07A se usa como referencia para controlar de forma remota FIC 02 (a través de 48-6 Selección de control manual), el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2, IIC 04, el Controlador del indicador de corriente (eléctrica) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, FIC 13A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13A , FIC 01A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1A corriente arriba y SIC 08, el Controlador del indicador de velocidad (operativa) de la Máquina de moldeo MP-08 corriente abajo.

SIC 10B, el Controlador del indicador de velocidad (operativa) es controlado por FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B. FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B envía señales a FIC 11B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo corriente abajo.

Además de la cascada múltiple que se extiende hacia arriba y hacia abajo en la corriente, el control en 48-1 Cascada también se utiliza para piezas más pequeñas del equipo:

FIC 03A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 3A controla PIC 03B, el Controlador del indicador de presión de la Corriente 3A que mantiene PIT 03B, el Transmisor

del indicador de presión de la Corriente 3A en un punto de ajuste. PIC 03B, el Controlador del indicador de presión de la Corriente 3A también depende de la 1-12 Presión corriente abajo de PIT 04 el Transmisor del indicador de presión de la Corriente 3B, que se mantiene en el punto de ajuste mediante PIC 04 el Controlador del indicador de presión de la Corriente 3B.

- 5 LIC 05A, el Controlador del indicador de nivel de la Lavadora WP-05A controla a FIC 05B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5B.

LIC 06 el Controlador del indicador de nivel del Dispositivo de asentamiento SP-06 controla a FIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 5A, y FIC 06B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 6B.

- 10 FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 6A, también es controlado por LIC 07, el Controlador del indicador de nivel del Secador DP-07.

FIC 06B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6B también controla a PIC 06B el Controlador del indicador de presión de la corriente 6B que, a su vez, controla la bomba P-06B para mantener a PIT 06B, el Transmisor del indicador de presión de la corriente

- 15 6B en el punto de ajuste.

FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11B controla PIC 11B, el Controlador del indicador de presión de la corriente 11B que mantiene PIT 11B, el Transmisor del indicador de presión de la Corriente 11B en un punto de ajuste mediante el control de P-11B.

- 20 FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 13B también controla a PIC 13B, el Controlador del Indicador de presión de la corriente 13B que mantiene PIT 13B, el Transmisor del indicador de presión de la corriente 13B en el punto de ajuste mediante el control de P-13B.

48-2 Prealimentación

- 25 La 48-2 Prealimentación es un método para controlar los parámetros del 7-5 Proceso al medir la entrada y hacer ajustes en consecuencia, con la ventaja de la 48-9 Precisión. La 48-2

Prealimentación es adecuada cuando el parámetro es un parámetro que responde rápidamente a un cambio, y que la interrupción no se ve afectada por factores complejos.

La Figura 52 ilustra un control simple de 48-2 Prealimentación para válvulas. El controlador FIC 01A recibe una señal de FIT 01A corriente arriba, luego, envía la señal al control V-01A corriente
5 abajo. La característica del control de prealimentación es que la señal se recibe desde corriente arriba y se envía a una unidad corriente abajo para su respuesta.

Para los fines del 7-5 Proceso de producción electroquímica, la 48-2 Prealimentación se usa para un subsistema relativamente predecible, tal como velocidades de flujo, posición, velocidad, corriente y 6-5 Voltaje aplicado. Dado que hay muchos subsistemas en dicho 7-5 Proceso, la 48-

10 2 Prealimentación se usa ampliamente:

Para la Corriente 0A de 31-1 Cosolvente, FIC 00A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0A, mantiene FIT 00A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0A en el punto de ajuste mediante el control de V-00A.

Para la Corriente 0B de 32-1 Aditivos, FIC 00B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo
15 de la Corriente 0B, mantiene FIT 00B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0B en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-00B.

Para la Corriente 1A de 68-1 Material A, FIC 01A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1A, mantiene FIT 01A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1A en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-01A.

20 Para la Corriente 1B de 68-2 Material B, FIC 01B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1B, mantiene FIT 01B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1B en el punto de ajuste mediante el control de de la válvula V-01B.

Para la Corriente 2 del 1-7 Electrolito preparado, FIT 02, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2 se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 02, el Controlador del
25 indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2, que controla la válvula V-02.

AIC 02, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 2 del 1-7 Electrolito preparado, se usa para mantener AIT 02, el Transmisor del indicador de análisis (composición) de la Corriente 2 del 1-7 Electrolito preparado en el punto de ajuste.

La Corriente 2R de entrada de reciclaje se mide mediante FIT 02R, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2R, se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 02R, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 2R, mediante el control de la válvula V-02R.

Para la Corriente 3A de salida del 1-2 Reactor convencional, FIT 03A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3A se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 03A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 3A, que controla V-03A.

Para la velocidad de agitación del 1-2 Reactor convencional CR-03A, SIC 03A, el Controlador del indicador de velocidad (agitación) del 1-2 Reactor convencional CR-03A, que controla el agitador, que mantiene SIT 03A, el Transmisor del indicador de velocidad del 1-2 Reactor convencional CR-03A, en el punto de ajuste.

El nivel del 1-2 Reactor convencional, LIT 03A, Transmisor del indicador de nivel del 1-2 Reactor convencional CR-03A, se mantiene en el punto de ajuste mediante LIC 03A, el Controlador del indicador de nivel del 1-2 Reactor convencional CR-03A.

Para la Corriente 3B de mezcla de 1-15 Subproducto-1-7 Electrolito, FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B, mantiene FIT 03B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B en el punto de ajuste mediante el control de V-03B.

Para el 21-2 Fluido de lavado que entra y sale de la Corriente 4 del 35-1 Reactor electroquímico, FIT 04, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 4 mide la velocidad de flujo de entrada, que se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 04, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 4 que controla V-04.

Por otro lado, el nivel de ER 04, LIT 04, el Transmisor del indicador de nivel del 35-1 Reactor

electroquímico ER-04, es controlado por LIC 04, el Controlador del indicador de nivel del 35-1 Reactor electroquímico ER-04.

Para el 35-1 Reactor electroquímico ER-04, EIC04, el Controlador del indicador de voltaje del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, SIC 04, el Controlador del indicador de velocidad del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, y ZIC 04, el Controlador del indicador posición (hoja) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, respectivamente, controlan EIT 04, el Transmisor del indicador de voltaje 35-1 del Reactor electroquímico ER-04, SIT 04, el Transmisor del indicador de velocidad del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, y ZIT 04, el Transmisor del indicador de posición (hoja) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04.

- 10 Para la Corriente 5A de suspensión de 1-9 Polímero limpio lavado, FIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5A se usa para mantener FIT 05A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5A en el punto de ajuste, mediante el control de la válvula V-05A.

- 15 La velocidad de agitación de la Lavadora WP-05A se mide mediante SIT 05A, el Transmisor del indicador de velocidad de la Lavadora WP-05A, que se mantiene en el punto de ajuste mediante SIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad de la Lavadora WP-05A, que controla el agitador.

- 20 El nivel de retención de WP-05A se mide mediante LIT 05A, el Transmisor del indicador de nivel de la Lavadora WP-05A y se controla mediante LIC 05A, el Controlador del indicador de nivel de la Lavadora WP-05A.

Para el 21-2 Fluido de lavado nuevo hacia la Lavadora, Corriente 5B, FIC 05B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5B, se usa para mantener FIT 05B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5B, en el punto de ajuste, mediante el control de la válvula V-05B.

- 25 Para el 21-2 Fluido de lavado que alimenta la Corriente 5B, AIT 05B, el Transmisor del indicador

de análisis (composición) de la Corriente 5B, mide la concentración de 1-14 Electrolito usado en la Corriente 5B, y se mantiene bajo control en un punto de ajuste mediante AIC 05B, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 5B.

5 Para el 21-2 Fluido de lavado hacia la Corriente 5H del tanque de fluido de lavado, FIC 05H, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5H, a su vez, mantiene FIT 05H, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5H en un punto de ajuste mediante el control de la válvula V-05H.

10 Para el fluido de descarga para la Corriente 5L del tanque de fluido de lavado, FIC 05L, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5L mantiene FIT 05L, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5L en el punto de ajuste mediante el control de V-05L.

El nivel de retención del sedimento de 1-9 Polímero limpio P se mide mediante LIT 06, el Transmisor del indicador de nivel del Dispositivo de asentamiento SP-06, y se controla mediante LIC 06, el Controlador del indicador de nivel del Dispositivo de asentamiento SP-06.

15 Para la Corriente 6A del sedimento de 1-9 Polímero limpio, FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A, mantiene FIT 06A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A en un punto de ajuste, mediante el control de la válvula V-06A.

20 Para la Corriente 6B superior del 21-2 Fluido de lavado, FIC 06B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6B se usa para mantener FIT 06B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6B en el punto de ajuste, mediante el control de la válvula V-06B.

25 Para la Corriente 7A del 1-9 Polímero limpio en polvo, SIC 07A, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) de la Corriente 7A mantiene SIT 07A, el Transmisor del indicador de velocidad (transporte) de la Corriente 7A en el punto de ajuste. De hecho, esta es una parte

crucial del 7-7 Control del proceso.

Para la Corriente 7B de vapor, FIC 07B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7B, mantiene FIT 07B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7B en un punto de ajuste mediante el control de la válvula V-07B.

- 5 Para la Corriente 7C de refrigeración del condensador X-07B, FIC 07C, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7C, mantiene FIT 07C, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7C en un punto de ajuste, mediante el control de la válvula V-07C.

- 10 Para la velocidad operativa de la máquina de moldeo MP-08, SIC 08, el Controlador del indicador de velocidad de la máquina de moldeo MP-08 se usa para controlar SIT 08, el Transmisor del indicador de velocidad de la máquina de moldeo MP-08 directamente.

- 15 Para la velocidad operativa de la unidad de empaque de polímero PP-09, SIC 09, el Controlador del indicador de velocidad de la unidad de empaque de polímero PP-09 controla la velocidad de empaque mediante SIT 09, el Transmisor del indicador de velocidad de la unidad de empaque de polímero PP-09.

Para el Regenerador de sorbente SR-10B, SIC 10B, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) del Regenerador de sorbente SR-10B, mantiene SIT 10B, el Transmisor del indicador de velocidad (transporte) del Regenerador de sorbente SR-10B, en el punto de ajuste mediante el control del motor del Regenerador de sorbente SR-10B.

- 20 Para la velocidad de agitación del Extractor de solvente XB-11, SIC 11, el Controlador del indicador de velocidad (agitación) del Extractor de solvente XB-11 mantiene SIT 11, el Transmisor del indicador de velocidad (agitación) del Extractor de solvente XB-11, en el punto de ajuste mediante el control del motor del Extractor de solvente XB-11.

- 25 LIT 11, el Transmisor del indicador de nivel del Extractor de solvente XB-11 mide el nivel del extractor de solvente, que se mantiene en el punto de ajuste mediante LIC 11, el Controlador del

indicador de nivel del Extractor de solvente XB-11.

Para la Corriente 11A de extracción de solvente, FIC 11A, el Controlador del indicador de flujo de la Corriente 11A, mantiene FIT 11A, el Transmisor del indicador de flujo de la Corriente 11A en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-11A.

- 5 Para la corriente 11B del 1-7 Electrolito refinado, FIC 11B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11B, mantiene FIT 11B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11B, en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-11B.

AIT 11B, el Transmisor del indicador de análisis (composición) de la Corriente 11B, se mantiene en el punto de ajuste mediante AIC 11B, el Controlador del indicador de análisis (composición)

- 10 de la Corriente 11B.

Para la Corriente 12A de alimentación de solvente, FIC 12A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 12A, mantiene FIT 12A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 12A, en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-12A.

- 15 Para la Corriente 12B de exceso de solvente, FIC 12B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 12B, mantiene FIT 12B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 12B en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-12B.

El nivel del tanque se mide mediante LIT 13, el Transmisor del indicador de nivel de la Columna de destilación DB-13, que se mantiene en el punto de ajuste mediante LIC 13, el Controlador del indicador de nivel de la Columna de destilación DB-13.

- 20 Para la etapa de alimentación se mide mediante ZIT 13, el Transmisor del indicador de posición de Alimentación en XB-13, que se mantiene en el punto de ajuste mediante ZIC 13, el Controlador del indicador posición de Alimentación de XB-13, mediante el control de la posición de alimentación de entrada de la Columna de destilación XB-13.

- 25 Para la Corriente 13A de 1-15 Subproducto H, FIC 13A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13A, mantiene FIT 13A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo

de la Corriente 13A en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-13A.

El ensayo del 1-15 Subproducto se mide mediante AIT 13A, el Transmisor del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13A, que se mantiene en el punto de ajuste mediante AIC 13A, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13A.

- 5 Para la corriente 13B de reciclaje de solvente, FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13B, controla FIT 13B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13B en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-13B.

AIT 13B, el Transmisor del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13B, se mantiene en el punto de ajuste mediante AIC 13B, el Controlador del indicador de análisis (composición)

- 10 de la Corriente 13B.

Para la Corriente 13D del fluido de refrigeración del condensador X-13C, FIC 13D, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13D, mantiene FIT 13D, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13D en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-13D.

- 15 Para la Corriente 13H de reflujo de destilación, FIC 13H, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13H, mantiene FIT 13H, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13H, en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-13H.

Para el producto inferior de la Corriente 13L de la columna de destilación, FIC 13L, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13L mantiene FIT 13L, el Transmisor del

- 20 indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13L en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-13L.

Para la entrada de flujo hacia la Corriente 15A del Tanque de depósito, FIC 15A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 15A mantiene FIT 15A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la corriente 15A en el punto de ajuste mediante el control de la

- 25 válvula V-15A, mientras que para la salida de flujo de la Corriente 15B del Tanque de depósito,

FIC 15B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 15B mantiene FIT 15B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la corriente 15B en el punto de ajuste mediante el control de la válvula V-15B.

LIT 16, el Transmisor del indicador de nivel del Tambor de fluido refrigerante D-16, se mantiene
5 en el punto de ajuste mediante LIC 16, el Controlador del indicador de nivel del Tambor de fluido refrigerante D-16.

Para la Corriente 16B de alimentación de aire de refrigeración, FIT 16B, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16B, se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 16B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16B, mediante el
10 control de la válvula V-16B.

Para la Corriente 16C de alimentación de fluido de refrigeración, FIT 16C, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16C, se mantiene en el punto de ajuste mediante FIC 16C, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16C, mediante el control de la válvula V-16C.

15 Además del control simple de 48-2 Prealimentación anterior, la 48-2 Prealimentación también se ha empleado en forma de 48-1 Cascada para controlar otro controlador corriente abajo:

LIT 03A, el transmisor del indicador de nivel del 1-2 Reactor convencional CR-03A, también afecta a SIC03A, el Controlador del indicador de velocidad (agitación) del 1-2 Reactor convencional CR-03A.

20 IIC 04, el Controlador del indicador de corriente (eléctrica) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, es una representación de la magnitud del punto de ajuste de la reacción en el 35-1 Reactor electroquímico ER-04, como tal, se usa para controlar casi todo lo relacionado con el 35-1 Reactor electroquímico ER 04. En primer lugar, proporciona un punto de ajuste para IIT 04, el Transmisor del indicador de corriente (eléctrica) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04. También
25 controla EIC 04, el Controlador del indicador de voltaje del 35-1 Reactor electroquímico ER-04,

SIC 04, el Controlador del indicador de velocidad (electrodo) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, y ZIC 04, el Controlador del indicador de posición (hoja) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04.

IIC 04, el Controlador del indicador de corriente (eléctrica) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, también controla FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B corriente abajo.

El punto de ajuste de SIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad (agitación) de la Lavadora WP-05A también depende de LIT 05A, el Transmisor del indicador de nivel de la Lavadora WP-05A.

10 FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A, controla FIC 06B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6B.

TIC 07, el Controlador del indicador de temperatura del Secador DP-07, es controlado por la velocidad de flujo de entrada de FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A.

15 FIC 07C, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7C, es controlado por TIC 07, el Controlador del indicador de temperatura del Secador DP-07, y FIC 07B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 7B.

SIC 08, el Controlador del indicador de velocidad (operativa) de la Máquina de moldeo MP-08 también controla SIC 09, el Controlador del indicador de velocidad (operativa) de la unidad de

20 Empaque de polímero PP-09 aún más corriente abajo.

FIC 11A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11A, controla FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13B.

LIT 11, el Transmisor del indicador de nivel del Extractor de solvente XB-11, también envía una señal a SIC 11, el Controlador del indicador de velocidad del Extractor de solvente XB-11.

25 AIT 11A, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 11A, envía

señales a AIC 13A, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13A.

TIT 13C, el Transmisor del indicador de temperatura de la Corriente 13C, mide la temperatura de entrada del condensador, mientras que FIT 13C, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13C mide la velocidad de flujo, luego, ambos envían señales a FIC 13D, el

5 Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13D.

FIT 16A, el Transmisor del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16A, envía una señal a FIC 16B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16B.

LIC 16, el Controlador del indicador de nivel del Tambor de fluido refrigerante D-16, controla FIC 16C, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16C.

10 TIT 16A, el Transmisor del indicador de temperatura de la Corriente 16A, se mantiene en el punto de ajuste mediante TIC 16A, el Controlador del indicador de temperatura de la Corriente 16A, mediante el control del Soplador B-16B y FIC 16B, El Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 16B.

48-3 Retroalimentación

15 La 48-3 Retroalimentación se usa cuando se necesita 48-10 Confiabilidad, tal como cuando el parámetro responde lentamente, y que la interrupción implicó factores complejos. Para el 7-5 Proceso electroquímico, se usa 48-3 Retroalimentación para los parámetros del 7-5 Proceso que dependen de fenómenos más complejos difíciles de controlar por 48-2 Prealimentación, y donde la desviación podrá afectar la velocidad de producción y la calidad. La Figura **53** ilustra una

20 muestra de control de 48-3 Retroalimentación. AIC 05B recibe una señal de AIT 05B corriente abajo, luego envía señales corriente arriba hacia FIC 05L para una respuesta adicional. La característica de la realimentación es que la señal se envía desde corriente abajo a la unidad corriente arriba para su respuesta.

Debido al objetivo de coordinación entre unidades, la 48-3 Retroalimentación para el 7-5 Proceso

25 químico se usa ampliamente en estilo de 48-1 Cascada:

FIC 00A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 0A es controlado por FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 2 corriente abajo.

FIC 00B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0B es controlado por FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2 corriente abajo.

- 5 FIC 01A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 1A, como reactivo limitante, es controlado por FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 2 corriente abajo

FIC 01B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 1B es controlado por FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 2 corriente abajo.

- 10 Corriente arriba, FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2 controla a FIC 00A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0A, FIC 00B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0B, FIC 01A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1A, FIC 01B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1B y FIC 02R, el Controlador del indicador de velocidad de flujo
15 de la Corriente 2R.

- Junto con FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2, AIC 02, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 2 controla a FIC 00A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0A, FIC 00B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 0B, FIC 01A, el Controlador del indicador de
20 velocidad de flujo de la Corriente 1A, FIC 01B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 1B y FIC 02R, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2R.

FIC 02R, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 2R también controla a FIC 11B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 11B.

- 25 La temperatura se mide mediante TIT 03A, el Transmisor del indicador de temperatura del 1-2

Reactor convencional CR-03A, que se mantiene en el punto de ajuste mediante TIC 03A, el Controlador del indicador de temperatura del 1-2 Reactor convencional CR-03A que controla el calentador corriente arriba H-02.

TIC 03A, el Controlador del indicador de temperatura del 1-2 Reactor convencional CR-03A también depende de la temperatura de salida corriente abajo TIT 03B, el Transmisor del indicador de temperatura de la Corriente 3B.

El PIT 03A, el Transmisor del indicador de presión del 1-2 Reactor convencional CR-03A, se mantiene en el punto de ajuste mediante PIC 03A, el Controlador del indicador de presión del 1-2 Reactor convencional CR-03A que controla las 40-3 Bombas/Compresor Q-02 corriente arriba.

Corriente arriba, FIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5A controla tanto FIC 05B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5B y FIC 04, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 4.

AIC 05B, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 5B funciona mediante el control de FIC 05L, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5L.

FIC 05L, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5L controla posteriormente FIC 05H, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5H.

FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A es controlado por SIC 07A, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) de la Corriente 7A.

Corriente arriba, FIC 06A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 6A controla a FIC 05A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 5A.

El nivel de retención LIT 07, el Transmisor del indicador de nivel del Secador DP-07, también se ve afectado por SIC 07A, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) del Secador DP-07 y es controlado por LIC 07, el Controlador del indicador de nivel del Secador DP-07.

La temperatura TIT 07, el Transmisor del indicador de temperatura del Secador DP-07, se fija en

un punto de ajuste mediante TIC 07, el Controlador del indicador de temperatura del Secador DP-07, mediante el control del sistema de calentamiento del secador.

TIT 10A, el Transmisor del indicador de temperatura de la Unidad de sorción SB-10A mide la temperatura, que se mantiene en el punto de ajuste mediante TIC 10A, el Controlador del
5 indicador de temperatura de la Unidad de sorción SB-10A mediante el control de SIC 10B, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) del Regenerador de sorbente SR-10B.

FIC 11A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 11A depende de FIC 13A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13A.

LIC 11, el Controlador del indicador de nivel del Extractor de solvente XB-11 funciona mediante
10 el control de FIC 03B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B.

La temperatura se mide mediante TIT 13, el Transmisor del indicador de temperatura de la Columna de destilación DB-13 y se mantiene en el punto de ajuste mediante TIC 13, el Controlador del indicador de temperatura de la Columna de destilación DB-13, mediante el control del recalentador H-13L.

15 Corriente arriba, FIC 13A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 13 controla a FIC 11A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 11A.

AIC 13A, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la corriente 13A controla a AIC 13B el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13B y ZIC 13 el Controlador del indicador de posición de Alimentación en XB-13 corriente arriba.

20 **48-4 Relación**

El control de 48-4 Relación implica controlar y monitorear la relación de los 48-11 Múltiplos entre los parámetros del 7-5 Proceso. Usualmente, de modo no taxativo, es la relación estequiométrica especificada de las velocidades de flujo en diferentes corrientes. Para el 5-1 Proceso de elerGreen de producción de 1-8 Polímeros, el control de 48-4 Relación se ha usado
25 principalmente para el monitoreo y control de la composición del 1-7 Electrolito.

La Figura 54 destaca el control de 48-4 Relación para la columna de destilación. FIC 13A, FIC 13B y AIT 11A envían una señal a RIY 13A para controlar FIC 13H en función de la relación de las velocidades de flujo, mientras que FIC 13B, AIC 13B y AIC 13A, envían una señal para evaluar RIY 13B para controlar a FIC 13L.

- 5 RIY11, el Envío del indicador de relación para la 1-5 Recuperación del electrolito se usa para monitorear y controlar la composición del 1-7 Electrolito mediante el control de la 45-1 Corriente de sorción o la 44-1 Corriente de extracción del solvente. RIY 11, el Envío del indicador de relación para la 1-5 Recuperación del electrolito, es controlado por FIC 03B el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 3B, AIT 03B, el Transmisor del indicador de análisis
- 10 (composición) de la Corriente 3B, FIC 11B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11B, AIC 11B, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 11B y AIC 13B, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la Corriente 13B.

Para la vía de Sorción, RIY 11, el Envío del indicador de relación del 1-7 Electrolito recuperado controla a SIC 10B, el Controlador del indicador de velocidad (transporte) del Regenerador de

15 sorbente. Para la vía de Extracción de solvente, RIY 11, el Envío del indicador de relación del 1-7 Electrolito recuperado controla a FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo.

En la vía de extracción de solvente, además, el control de 48-4 Relación se emplea para la Columna de destilación DB-13 como RIY 13A y RIY 13B para controlar, respectivamente, el Reflujo de destilación y el Fondo de destilación. FIC 13A, el Controlador del indicador de

20 velocidad de flujo de la Corriente 13A de 1-15 Subproducto controla a RIY 13A, el Envío del indicador de relación de Reflujo de destilación y RIY 13B el Envío del indicador de relación de Fondo de destilación.

Para el Reflujo de destilación, RIY 13A, el Envío del indicador de relación de Reflujo de destilación es controlado por FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la

25 Corriente de solvente 13B. AIT 11A, el Transmisor del indicador de análisis (composición) de la

Corriente de extracto 11A también envía señales a RIY 13A, el Envío del indicador de relación de Reflujo de destilación. RIY 13A, el Envío del indicador de relación del Reflujo de destilación, luego, controla a FIC 13H, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente de reflujo 13H.

- 5 Para RIY 13B, el Envío del indicador de relación del Fondo de destilación, controla a FIC 13L el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente de fondo 13L. AIC 13A, el Controlador del indicador de análisis (composición) de la corriente 13A de 1-15 Subproducto también controla a RIY 13B, el Envío del indicador de relación del Fondo de destilación.

48-5 Rango dividido

- 10 El control de 48-5 Rango dividido se usa para una 48-12 Respuesta diferente necesaria cuando se emplea un controlador para controlar 2 elementos de control finales tales como 2 de las 40-6 Válvulas, tal como se ilustra en la Figura 56. En algunas implementaciones, el control de 48-5 Rango dividido se encuentra en el 7-7 Control del nivel, temperatura y 1-12 Presión. En algunas implementaciones, el rango dividido implicó una banda muerta cerca del punto de ajuste, que es
15 un rango para que el controlador no responda cuando la desviación del punto de ajuste está por debajo de cierto límite, tal como se muestra en la Figura 56, para ahorrar costos frente a la conmutación entre los diferentes rangos operativos A y B.

- La Figure 55 describe el control de 48-5 Rango dividido. LIC 05B envía una señal de FIC 05L o FIC 05H, dependiendo del nivel de retención de líquido en T-05B en un rango diferente. Cuando
20 el nivel se encuentra en el rango superior (rango B), FIC 05L (control B) podría controlarse para descargar el líquido. Cuando el nivel se encuentra en el rango inferior (rango A), FIC 05H (control A) se controla para agregar algo de fluido del 40-5 Servicio a T-05B.

- Para el 5-1 Proceso de elerGreen para la producción electroquímica de 1-8 Polímeros, se usa control de 48-5 Rango dividido para el 7-7 Control de nivel de tanque acoplado a un depósito,
25 que incluye el Tanque de mezcla M-02 con el tanque de depósito T-15, el tanque de fluido de

lavado T-05B con el 40-5 Servicio, y el Extractor de solvente XB-11 con el Tambor de solvente D-12.

El nivel del tanque se mide mediante LIT 02, el Transmisor del indicador de nivel del Tanque de mezcla M-02 y se regula mediante LIC 02, el Controlador del indicador de nivel del Tanque de mezcla M-02. LIC 02, el Controlador del indicador de nivel del Tanque de mezcla M-02, a su vez, controla, mediante 48-5 Rango dividido, a FIC 15A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 15A y FIC 15B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 15B.

El nivel del tanque se mide mediante LIT 05B, el Transmisor del indicador de nivel del Tanque de fluido de lavado T-05B y se controla mediante LIC, 05B el Controlador del indicador de nivel del Tanque de fluido de lavado T-05B, que también funciona para controlar FIC 05H, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 5H y FIC 05L, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 5L.

LIC 11, el Controlador del indicador de nivel del Extractor de solvente XB-11 también funciona para controlar mediante 48-5 Rango dividido, a FIC 12A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 12A y FIC 12B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 12B.

48-6 Selección de control manual

El control de 48-6 Selección manual se usa generalmente para lograr un equilibrio entre la 48-13 Flexibilidad y la Seguridad del sistema del proceso durante una sobrecarga en el 7-5 Proceso, cuando se necesita ocasionalmente un 7-7 Control secundario. Usualmente, de modo no taxativo, fines de seguridad del 7-5 Proceso tales como mantener la 1-12 Presión, el nivel del tanque y la temperatura.

La Figura 57 ilustra un control de 48-6 Selección manual. Durante el funcionamiento usual, cuando el nivel LIT 13 se encuentra en un nivel aceptable, FIC 13B toma el control de FIC 11A.

Cuando LIT 13 se encuentra fuera del umbral, LIC 13, en lugar de FIC, 13B toma el control de FIC 11A.

Para el 7-5 Proceso de producción electroquímica de 1-8 Polímeros, el control de 48-6 Selección manual se usa para mantener el nivel del tanque, cuando la configuración corriente arriba y corriente abajo dificulta el control de 48-5 Rango dividido. Cuando el nivel del tanque está dentro del rango de funcionamiento, las 40-6 Válvulas se controlan mediante el controlador. Sin embargo, cuando el nivel del tanque desciende por debajo de un umbral, las 40-6 Válvulas se controlan, en su lugar, de mediante el 7-7 Control de nivel.

Para el 1-2 Reactor convencional CR-03A, cuando el nivel del tanque está en el rango deseado, el punto de ajuste de SIC 07A se usa como referencia para controlar de forma remota a FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2. Cuando los niveles del tanque no están en el rango deseado, LIC 03A, el Controlador del indicador de nivel del 1-2 Reactor convencional CR-03A controla a FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2.

Para el 35-1 Reactor electroquímico ER-04, cuando el nivel del tanque está en el rango deseado, el punto de ajuste de SIC 07A se combina con LIC 04, el Controlador del indicador de corriente (eléctrica) del 35-1 Reactor electroquímico ER-04 para controlar FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2 corriente arriba. Cuando los niveles del tanque no están en el rango deseado, LIC 04, el Controlador del indicador de nivel del 35-1 Reactor electroquímico ER-04, controla FIC 02, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 2.

Para la Columna de destilación DB-13, cuando el nivel del tanque está en el rango deseado, FIC 11A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 11A se controla mediante FIC 13A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la Corriente 13A y FIC 13B, el Controlador del indicador de velocidad de flujo de la corriente 13B. Cuando el nivel del tanque no

está en el rango, LIC 13, el Controlador del indicador de nivel de la Columna de destilación DB-13 controla a FIC 11A, el Controlador del indicador de velocidad de flujo 11A.

48-7 Indicador/Alarma

Por el primero principio de 7-7 Control del proceso, Siempre que hay un cambio en el parámetro en el 7-5 Proceso que causa interrupción, este cambio no puede eliminarse, en su lugar, simplemente se transfiere mediante el 7-7 Control del proceso. Para el 5-1 Proceso de elerGreen de interés, la estrategia de 7-7 Control del proceso busca transferir todas las interrupciones del 7-5 Proceso químico tal como la velocidad de producción de 1-8 Polímeros hacia algún «48-14 Depósito para interrupciones» variable, que tiene una enorme tolerancia a las interrupciones, tales como el nivel del tanque de materiales.

La Figura 58 ilustra el método de control de 48-7 Indicador/Alarma. Esta es la variante más sencilla donde LI 00A se usa para medir e informar del nivel del tanque. Hay 2 límites, en el primer límite, dolo indica el valor de nivel y recuerda al operador que controle el inventario manualmente, en el segundo límite, suena la alarma como recordatorio más fuerte mientras que el proceso puede apagarse debido a una consideración de seguridad del proceso.

El 48-7 Indicador/Alarma se usa para el “48-14 «48-14 Depósito para interrupciones», tal como el nivel del tanque de almacenamiento porque el nivel del tanque está diseñado para tener una tolerancia enorme y un intervalo de tiempo prolongado. Por ejemplo, una sobrecarga de temperatura del 1-2 Reactor convencional o el 35-1 Reactor electroquímico podría producir interrupciones en la velocidad de producción en minutos, pero si un sistema de 7-7 Control de refrigeración está en su lugar, transferir dicha interrupción a una sobrecarga en el la velocidad de flujo del fluido de refrigeración, lo que provocará un aumento en la factura del 40-5 Servicio, un resultado menos indeseable.

Los tanques de almacenamiento suelen tener un tamaño para 1-6 Reactivos suficientes para el funcionamiento de más de 1 día. Como resultado, el 7-7 Control del proceso busca utilizarlos

como «48-14 Depósito para interrupciones». En muchos casos una interrupción en el 7-5 Proceso podría transferirse, en última instancia, como una velocidad mayor del consumo de los tanques, que ofrece una cantidad de ventajas:

- Mayor tiempo de respuesta disponible
- Resultados más tolerables
- Seguridad del 7-5 Proceso

Otros «48-14 Depósitos para interrupciones» que no están regulados, pero que simplemente son monitoreados por el operador son los niveles de retención:

- WI09, Indicador de peso del Empaque de polímero PP-09
- LI 00A, Indicador de nivel del Tambor de cosolvente D-00A
- LI 00B, Indicador de nivel del Tambor de aditivo D-00B
- LI 01A, Indicador de nivel del Tanque de alimentación A T-01A
- LI 01B, Indicador de nivel del Tanque de alimentación B T-01B
- LI 12 Indicador de nivel del Tambor de solvente D-12
- LI 14 Indicador de nivel del Tanque de subproducto TB-14
- LI 15, Indicador de nivel del del Tanque de depósito T-15

7-8 Procedimiento operativo

El 7-8 Procedimiento se desglosa en la Figura 59 e implica 59-1 Apilamiento, 59-2 Despliegue, 34-3 Reacondicionamiento, 59-3 Mantenimiento y, finalmente, 34-4 Gestión de residuos.

59-1 Apilamiento

En implementaciones industriales, los 35-1 Reactores electroquímicos se apilan en matrices o arreglos para minimizar los requisitos de espacio. Debido a las formas rectangulares del 9-20 Recipiente en el plano horizontal, el 59-1 Apilamiento en arreglos es muy eficiente en términos

de uso del espacio.

La Figura 60 demuestra una forma muy eficaz de colocar los electrodos. En primer lugar, los electrodos pueden colocarse de forma alterna o agregada. Si bien la forma agregada es más fácil de fabricar, el arreglo alterno es más eficiente energéticamente porque la distancia entre el 3-2 Ánodo y el 3-3 Cátodo es menor, por lo tanto, se disipa menos energía como resistencia. Para lograr esta configuración, puede utilizarse un 60-3 Aislante rígido como soporte para fijar el 3-2 Ánodo y el and 3-3 Cátodo en el mismo soporte sin cortocircuitos, que es una estrategia empleada para el 9-3 Electrodo de disco giratorio y el 9-4 Electrodo espiral/roscado.

En algunas implementaciones, los 35-1 Reactores electroquímicos se apilan en una matriz de 2x1 tal como se ilustra en la Figura 61, lo que significa que los 35-1 Reactores electroquímicos aparecen como un par con 1 de los 61-4 Lados de apilamiento. Proporciona 3 de los 61-3 Lados de mantenimiento para que 61-1 Personal mantenga el equipo. 2 lados del 9-20 Recipiente que se pueden hacer transparentes para permitir mediante 2 piezas del 61-2 Lado de monitoreo que el 61-1 Personal vea hacia el 9-20 Recipiente para que observe el 9-20 Recipiente.

En algunas implementaciones, los 35-1 Reactores electroquímicos se apilan en una matriz 2x2 tal como se ilustra en la Figura 62 con 2 de los 61-4 Lados de apilamiento, esta es una configuración común porque es generalmente un intermedio entre un tamaño compacto y la facilidad de uso, debido a que proporciona al menos 2 de los 61-3 Lados de mantenimiento para que el 61-1 Personal pueda desplegar, solucionar problemas, y mantener los 35-1 Reactores electroquímicos.

En algunas implementaciones, los 35-1 Reactores electroquímicos se apilan en una matriz de 2xn tal como se ilustra en la Figura 63 con 3 de los 61-4 Lados de apilamiento. Además de los 35-1 Reactores electroquímicos finales que tienen 2 de los 61-3 Lados de mantenimiento, proporciona solo 1 de los 61-3 Lados de mantenimiento para el 61-1 Personal. Sin embargo, este

1 de los 61-3 Lados de mantenimiento normalmente bastaría para que el 61-1 Personal

mantenga los 35-1 Reactores electroquímicos, especialmente para quitar el 9-13 Soporte.

La Figura 64 demuestra la implementación real del arreglo de matriz de 2xn de los 35-1 Reactores electroquímicos para la variante de 9-2 Electrodo de cinta transportadora. Debido a una consideración del diseño para ahorrar costos y espacio, el 9-9 Transporte de sólidos puede agruparse, mientras que los componentes como el 9-20 Recipiente, 9-13 Soporte y 9-17 Eliminación de gas pueden colocarse de manera modular para su fácil Despliegue y 59-3 Mantenimiento.

En algunas implementaciones, el 59-1 Apilamiento de los 35-1 Reactores electroquímicos orientados hacia el exterior tal como se ilustra en la Figura 65 podrían mitigar el problema de 59-3 Mantenimiento, pero a expensas de un espacio menos compacto.

En algunas implementaciones, los 35-1 Reactores electroquímicos se apilan en matrices de nxn tal como se ilustra en la Figura 66. Esto maximiza el tamaño compacto pero a expensas de la facilidad de uso. Dependiendo de la situación, esto podría emplearse, especialmente, cuando una planta de mayor escala hace la instalación de un sistema de 9-13 Soporte colgando del techo económicamente factible para dichas matrices de nxn donde el 61-1 Personal no puede ir directamente al equipo en cualquier 66-1 Unidad rodeada.

59-2 Despliegue

Debido a la naturaleza modular y al diseño del ensamblaje, existe una forma cómoda de desplegar el 35-1 Reactor electroquímico. El 59-2 Despliegue se ilustra en la Figura 67.

Tal como se muestra en la Figura 67, la primera etapa es 67-1 Desplegar el reactor, donde el 9-20 Recipiente se coloca primero en el lugar designado en el sitio y se conectan las 7-6 Tuberías que entran y salen del tanque. Cuando hay varios 35-1 Reactores electroquímicos, se apilan en matrices según sea necesario de acuerdo con el 59-1 Apilamiento.

La segunda etapa es 67-2 Desplegar el soporte de electrodos, donde el 9-13 Soporte de electrodos se despliega luego hacia los tanques. Cabe destacar que el 9-13 Soporte de los

electrodos necesita estar en una posición de elevación, de modo que el electrodo no colisione con el tanque durante el 59-2 Despliegue.

La tercera etapa es 67-3 Ajustar la posición del electrodo, donde para el 9-13 Soporte 9-14 Móvil tal como el 23-4 Cuerpo de la estructura en las 23-3 Ruedas, el 9-13 Soporte puede empujarse manualmente al tanque y ajustarse para que encaje. Cuando se fija la posición, el electrodo desciende mediante el uso del gato, hasta una posición vertical apropiada en el Recipiente para permitir potencialmente que el electrodo se sumerja en el 1-7 Electrolito posteriormente. Para la variante de soporte 9-15 Incorporado, pueden omitirse 67-2 Desplegar el soporte de electrodos y 67-3 Ajustar la posición de electrodos.

La cuarta etapa es 67-4 Desplegar transporte de sólidos, donde el 9-12 Canal se instala luego hacia el 35-1 Reactor electroquímico, con las 7-6 Tuberías conectadas hacia y desde la lavadora.

La etapa final es 67-5 Instalar eliminación de gas, donde se instala la 9-17 Eliminación de gas si es aplicable para la reacción de polimerización electroquímica. Primero, la 9-17 Eliminación de gas con la 24-2 Tapa se coloca encima del electrodo, y luego, su posición junto con la 24-3 Cubierta y el 24-4 Peso, se ajustan para que encaje. Luego, se realiza la conexión de la 7-6 Tubería de gas desde la 24-1 Salida de ventilación de la 9-17 Eliminación de gas hasta el sistema de campana extractora en la parte superior, usualmente mediante 7-6 Tuberías colgadas del techo.

Luego, se realizan las operaciones de conexión de las 7-6 Tuberías a otras unidades.

34-3 Reacondicionamiento

El 34-3 Reacondicionamiento de un 7-5 Proceso regular de 1-8 Polímero implica el siguiente 7-8 Procedimiento general:

El 35-1 Reactor electroquímico, ER-04, se instala en primer lugar, en paralelo con el **1-2** Reactor convencional, CR-03A, según el procedimiento de 59-2 Despliegue, que incluye C-04, la Corriente 4 con V-04, unidades de campana extractora y 7-6 Tuberías. Si se necesita 59-1

Apilamiento, se apilan los 35-1 Reactores electroquímicos en matrices de acuerdo con los métodos de 59-1 Apilamiento.

El 7-5 Proceso convencional de 1-8 Polímero se apaga temporalmente. Se drenan los fluidos en el 7-5 Proceso y se desconectan las siguientes secciones según sea necesario:

- 5 • Válvula V-02 y 1-2 Reactor convencional CR-03A
- Filtro CF-03B y Bomba P-03B
- Filtro CF-03B y Lavadora WP-05A

Para las secciones anteriores, se instalan todas las válvulas de inversión, y se realizan las siguientes conexiones:

- 10 • S-03A a entrada de líquidos del 35-1 Reactor electroquímico ER-04
- S-3B a C-04 salida de líquidos del 35-1 Reactor electroquímico ER-04
- S-04 a salida de lavado del 35-1 Reactor electroquímico ER-04

Si el 7-5 Proceso convencional implica la misma 1-5 Recuperación (la 45-1 Corriente de sorción antes y después del 34-3 Reacondicionamiento, o la 44-1 Corriente de extracción del solventes antes y después del 34-3 Reacondicionamiento), puede realizarse solución de problemas justo después de la instalación. Si el 7-5 Proceso convencional implica un método de 1-5 Recuperación diferente, es necesario el 34-3 Reacondicionamiento de las unidades de 1-5 Recuperación. Para el 34-3 Reacondicionamiento de la unidades de 1-5 Recuperación, se drenan los fluidos de las siguientes secciones y se desconectan las secciones:

- 20 • V-03B y SB-10A/XB-11
- P-11B y SB-10A/XB-11

Para las secciones anteriores, se instalan todas las válvulas de inversión intermedias, y se realizan las siguientes conexiones:

- S-10A a SB-10A/XB-11

- S-10B a SB-10A/XB-11

Si el nuevo 7-5 Proceso implica la columna de destilación DB-13 y se necesita un cambio de llave, también es necesario el 34-3 Reacondicionamiento de la columna de destilación. Se drenan los fluidos de las siguientes secciones y se desconectan las secciones:

- 5
- El reflujo de la columna de destilación a V-13A
 - El fondo de la columna de destilación a P-13B

Para las secciones anteriores, se instalan todas las válvulas de inversión, y se realizan las siguientes conexiones:

- 10
- S-13H y S-13A a V-13A
 - S-13L y S-13B a P-13B

Se realizan conexiones adicionales entre:

- S-13H a C-13B a S-13B
- S-13L a C-13A a S-13A

15 Si es necesario un 21-2 Fluido de lavado diferente, pueden drenarse T-05B, WP-05A, SP-06, y DP-07 para reemplazar el 21-2 Fluido de lavado.

Se ejecuta y se prueba la 37-1 Derivación, en comparación con el **1-2** Reactor convencional.

20 Se solucionan los problemas del resto del 7-5 Proceso para adaptarse al 35-1 Reactor electroquímico. La solución de problemas implica cambios menores en los parámetros del 7-5 Proceso o cambios más importantes como el cambio de composición de la mezcla, o incluso la sustitución de piezas.

59-3 Mantenimiento

En virtud del 7-1 Diseño del dispositivo, el 59-3 Mantenimiento es más conveniente que en los **1-2** Reactores convencionales y electrolizadores convencionales.

25 En comparación con el 1-2 Reactor convencional, la característica de retirar el electrodo de la parte superior del 35-1 Reactor electroquímico novedoso ofrece una ventaja, especialmente para

el 59-3 Mantenimiento porque dicha característica evita el tiempo y la complejidad de drenar y rellenar el tanque de líquidos, lo que permite reducir el tiempo de inactividad y bajar los costos de 59-3 Mantenimiento.

Para realizar el 59-3 Mantenimiento, se realiza el procedimiento de 59-2 Despliegue de forma
5 inversa a como se muestra en la Figura 67. En primer lugar, el suministro de energía para la reacción electroquímica y el 4-1 Electrodo en movimiento se apagan para asegurarse de que se detuvieron ambas reacciones y los movimientos 9-5 Mecánicos. Aunque también se recomienda detener las entradas y salidas de fluidos del 9-20 Recipiente para una consideración más estricta de seguridad del 7-5 Proceso, pueden permanecer encendidas, especialmente si el flujo no es
10 turbulento. Luego, se apaga la campana extractora y se levanta la 9-17 Eliminación de gas del electrodo y se coloca en otro lugar, a la inversa de la 67-5 Instalación de la eliminación de gas. Una diferencia menor con respecto al procedimiento de 59-2 Despliegue es que el sistema de 9-9 Transporte de sólidos puede permanecer en su posición (en lugar de retirarse), mientras que el electrodo se puede levantar con el gato, después de realizar el 67-3 Ajuste de la posición del
15 electrodo a la inversa para quitarlo del tanque, de modo que puede omitirse la etapa de operación de 67-4 Despliegue de transporte de sólidos a la inversa. El 9-13 Soporte con el electrodo levantado puede empujarse como una etapa inversa del 67-2 Despliegue del soporte de electrodos desde el tanque hasta un área adecuada para 59-3 Mantenimiento, lo que incluye, de modo no taxativo, limpieza de la superficie del electrodo y reemplazar partes usadas
20 tales como una hoja roma. El 9-20 Recipiente, sin embargo permanece fijo de modo que pueda omitirse la operación de 67-1 Despliegue del reactor a la inversa para retirar el 9-20 Recipiente. Para facilitar al operador en cuanto al alcance de 59-3 Mantenimiento, el electrodo se puede soltar hacia abajo, según sea necesario, para una consideración ergonómica.

Después del 59-3 Mantenimiento, el electrodo se empuja hacia el 9-20 Recipiente y se coloca en
25 posición de elevación según el 67-2 Despliegue del soporte de electrodos. El procedimiento

posterior para preparar los 35-1 Reactores electroquímicos para su funcionamiento es similar al procedimiento de 59-2 Despliegue.

34-4 Gestión de residuos

Para la 34-4 Gestión de residuos, es necesario instalar el extractor antes que los tanques de alimentación. En algunas implementaciones, se realiza mediante un equipo corriente arriba instalado en el 7-5 proceso electroquímico de 1-8 Polímero corriente arriba para extraer el ingrediente. Para algunas otras implementaciones, es realizado por otra planta de tratamiento de 34-4 Gestión de residuos, que puede ser propiedad de elerGreen, o simplemente subcontratado a otras plantas) y simplemente se transporta a la planta de producción electroquímica de 1-8 Polímeros.

Para muchos casos, se necesita un equipo de purificación corriente arriba para aislar el ingrediente activo en los 5-2 Residuos químicos. Por ejemplo, un tratamiento de los 5-2 Residuos químicos del lodos de pintura podría requerir un aislamiento de etilenglicol.

Ejemplos y experimentación

Experimentación general

Los protocolos implican 3 componentes principales: 1-1 Preparación, Funcionamiento del 35-1 Reactor electroquímico, y Muestreo:

5 **1-1 Preparación:**

La 1-1 Preparación del 1-7 Electrolito implicó mezclar los materiales, a saber, los 1-6 Reactivos líquidos y los solutos sólidos para producir el 1-7 Electrolito con una composición deseada. Si se implica el 68-2 Material B, la mezcla (en un contenedor tal como el 69-1 Vaso) del 68-2 Material B con el 68-1 Material A es la primera etapa de la 1-1 Preparación, especialmente porque, si el 10 68-2 Material B se mezcla primero, la relación estequiométrica entre el 68-1 Material A y el 68-2 Material B puede controlarse fácilmente. El líquido de la mezcla (68-1 Material A y B), o el 68-1 Material A líquido (si el 68-2 Material B no es importante), se mezcla luego (de acuerdo con la composición calculada) con un 31-1 Cosolvente tal como agua si se desea la dilución, especialmente cuando la presencia de diluyente sirve como 31-1 Cosolvente para un soluto 15 sólido. Después de cada mezcla, se aplica agitación mecánica a la mezcla para garantizar que la mezcla se realiza de forma homogénea durante toda la fase líquida.

El líquido del 68-1 Material A, 68-2 Material B (si corresponde) y 31-1 Cosolvente (si corresponde) s mezcla luego con una cantidad ponderada de soluto, en muchos casos, compuestos de sal iónica. En muchos casos, el soluto está en forma sólida, tal como un polvo o gránulos, de modo 20 que la distribución de homogeneidad del sólido no se produce fácilmente. Para este escenario, la mezcla se agita continuamente durante un período de tiempo hasta que se disuelve todo el sólido. Por esta razón, toma más tiempo en lograr una mezcla uniforme debido al proceso de disolución más lento. La mezcla también puede calentarse un poco para acelerar la disolución del sólido, después de lo cual la mezcla se enfría nuevamente a temperatura ambiente.

25 En algunos casos, el soluto está en forma líquida, tal como un líquido iónico donde no se realiza

disolución, entonces el soluto se mezcla con simple agitación mecánica de una manera similar al 68-1 Material A y B, o la mezcla con diluyente.

La composición se cuantifica mediante volumen, peso o moles. Para la cuantificación, el líquido se mide en peso (mediante el uso de una balanza) o en volumen (mediante el uso de un cilindro de medición o un matraz volumétrico, o una combinación), mientras que el sólido se mide en peso.

Funcionamiento del 35-1 Reactor electroquímico:

Para facilitar la medición, la configuración de la reacción se realizó de forma de forma de funcionamiento en lotes en una configuración de reacción en lotes. El experimento consiste en una celda de electrólisis en lotes simple. La configuración experimental consiste en un 9-20 Recipiente de reacción (usualmente un 68-6 Matraz cónico tal como se muestra en la Figura 68, o un 69-1 Vaso tal como se muestra en la Figura 69) que contiene materiales conductores (3-3 Cátodo y 3-2 Ánodo) como 70-1 Electrodo de funcionamiento y 10-1 Contraelectrodo, conectado a un Suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad y sumergido en una mezcla líquida (1-7 Electrolito), con el 1-7 Electrolito agitado de forma continua y, si corresponde, calentado. El 9-20 Recipiente también tiene una 68-9 Tubería conectada a un 68-7 Caudalímetro de burbujas para medir la velocidad de flujo de cualquier gas que se haya liberado de la reacción electroquímica. Tanto el 9-20 Recipiente de reacción como el 68-7 Caudalímetro de burbujas se fijan en su posición sujetándose a un soporte de laboratorio.

Los electrodos consisten en 2 placas conductoras, elaboradas de cobre, níquel, zinc y acero inoxidable, sumergidas en el 1-7 Electrolito en un extremo y conectadas al suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad en el otro extremo. El electrodo conectado al terminal positivo (+) del suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad se conoce como 3-2 Ánodo, mientras que el electrodo conectado al terminal negativo (-) del suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad se conoce como 3-3 Cátodo. El 1-7 Electrolito se agita y calienta normalmente mediante una 68-

5 Barra de agitación magnética y una 68-4 Placa caliente con agitador, respectivamente.

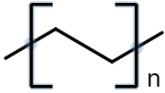
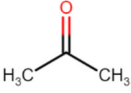
La reacción electroquímica ocurre cuando la corriente eléctrica pasa a través del 1-7 Electrolito.

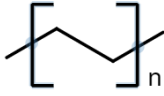
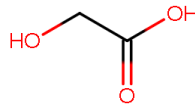
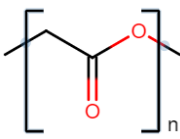
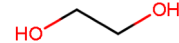
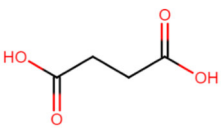
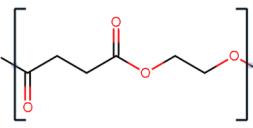
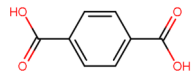
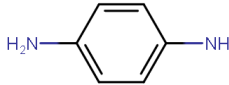
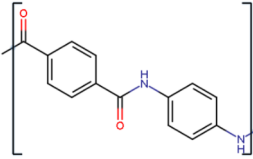
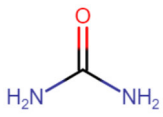
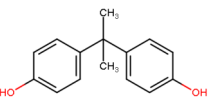
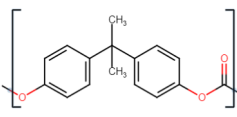
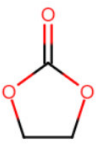
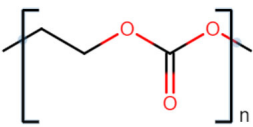
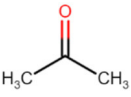
El 1-8 Producto polimérico P, si es sólido, se depositará sobre la superficie del electrodo como 3-5 Depósito de sólidos. Además, se forma un 1-15 Subproducto H como un líquido y se difunde

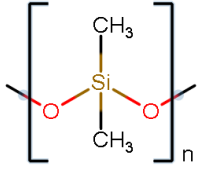
5 en el 1-7 Electrolito. Dependiendo del 1-7 Electrolito usado, el 1-15 Subproducto H puede descomponerse aún más electroquímicamente en gases y terminar liberándose de los electrodos, tal como la división del agua en hidrógeno y oxígeno. Si bien la liberación de gas sería demasiado menor para la inflamabilidad y los gases no son tóxicos, el aparato podría configurarse y ejecutarse con una campana extractora como precaución de seguridad adicional.

10 El 1-7 Electrolito consiste en al menos el 68-1 Material A como 1-6 Reactivos y la 68-3 Sal disuelta para proporcionar conductividad eléctrica para facilitar la reacción electroquímica. Dependiendo del caso específico, puede ser necesario el 68-2 Material B como otros 1-6 Reactivos, o pueden usarse 32-1 Aditivos tales como 31-1 Cosolvente. Los 1-6 Reactivos específicos implicados para cada caso se detallan en la siguiente Tabla 24:

15 Tabla 24 Resumen de ejemplos

68-1 Material A	68-2 Material B	1-8 Polímero P	1-15 Subproducto o H	68-3 Sal disuelta	31-1 Cosolvente
Eteno $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	-	Polietileno 	-	Cloruro de litio LiCl	Acetona 

Etilamina 	-	Polietileno 	6-9 Amoníaco NH_3	Cloruro de litio $LiCl$	Agua H_2O
Ácido glicólico 	-	Ácido poliglicólico 	Agua H_2O	Cloruro de sodio $NaCl$	Agua H_2O
Etilenglicol 	Ácido succínico 	Succinato de polietileno 	Agua H_2O	Cloruro de sodio	Agua H_2O
Ácido tereftálico 	p-fenileno diamina 	Amida de poliarilo 	Agua H_2O	Cloruro de sodio	Agua H_2O
6-1 Urea 	6-2 Bisfenol A 	6-7 Policarbonatos 	6-9 Amoníaco NH_3	Cloruro de sodio	Agua H_2O
Carbonato de etileno 	-	Carbonato de polietileno 	-	Cloruro de litio $LiCl$	Acetona 
Dimetilsilanodi	-	Polisilano/Silicona	Agua	Cloruro	Agua

ol			H_2O	de sodio	H_2O
----	--	---	--------	----------	--------

a. Encendido:

El encendido del 35-1 Reactor electroquímico implicó verter el 1-7 Electrolito preparado en el 9-20 Recipiente de reacción, gradualmente mediante el uso de un embudo de filtro. Los electrodos con 68-8 Tapón se montan en el 9-20 Recipiente de reacción, con el otro extremo del cable del electrodo conectado al suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad. El enchufe del suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad se enciende, con la corriente en el punto de ajuste (funcionamiento de corriente constante) y/o se ajusta el 6-5 Voltaje aplicado (funcionamiento de 6-5 Voltaje aplicado constante) hasta el valor deseado. Otro botón «on» (usualmente presente para precisión de tiempo y seguridad del 7-5 Proceso) en el suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad se enciende luego y se inicia el temporizador (que incluye un cronómetro o incluso un temporizador telefónico) para registrar el tiempo empleado en el reactor.

b. Apagado:

Para apagar el reactor después del experimento, se apaga primero el suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad y se detiene el temporizador, sin un orden en particular. Luego se apaga el calentamiento de la 68-4 Placa caliente con agitador. Después de esto, se apaga el agitador de la 68-4 Placa caliente con agitador. Luego, se apaga el enchufe del suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad, y el reactor se deja enfriar gradualmente hasta alcanzar la temperatura ambiente. Cuando el reactor se enfría hasta una temperatura segura, el electrodo con el 68-8 Tapón se desmonta del reactor. El 1-14 Electrolito usado se vierte luego en un contenedor cerrado etiquetado y se almacena. Finalmente, ambos electrodos con el 68-8 Tapón y el 9-20

Recipiente de reacción se lavan, se secan y se almacenan.

iii) Muestreo y medición:

a. Muestreo:

Para el muestreo, en primer lugar, se detiene el funcionamiento del suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad al apagar el botón «on», al mismo tiempo que se detiene el temporizador. Se registra la hora exacta a la que se ha detenido el temporizador. Luego, se abre el 68-8 Tapón del 9-20 Recipiente y se coloca en un contenedor limpio temporalmente.

Para el muestreo de líquidos, se extrae una pequeña cantidad de 1-14 Electrolito usado del 9-20 Recipiente mediante el uso de un gotero. Luego, el gotero se usa para descargar la muestra del 1-14 Electrolito usado en un vial de muestra. El vial se sella con cuidado y se etiqueta en consecuencia. Si es necesario, el vial se refrigera para conservar la composición.

Para el muestreo del 3-5 Depósito de sólidos, especialmente, el 1-8 Polímero, el 3-5 Depósito de sólidos se raspa del electrodo mediante el uso de un cuchillo de uso general. El 3-5 Depósito de sólidos se recolecta luego en un papel de filtro colocado en el embudo del filtro con un recipiente en la parte inferior (para recolectar el filtrado) y se enjuaga cuidadosamente con agua destilada/desionizada. El 3-5 Depósito de sólidos se deja secar, después de lo cual se recolecta en el vial de muestra.

Después de dicho muestreo, se vuelve a apretar el 68-8 Tapón en el 9-20 Recipiente de reacción. El botón de suministro de energía de CC de 3-1 Electricidad se enciende nuevamente, y se reanuda el temporizador al mismo tiempo.

b. Medición:

Configuración del 68-7 Caudalímetro de burbujas:

Antes de medir el caudal de gas, es necesario configurar el 68-7 Caudalímetro de burbujas para que esté listo. En primer lugar, se agrega el fluido burbujeante (puede ser jabón o detergente diluido con agua) en la bombilla del 68-7 Caudalímetro de burbujas hasta el nivel en el que hay

suficiente fluido en la bombilla pero no demasiado para inundar la salida de gas del reactor. Luego, la bombilla se comprime para inundar temporalmente la salida de gas del reactor y se libera al nivel original de no inundación. Luego, se observa que la capa de burbujas sube hasta la 68-10 Primera marca (0 ml), la 68-11 Marca posterior (usualmente 5 ml) y luego otra 68-11

5 Marca posterior (usualmente 10 ml). Cuando la burbuja sube a la parte superior por primera vez y se revienta, la pared interna del 68-7 Caudalímetro de burbujas se mojará con el fluido (agua con jabón) y estará lista para la medición del caudal de gas.

Medición del caudal de gas:

Para realizar la medición del caudal de gas, después de preparar el 68-7 Caudalímetro de burbujas como se describe, se comprime la bombilla para inundar temporalmente la salida de

10 gas del reactor, y luego, se libera hasta la posición de no inundación. La capa de burbujas subirá lentamente y el temporizador se iniciará una vez que la capa de burbujas suba hasta la 68-10 Primera marca (0 ml). El temporizador se detiene con el tiempo registrado cuando la burbuja sube hasta la segunda (5 ml) o tercera (10 ml) 68-11 Marca posterior. Luego, el caudal de gas

15 puede evaluarse a partir de los datos del 68-7 Caudalímetro de burbujas según la Ecuación 35:

$$F = \frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{t_2}$$

Ecuación 35

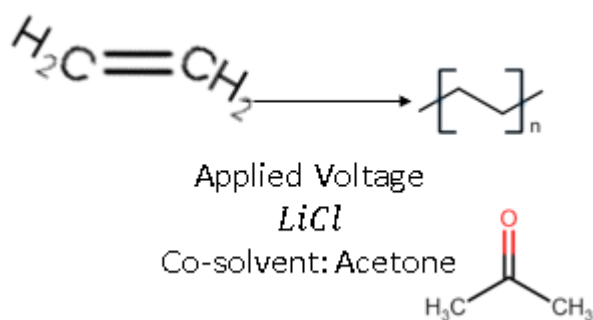
Donde, para este caso $V_1 = 5 \text{ ml}$ y $V_2 = 10 \text{ ml}$.

Cualquiera de las 68-11 Marcas posteriores funcionan siempre que el volumen sea constante,

20 aunque la 68-11 Marca posterior final puede producir una medición más precisa para una incertidumbre relativa menor, debido a que el error de tiempo de reacción humana en la sincronización y el error de paralaje en la lectura de la marca serían relativamente menores en mediciones más grandes.

Ejemplo 1: Etileno

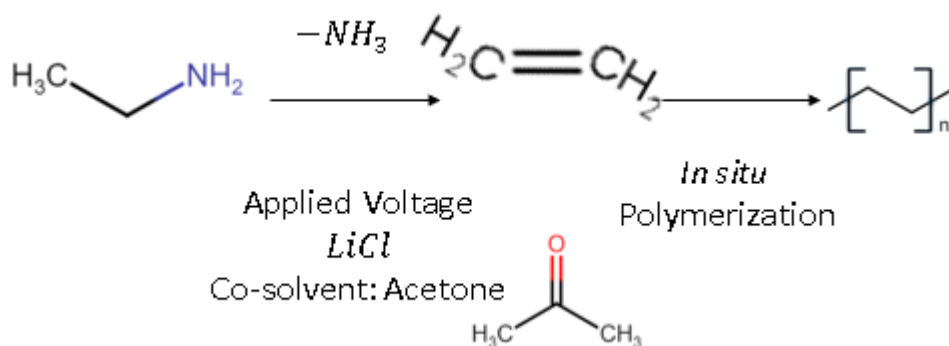
El primer ejemplo es la variante más simple del 7-3 Polímero de adición ilustrado por la Ecuación 36, la polimerización electroquímica del eteno para formar polietileno. Para este caso, el 68-1 Material A es eteno y el 68-2 Material B no es necesario mientras que el 1-8 Polímero P es polietileno y no hay 1-15 Subproducto. Cabe destacar, sin embargo, que no hay 1-15 Subproducto de la vía de reacción de polimerización, pero no otras reacciones laterales. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de litio, LiCl, por su solubilidad en fase orgánica. El 31-1 Cosolvente se elige como acetona por su miscibilidad con eteno:



Ecuación 36

Ejemplo 2: Etilamina

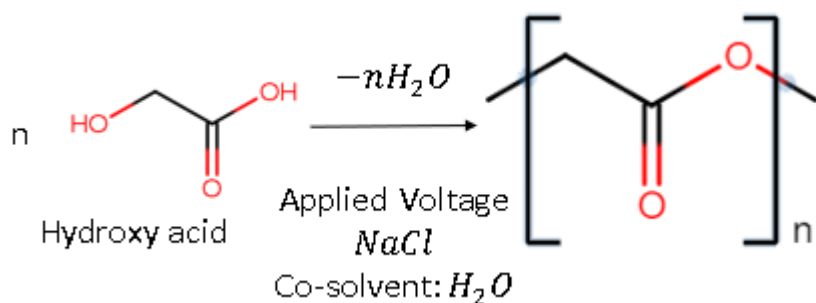
El segundo ejemplo es una variante más compleja del 7-3 Polímero de adición ilustrado por la Ecuación 37, que implica 1-15 Subproducto, la polimerización electroquímica de etilamina para formar polietileno. Para este caso, el 68-1 Material A es etilamina y el 68-2 Material B no es necesario mientras que el 1-8 Polímero P es polietileno, pero esta vez el 1-15 Subproducto es 6-9 Amoníaco. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de litio, LiCl, por su solubilidad en fase orgánica. El 31-1 Cosolvente se elige como acetona por su miscibilidad con etilamina y eteno:



Ecuación 37

Ejemplo 3: Ácido glicólico

El tercer ejemplo es la variante más simple del 7-4 Polímero de condensación ilustrado en la Ecuación 38, que implica las mismas especies de monómeros, la polimerización electroquímica de ácido glicólico para formar ácido poliglicólico. Para este caso, el 68-1 Material A es ácido glicólico y el 68-2 Material B no es necesario, mientras que el 1-8 Polímero P es ácido poliglicólico y el 1-15 Subproducto formado es agua. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de sodio, NaCl, por su solubilidad en fase polar a partir de la abundancia de enlaces hidrógeno de los grupos -OH del ácido glicólico. El 31-1 Cosolvente se elige como agua por su miscibilidad con ácido glicólico:

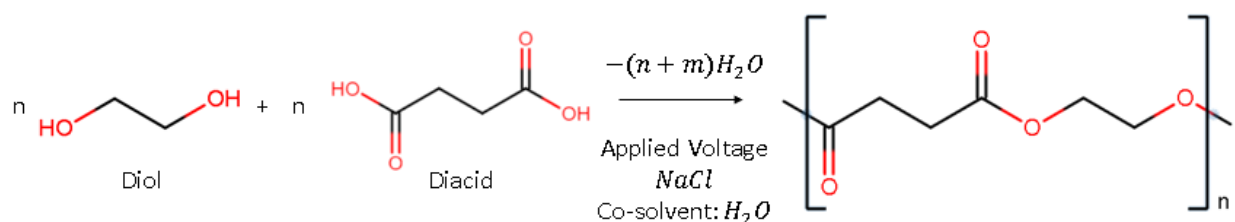


Ecuación 38

Ejemplo 4: Etilenglicol y ácido succínico

El cuarto ejemplo es una variante un poco más compleja del 7-4 Polímero de condensación

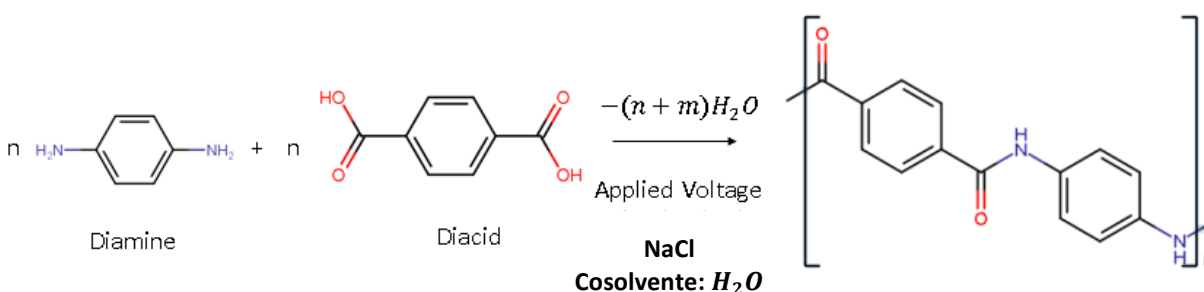
ilustrado en la Ecuación 39, entre 2 especies de monómeros diferentes, la polimerización electroquímica de etilenglicol y ácido succínico para formar succinato de polietileno. Para este caso, el 68-1 Material A es etilenglicol y el 68-2 Material B es ácido succínico, mientras que el 1-8 Polímero P es succinato de polietileno y el 1-15 Subproducto formado es agua. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de sodio, NaCl, por su solubilidad en fase polar a partir de la abundancia de enlaces hidrógeno de los grupos -OH de etilenglicol y ácido succínico. El 31-1 Cosolvente se elige como agua por su miscibilidad con la fase polar de etilenglicol y ácido succínico:



Ecuación 39

Ejemplo 5: *p*-fenileno diamina y ácido tereftálico

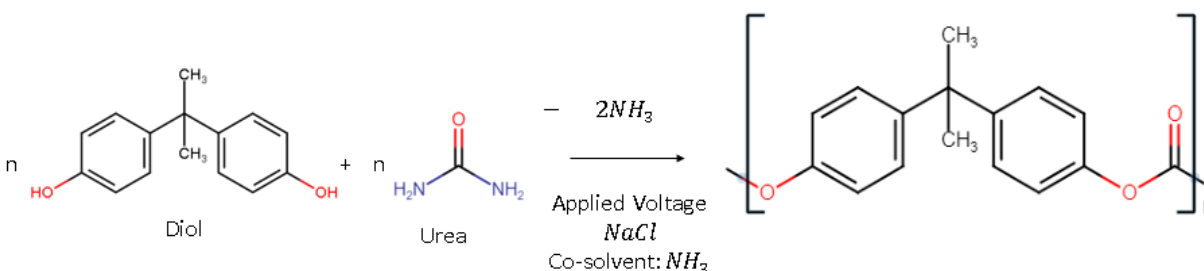
El quinto ejemplo es una variante más compleja del 7-4 Polímero de condensación ilustrado por la Ecuación 40, entre 2 especies de monómeros diferentes y que implica grupos funcionales diferentes al grupo -OH, la polimerización electroquímica de *p*-fenileno diamina y ácido tereftálico para formar amida de poliarilo. Para este caso, el 68-1 Material A es *p*-fenileno diamina y el 68-2 Material B es ácido tereftálico, mientras que el 1-8 Polímero P es amida de poliarilo y el 1-15 Subproducto formado es agua. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de sodio, NaCl, por su solubilidad en fase polar a partir de la abundancia de enlaces hidrógeno de los grupos -OH del ácido tereftálico y los grupos -NH de la *p*-fenileno diamina. El 31-1 Cosolvente se elige como agua por su miscibilidad con la fase polar de *p*-fenileno diamina y ácido tereftálico:



Ecuación 40

Ejemplo 6: 6-2 Bisfenol A y 6-1 Urea

El sexto ejemplo es una variante aún más compleja del 7-4 Polímero de condensación descrito por la Ecuación 41, entre 2 especies de monómeros diferentes, grupos funcionales distintos al grupo -OH y sin el agua como 1-15 Subproducto, la polimerización electroquímica de 6-2 Bisfenol A y 6-1 Urea para formar 6-7 Policarbonatos. Para este caso, el 68-1 Material A es 6-2 Bisfenol A y el 68-2 Material B es 6-1 Urea, mientras que el 1-8 Polímero P es 6-7 Policarbonatos y el 1-15 Subproducto formado es 6-9 Amoníaco. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de sodio, NaCl, por su solubilidad en fase polar a partir de la abundancia de enlaces hidrógeno de los grupos -OH de 6-2 Bisfenol A y los grupos -NH de 6-1 Urea. El 31-1 Cosolvente se elige como 6-9 Amoníaco por su miscibilidad con la fase polar de 6-2 Bisfenol A y 6-1 Urea:

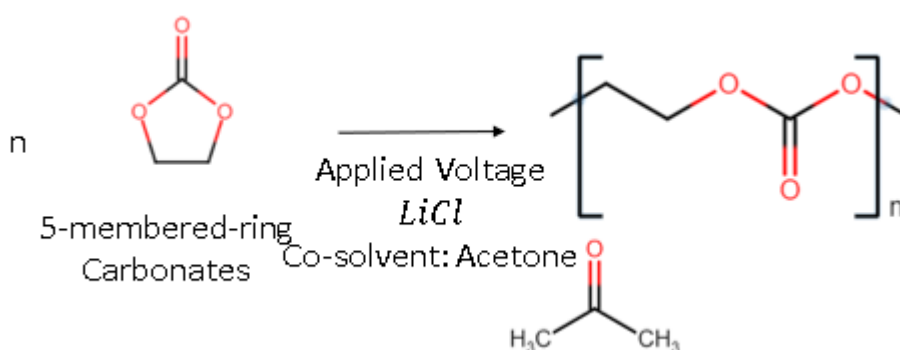


Ecuación 41

Ejemplo 7: Carbonato de etileno

El séptimo ejemplo es una variante exótica aunque simple del 7-4 Polímero de condensación descrito por la Ecuación 42, que implica la apertura del anillo de la misma especie de monómero,

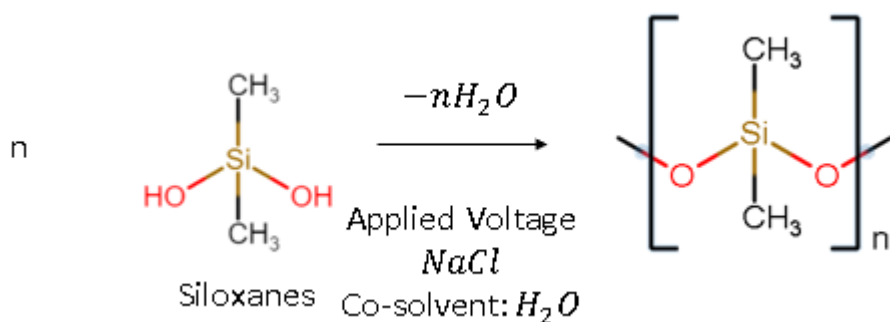
la polimerización electroquímica de carbonato de etileno para formar carbonato de polietileno. Para este caso, el 68-1 Material A es carbonato de etileno y el 68-2 Material B no es necesario mientras que el 1-8 Polímero P es carbonato de polietileno y no hay 1-15 Subproducto. Cabe destacar, sin embargo, que no hay 1-15 Subproducto de la vía de reacción de polimerización, pero no otras reacciones laterales. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de litio, LiCl, por la solubilidad predominantemente en fase orgánica del carbonato de etileno. El 31-1 Cosolvente se elige como acetona por su miscibilidad con carbonato de etileno:



Ecuación 42

Ejemplo 8: Dimetilsilanodiol

El octavo ejemplo es una variante exótica de manera diferente, aunque simple, del 7-4 Polímero de condensación descrito por la Ecuación 43, que implica 33-14 Heteroátomos: Polisiloxanos, Polisulfona, Polifosfato, polinitrato, 33-15 Polisiloxanos. 7-4 Polímero de condensación donde el átomo adyacente de la cadena principal del monómero no es un átomo de carbono, la polimerización electroquímica de dimetilsilanodiol para formar 33-15 Polisiloxanos. Para este caso, el 68-1 Material A es dimetilsilanodiol y el 68-2 Material B no es necesario mientras que el 1-8 Polímero P es 33-15 Polisiloxanos y el 1-15 Subproducto es agua. La 68-3 Sal disuelta conductora se elige como cloruro de sodio, NaCl, por su solubilidad en fase polar a partir de la abundancia de enlaces hidrógeno de los grupos -OH de dimetilsiloxanos. El 31-1 Cosolvente se elige como agua por su miscibilidad con dimetilsiloxanos:



Ecuación 43

Resumen de observaciones

La Figura 70 resume las observaciones de las reacciones realizadas mediante el uso de las reacciones de ejemplo. Durante la reacción, el 1-8 Polímero se encuentra en el 70-1 Electrodo de funcionamiento, usualmente como 3-5 Depósito de sólidos a la izquierda que se pueden eliminar. Sin embargo, si el 1-8 Polímero se encuentra en forma líquida o es soluble en la fase del 1-7 Electrolito como 70-2 Polímero líquido, el 70-2 Polímero líquido podría simplemente difundirse en el 1-7 Electrolito. Dependiendo del tipo de 1-8 Polímero, difiere la resistencia de adhesión a la superficie del electrodo. Para algunos, el 3-5 Depósito de sólidos se cae al agitarse ligeramente, mientras que para otros, se necesita un material duro, tal como un fórceps o un cuchillo para raspar el 3-5 Depósito de sólidos de la superficie.

Algunas 70-3 Burbujas de gas también se forman en la superficie del 3-2 Ánodo y el 3-3 Cátodo. Para la mayoría de los casos, el 3-3 Cátodo tiene 70-3 Burbujas de gas más pequeñas pero más intensas que el 3-2 Ánodo. Esto se debe a que el 3-3 Cátodo libera más moles de gas que el 3-2 Ánodo, por la naturaleza estequiométrica de las muchas reacciones de liberación de gas. Por ejemplo, el derrame de agua en la Ecuación 44 a menudo ocurre cuando hay agua presente en el 1-7 Electrolito, ya sea como 1-15 Subproducto H o como cosolvente:



Ecuación 44

El 1-15 Subproducto H usualmente es transparente y solo puede verse como una corriente de líquido transparente (visible debido al diferente índice de refracción del 1-7 Electrolito), que se difunde en el 1-7 Electrolito. Tal como puede observarse, en dicha reacción, el 3-3 Cátodo puede tener una mayor liberación de gas que el 3-2 Ánodo.

5 **Resultados y análisis**

Los productos se pueden identificar mediante métodos de análisis químico tales como GC-MS (Cromatografía de gases-espectrometría de masas), FTIR (Espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier) y UV-Vis (Espectroscopia de luz ultravioleta visible).

10 Tal como se muestra en la Figura 71, la identificación funciona comparando los espectros, que son una señal contra el parámetro de exploración, entre el 1-7 Electrolito, el 1-14 Electrolito usado y el Producto conocido. Surgen señales de las reacciones que corresponden a especies conocidas. Dicha comparación puede cuantificarse aún más en concentración C , que puede usarse luego para evaluar la conversión que puede evaluarse mediante la Ecuación 45:

$$X = \frac{CV - C_0V_0}{C_0V_0} \times 100\%$$

15 **Ecuación 45**

Donde V es el volumen final del 1-7 Electrolito, V_0 es el volumen inicial del 1-7 Electrolito y C_0 es la concentración del Material A en el 1-7 Electrolito preparado inicialmente. De hecho, debido a la naturaleza de la fase líquida del sistema, el volumen final del 1-7 Electrolito no cambió significativamente con respecto al volumen inicial.

20 La conversión X puede compararse luego, tal como se muestra en la Figura 72, contra la carga acumulada Q . La carga acumulada es simplemente la carga eléctrica total que pasó a través del 35-1 Reactor electroquímico. Suponiendo una operación de experimentación de corriente constante, la carga acumulada sería simplemente la corriente multiplicada por el tiempo según la Ecuación 46:

$$Q = It$$

Ecuación 46

Cabe destacar que la conversión es lineal a una carga acumulada baja, pero posteriormente, se da una meseta a una carga acumulada alta. Esto se debe a que la conversión también está limitada por la concentración de los 1-6 Reactivos en el 9-20 Recipiente. Con una carga acumulada baja, tal efecto de concentración no es significativo, por lo que la línea parece ser lineal. Con una carga acumulada alta, la reacción ha agotado los 1-6 Reactivos significativos, de modo que la concentración disminuye de forma significativa y suficiente para reducir la reactividad de los 1-6 Reactivos.

El mol reaccionado se evalúa simplemente según la Ecuación 47:

$$N = CV - C_0V_0 = C_0V_0X$$

Ecuación 47

El número de electrones se puede evaluar a partir de la carga acumulada según la Ecuación 48:

$$n_e = \frac{Q}{F} = \frac{It}{F}$$

Ecuación 48

Donde $F \approx 96485 \text{ C/mol}$ es la constante de Faraday, que representa el número de cargas por mol de electrones. El número de electrones por reacción puede obtenerse del gradiente de la Figura 73.

Por otro lado, el gráfico del voltaje aplicado sigue una relación generalmente lineal con la corriente en la Figura 74. Por debajo del voltaje umbral, no se producirá ninguna reacción porque no se ha superado la barrera de energía de la reacción. Por encima del voltaje umbral, el 6-5 Voltaje aplicado contra la corriente sigue una relación lineal bajo el rango operativo, tal como se muestra en la Figura 74. El gradiente del gráfico representa la resistencia del 35-1 Reactor

electroquímico. Cuanto mayor sea el gradiente, mayor será el aumento del 6-5 Voltaje aplicado para la corriente requerida, mayor será la energía eléctrica disipada al calentamiento resistivo del 35-1 Reactor electroquímico (especialmente, el 1-7 Electrolito) mediante calentamiento. Por lo tanto, una consideración de diseño para este tipo de 35-1 Reactores electroquímicos implicaría

5 reducir la resistencia eléctrica del 1-7 Electrolito para reducir la disipación de energía como calor.

Por último, el caudal de gas con respecto a la corriente sigue una relación generalmente lineal, tal como se muestra en la Figura 75. Esto es razonable considerando que la velocidad de liberación del gas, por estequiometría, es directamente proporcional a la corriente que pasa a través de los electrodos.

10 **Lista de citas**

- [1] P. R. Gruber, E. S. Hall, J. J. Kolstad, M. L. Iwen, R. D. Benson y R. L. Borchardt, «Continuous process for manufacture of lactide polymers with purification by distillation». Estados Unidos de América patente 5,357,035, 16 de setiembre de 1993.
- [2] R. M. Manyik, W. E. Walker y T. P. Wilson, «Continuous processes for the production of ethylene polymers and catalysts suitable therefor». Estados Unidos de América patente 3,300,458, 19 de agosto de 1963.
- [3] T. Maruyama and K. Ueno, «Process for the production of aromatic polyesters from hydroxybenzoic acid and products thereof». Estados Unidos de América patente 4,075,173, 28 de enero de 1977.
- [4] H. Salamanca, «Robot system and method for cathode stripping in electrometallurgical and industrial processes». Estados Unidos de América patente 11/598,145, 13 de noviembre de 2006.
- [5] P. M. Jasberg, «Process for stripping metal from a cathode». Estados Unidos de América

patente 3,501,385, 8 de mayo de 1967.

[6] H. Naarmann, «Electrochemical polymerization of pyrroles, an anode for carrying this out, and products obtained by this procedure» Estados Unidos de América patente 4,547,270, 23 de julio de 1984.

[7] Y. Wei, G.-W. Jang y C.-C. Chan, «Polymerization of thiophene and its derivatives». Estados Unidos de América patente 4,986,886, 30 de mayo de 1990.