



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar las gracias a mis tutoras del Trabajo, Montserrat García Gabaldón y Emma María Ortega Navarro. Gracias por vuestra paciencia infinita, por confiar en mí y por la ayuda constante.

Gracias a la gente del departamento, por animarme siempre, y seguir de cerca mis progresos, especialmente a César por el tiempo que ha pasado explicándome todo a la perfección, por su paciencia y por los madrugones.

Gracias a mi madre, a mi padre y a mi hermano que han hecho que de mí lo que soy, por confiar en mí, por apoyarme, por animarme, por ayudarme en todo momento y por hacerme desconectar cuando vuelvo a casa. Gracias a toda mi familia porque siempre he recibido de vosotros ánimos y felicitaciones.

Gracias también a, Àngela, Aina y Queralt, porque más que compañeras nos hemos hecho amigas. Gracias por toda la ayuda en lo académico y más todavía en lo personal, y por todos los momentos dentro y fuera de clase. Sin vosotras no hubiera sido lo mismo.

Quiero dar las gracias a personas muy especiales, Gloria, Pilar, Paula, Andrea y Arturo, porque todo hubiera costado mucho más sin vuestro apoyo y sin los momentos de desconexión. Gracias por aguantarme las pataletas, los enfados y por escuchar las cosas que os explicaba y ni siquiera entendíais.

Y por último dar las gracias a todas esas personas que de una forma u otra habéis estado en mi vida durante estos cuatro años, porque entre todos me habéis hecho sentir que soy capaz de esto y mucho más.

INDICE DOCUMENTO I: MEMORIA

CAPÍTULO I: OBJETIVO

1. OBJETIVO.....		7
------------------	--	---

CAPÍTULO II: INTRODUCCIÓN

1. EL CROMO.....		13
1.1 Propiedades del Cromo.....		13
1.2 Obtención del Cromo y Abundancia.....		15
1.3 Aplicaciones del Cromo.....		16
2. AGUAS DE LAVADO PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES.....		16
2.1 Descripción General del Proceso.....		16
2.2 Etapas del Cromado y Efluentes Generados.....		19
2.2.1 Etapa de Activación.....		19
2.2.2 Tratamiento de la Superficie.....		19
2.2.3 Lavado y Aclarado de las Piezas.....		20
3. PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LAVADO POR LA PRESENCIA DEL CROMO.....		21
3.1 Efectos en la Salud.....		21
3.2 Efectos en el Medio Ambiente.....		22
4. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE BAÑOS DE LAVADO AGOTADOS EN INDUSTRIAS DE CROMADO.....		23
4.1 Enjuagues de Recuperación.....		23
4.2 Ósmosis Inversa.....		23
4.3 Precipitación Química.....		23
4.4 Resinas de Intercambio Iónico.....		24
4.5 Evaporación con Recuperación del Arrastre.....		24
4.6 Electrodialisis.....		24
5. ELECTRODIÁLISIS.....		24
5.1 Descripción de la técnica.....		25
5.2 Membranas de Intercambio Iónico.....		27
5.3 Conceptos teóricos.....		31
5.3.1 Propiedades de Transporte de una Membrana de Intercambio Iónico.....		31
5.3.2 Mecanismos de Transporte.....		32
5.3.3 Concepto de Intensidad de Corriente Límite.....		33
6. MEMBRANAS CERÁMICAS.....		35
6.1 Composición y estructura.....		36
6.2 Membranas cerámicas impregnadas con óxidos de zirconio.....		38

CAPÍTULO III: TÉCNICAS EMPLEADAS

1. TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS.....	45
1.1 Cronopotenciometría.....	45
1.1.1 Curvas de Polarización.....	48
1.2 Ensayos de Larga Duración.....	49
2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	51
2.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	51
2.1.1 Rectas de Calibrado.....	53

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. CRONOPOTENCIOMETRÍA.....	59
1.1 Montaje Experimental.....	59
1.2 Método de Ensayo.....	61
1.3 Condiciones de ensayo.....	61
2. ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN.....	62
2.1 Montaje Experimental.....	62
2.2 Método de Ensayo.....	63
2.3 Condiciones de ensayo.....	63
3. ESPECTOFOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	64

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CRONOPOTENCIOMETRÍA Y CURVAS DE POLARIZACIÓN.....	71
2. ENSAYOS DE LARGA DURACION.....	75
2.1 Efecto de la intensidad aplicada.....	78
2.2 Efecto del número de impregnaciones.....	91

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. CONCLUSIONES.....	103
----------------------	-----

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
------------------------------------	-----

ANEXOS

ANEXO 1: CRONOPOTENCIÓGRAMAS.....	111
ANEXO 2: RECTAS DE CALIBRADO.....	117
ANEXO 3: FICHAS DE SEGURIDAD.....	127

INDICE DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	167
2. CUADRO DE PRECIOS DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	167
2.1 Material de Laboratorio.....	167
2.1.1 <i>Reactivos</i>	167
2.1.2 <i>Material Auxiliar de Laboratorio</i>	168
2.1.3 <i>Dispositivos de Medida Auxiliares</i>	168
2.1.4 <i>Coste Total del Material de Laboratorio</i>	168
3. EQUIPOS EMPLEADOS.....	169
3.1 Equipo Empleado en la Electrodeposición.....	169
3.2 Equipo Empleado para las Técnicas de Análisis.....	169
4. CUADRO DE PRECIOS DE LA MANO DE OBRA.....	170
5. GESTIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS.....	170
6. PRESUPUESTO TOTAL.....	171

Documento I: Memoria

INDICE MEMORIA

CAPÍTULO I: OBJETIVO

1. OBJETIVO	7
-------------------	---

CAPÍTULO II: INTRODUCCIÓN

1. EL CROMO	13
1.1. Propiedades del Cromo	13
1.2. Obtención del Cromo y Abundancia	15
1.3. Aplicaciones del Cromo	16
2. AGUAS DE LAVADO PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES	16
2.1. Descripción General del Proceso	16
2.2. Etapas del Cromado y Efluentes Generados	19
2.2.1. Etapa de Activación	19
2.2.2. Tratamiento de la Superficie	19
2.2.3. Lavado y Aclarado de las Piezas	20
3. PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LAVADO POR LA PRESENCIA DEL CROMO	21
3.1. Efectos en la Salud	21
3.2. Efectos en el Medio Ambiente	22
4. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE BAÑOS DE LAVADO AGOTADOS EN INDUSTRIAS DE CROMADO	23
4.1. Enjuagues de Recuperación	23
4.2. Ósmosis Inversa	23
4.3. Precipitación Química	23
4.4. Resinas de Intercambio Iónico	24
4.5. Evaporación con Recuperación del Arrastre	24
4.6. Electrodiálisis	24
5. ELECTRODIÁLISIS	24
5.1. Descripción de la técnica	25
5.2. Membranas de Intercambio Iónico	27
5.3. Conceptos teóricos	31
5.3.1. Propiedades de Transporte de una Membrana de Intercambio Iónico	31

5.3.2.	<i>Mecanismos de Transporte</i>	32
5.3.3.	<i>Concepto de Intensidad de Corriente Límite</i>	33
6.	MEMBRANAS CERÁMICAS.....	35
6.1.	Composición y estructura	36
6.2.	Membranas cerámicas impregnadas con óxidos de zirconio	38

CAPÍTULO III: TÉCNICAS EMPLEADAS

1.	TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS.....	45
1.1.	Cronopotenciometría.....	45
1.1.1.	<i>Curvas de Polarización</i>	48
1.2.	Ensayos de Larga Duración.....	49
2.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	51
2.1.	Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	51
2.1.1.	<i>Rectas de Calibrado</i>	53

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1.	CRONOPOTENCIOMETRÍA.....	59
1.1.	Montaje Experimental.....	59
1.2.	Método de Ensayo	61
1.3.	Condiciones de ensayo.....	61
2.	ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN.....	62
2.1.	Montaje Experimental.....	62
2.2.	Método de Ensayo	63
2.3.	Condiciones de ensayo.....	63
3.	ESPECTOFOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	64

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.	CRONOPOTENCIOMETRÍA Y CURVAS DE POLARIZACIÓN	71
2.	ENSAYOS DE LARGA DURACION.....	75
2.1.	Efecto de la intensidad aplicada.....	78
2.2.	Efecto del número de impregnaciones	91

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. CONCLUSIONES 103

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 107

ANEXOS

ANEXO 1: CRONOPOTENCIÓGRAMAS..... 111

ANEXO 2: RECTAS DE CALIBRADO 117

ANEXO 3: FICHAS DE SEGURIDAD 127

CAPÍTULO I:

OBJETIVO

1. OBJETIVO

Este Trabajo Final de Grado, TFG, consiste en el estudio de la recuperación del cromo presente en los efluentes de las industrias de tratamiento desuperficies mediante la técnica de electrodiálisis. En este campo, el propósito concreto del trabajo es la caracterización de membranas cerámicas de intercambio aniónico empleadas para su aplicación en la recuperación del cromo presente en las aguas de enjuague de la industria del cromado.

Estas membranas cerámicas de intercambio aniónico se han diseñado combinando las ventajas de los materiales cerámicos y las propiedades selectivas de las membranas de intercambio iónico convencionales. El óxido de zirconio es el material que dota al soporte cerámico de los grupos intercambiadores de iones.

Por tanto se van a estudiar las propiedades de transporte de estas membranas y el efecto que tiene el número de impregnaciones de óxidos de zirconio sobre la selectividad de las mismas.

Simultáneamente a la recuperación del cromo, se va a estudiar la eliminación del níquel del baño agotado, ya que se trata de una especie comúnmente encontrada en este tipo de baño junto con el Cr(VI). De este modo el Cr(VI) quedaría sin impurezas y podría ser reintroducido en el proceso. Además, el baño inicialmente agotado, ya descontaminado, podría ser reutilizado para enjuague de piezas.

El objetivo final es llegar a conocer la selectividad de la membrana aniónica cerámica impregnada con óxido de zirconio, el impacto que el número de impregnaciones tiene sobre el proceso así como las variaciones en el paso de iones a través de la membrana debido a variaciones en la intensidad aplicada y además, hallar diferentes parámetros de interés, para discernir si la electrodiálisis con este tipo de membranas es una técnica eficaz para recuperar el cromo presente en dichos efluentes, al tiempo que se elimina el Ni(II) mediante una membrana polimérica de intercambio catiónico convencional.

El trabajo de investigación se ha desarrollado íntegramente en el Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universitat Politècnica de Valencia, donde la electroquímica es una de las líneas de investigación más explotadas. Por ello, mediante este Trabajo Final de Grado, se pretende aportar resultados de interés y abrir nuevas vías de investigación en este campo.

CAPÍTULO II: INTRODUCCIÓN

1.	EL CROMO	13
1.1.	Propiedades del Cromo	13
1.2.	Obtención del Cromo y Abundancia	15
1.3.	Aplicaciones del Cromo	16
2.	AGUAS DE LAVADO PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES	16
2.1.	Descripción General del Proceso	16
2.2.	Etapas del Cromado y Efluentes Generados	19
2.2.1.	<i>Etapas de Activación</i>	19
2.2.2.	<i>Tratamiento de la Superficie</i>	19
2.2.3.	<i>Lavado y Aclarado de las Piezas</i>	20
3.	PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LAVADO POR LA PRESENCIA DEL CROMO	21
3.1.	Efectos en la Salud	21
3.2.	Efectos en el Medio Ambiente	22
4.	TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE BAÑOS DE LAVADO AGOTADOS EN INDUSTRIAS DE CROMADO	23
4.1.	Enjuagues de Recuperación	23
4.2.	Ósmosis Inversa	23
4.3.	Precipitación Química	23
4.4.	Resinas de Intercambio Iónico	24
4.5.	Evaporación con Recuperación del Arrastre	24
4.6.	Electrodialisis	24
5.	ELECTRODIÁLISIS	24
5.1.	Descripción de la técnica	25
5.2.	Membranas de Intercambio Iónico	27
5.3.	Conceptos teóricos	31
5.3.1.	<i>Propiedades de Transporte de una Membrana de Intercambio Iónico</i>	31
5.3.2.	<i>Mecanismos de Transporte</i>	32
5.3.3.	<i>Concepto de Intensidad de Corriente Límite</i>	33
6.	MEMBRANAS CERÁMICAS	35
6.1.	Composición y estructura	36
6.2.	Membranas cerámicas impregnadas con óxidos de zirconio	38

1. EL CROMO

1.1. Propiedades del Cromo

El Cromo es un elemento químico de transición del grupo VI, cuyo símbolo es Cr, que se encuentra en estado sólido en la naturaleza formando parte de las rocas. Es un metal de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. En la *Tabla II.1* se recogen alguna de las propiedades fisicoquímicas del cromo.

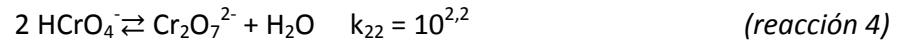
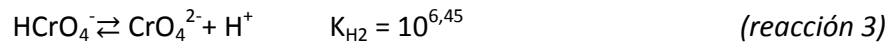
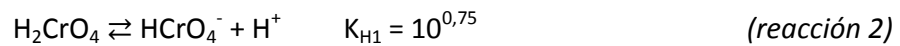
Tabla II.1: Características fisicoquímicas del cromo

Numero atómico	24
Masa atómica (g/mol)	51,996
Densidad (g/ml)	7,19
Punto de fusión (°C)	1875
Punto de ebullición (°C)	2665
Valencia	2,3,4,5,6
Estado de oxidación más frecuente	+3, +6
Radio covalente (Å)	1,27
Radio atómico (Å)	1,27
Radio iónico (Å)	0,69
Electronegatividad	1,6
Configuración electrónica	[Ar]3d ⁵ 4s ¹
Primer potencial de ionización (eV)	6,8
Descubridor	Vaughlin en 1797

Los principales estados de oxidación del cromo son +6 (compuestos altamente oxidantes), +3 y +2 (estos dos últimos muy estables). Se conocen unos pocos compuestos con estados de oxidación +4 y +5 debido a su inestabilidad. El cromo en la naturaleza se encuentra casi exclusivamente en forma de mineral y es denominado cromita.

Por una parte a temperaturas ordinarias, el cromo metal es resistente al ataque químico (aunque se disuelve en HCl diluido y H₂SO₄) y posee una elevada resistencia a la corrosión debido a la formación de una fina capa de óxido de cromo adherido a la superficie que impide el avance de la corrosión.

El compuesto que se utiliza en el presente Trabajo Final de Grado es el denominado óxido de cromo, CrO₃. En primer lugar el CrO₃ en disolución acuosa forma ácido crómico según la *reacción (1)* y a continuación se forman diferentes aniones según las *reacciones (2), (3) y (4)*, implicando la liberación de protones.



A continuación se muestra en la *Figura II.1* el diagrama de distribución de especies de Cr(VI) en función del valor de pH, para una concentración inicial del mismo de 0,1M.

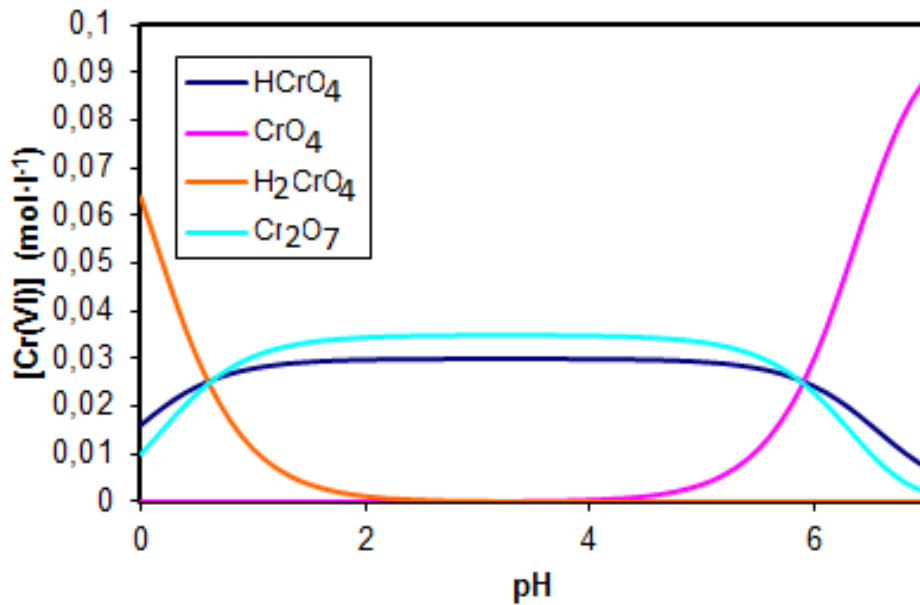


Figura II.1: Diagrama de distribución de especies de Cr(VI) en función del valor de pH para concentraciones iniciales de $[\text{CrO}_3] = 10^{-1}\text{M}$.

1.2. Obtención del Cromo y Abundancia

El cromo es uno de los elementos más difundidos en la naturaleza en forma de cromita (FeCr_2O_4), representada en la *Figura II.2*, especialmente en depósitos situados en Kazajistán y el sur de África. Para la obtención del elemento es necesario calentar el mineral en presencia de silicio o aluminio.



Figura II.2: Fotografía del mineral cromita (FeCr_2O_4)

Como impureza, el cromo se encuentra en muchos minerales como el rubí, crisoberilo, granate, piroxenos, esmeralda, anfíboles y talcos.

Las fuentes naturales de cromo en el aire incluyen emisiones volcánicas, incendios forestales, aerosoles marinos y restos vegetales. Por otra parte, la principal fuente antropogénica de cromo en la atmósfera abarca torres de refrigeración, chapado de cromo, combustión de fuel, incineración de basura, refinado de cromita, producción química de cromo y ferrocromo, fabricación de aceros especiales y cemento. A menor escala también se incluyen el desgaste de neumáticos y revestimientos de freno, así como las tintas de fotocopiadores en ambientes cerrados.

En ambientes acuáticos las principales emisiones de cromo pertenecen a la industria de curtidos, torres de refrigeración, aceros, fundiciones no ferrosas, operaciones de chapado y acabado metálico, plantas de producción de asbestos y de espejos. Otros vertidos provienen de tratamientos de pulpa y papel, fábricas de cementos y fertilizantes, plantas textiles e industrias petroquímicas.

1.3. Aplicaciones del Cromo

Una de las aplicaciones más relevantes del cromo es la producción de acero, mediante el cual se pretende dotar al acero de fortaleza a altas temperaturas, dureza a baja temperatura, solidez, resistencia a la corrosión y a la oxidación. El acero inoxidable es aquel que posee más de un 12% de cromo, aunque las propiedades antioxidantes del cromo se aprecian a partir del 5% de concentración. En forma de cromita se utiliza para un tipo especial de acero, el molten, utilizado en los procesos de fundición del hierro. En forma de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) se usa ampliamente en la industria química para la limpieza de material de laboratorio y en análisis volumétricos, como agente valorante. También se emplea para proteger los metales contra la corrosión y para mejorar la adherencia de la pintura, entre otros muchos usos.

Por otra parte es esencial en la industria aeroespacial y de aviación porque dota a los materiales de bajo peso, dureza, alta resistencia con larga vida, es decir, proporciona materiales resistentes a la fatiga. Aproximadamente un 80% de la producción de cromo que se usa en aviación se utiliza concretamente en la fabricación de motores de jet. Cabe destacar, además, la existencia de superaleaciones que contienen grandes cantidades de cromo, níquel y cobalto, usadas en engranajes de maquinaria, herramientas de resistencia y en partes de máquinas que requieren altísima durabilidad y resistencia.

Además en industrias de curtición, el cromo es empleado para la estabilización de pieles favoreciendo el entrecruzamiento de las moléculas de colágeno. Y debido a sus propiedades cromáticas se emplea en la formulación de tintas y pigmentos, especialmente, amarillo.

El cromo tiene infinidad de usos y aplicaciones aunque, aproximadamente el 90% del cromo producido en todo el mundo se utiliza en la industria metalúrgica en baños fuertemente concentrados de ácido crómico (concentraciones entre 180 y 350 g/l).

2. AGUAS DE LAVADO PROVENIENTES DE LAS INDUSTRIAS DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

2.1. Descripción General del Proceso

En las operaciones de cromado el material de recubrimiento proviene de la disolución presente en los baños electrolíticos. Por ello, la concentración en cromo del baño se reduce progresivamente y debe ser repuesto, siendo básicamente el cromo depositado a partir de disoluciones acuosas de trióxido de cromo.

Además del ácido crómico (o trióxido de cromo) se requiere la utilización de catalizadores en base sulfatos y/o fluoruros. El proceso de deposición del cromo es complejo y existen distintos estudios sobre los mecanismos implicados y la influencia de los catalizadores empleados en el proceso.

Las reacciones que las industrias de tratamiento de superficies toman en consideración son las que se indican a continuación. En el cátodo, a medida que aumenta el potencial de celda, se producen en primer lugar la reducción del Cr(VI) a Cr(III), a continuación la reducción del agua y posteriormente la electrodeposición de cromo, tal como se muestra en las *reacciones (5)-(7)*.



Una estimación generalizada es que aproximadamente el 10% de la corriente suministrada durante el cromado es consumida en la reducción a cromo trivalente. Por otra parte, la cantidad de corriente empleada en la generación de hidrógeno depende de la composición del baño. El cátodo está constituido por la pieza a recubrir mientras que los ánodos que se emplean en el cromado electrolítico suelen ser de plomo, plomo-antimonio o de grafito. Es conveniente que el ánodo posea al menos diez veces más superficie que la pieza a recubrir con el fin de controlar la cantidad de Cr^{3+} en el baño.

La calidad del recubrimiento obtenido depende de la eficacia catódica del proceso. Normalmente los valores de eficacia de corriente en los baños de cromado electrolítico suelen ser menores que los del resto de metalizados con valores que oscilan entre 6-16%, obteniéndose con los baños más diluidos los máximos valores. Es por el hecho del aumento de los contaminantes en el baño de tratamiento de la superficie que es necesario la reposición periódica de los baños para obtener el acabado deseado de las piezas.

En cuanto a los efectos de la temperatura en la homogeneidad del depósito de las piezas y en el brillo obtenido en toda su superficie, se requiere una uniformidad en las temperaturas, puesto que la temperatura y la densidad de corriente están estrechamente relacionadas, tal como se observa en la *Figura II.3* para un proceso de cromado decorativo en las condiciones que se indican en dicha figura. Por este motivo, se suele precalentar los objetos a recubrir mediante su inmersión previa en los baños de cromado en ausencia de imposición de corriente. Del mismo modo, se requiere una agitación constante en el baño con el fin de conseguir una homogeneidad en la temperatura.

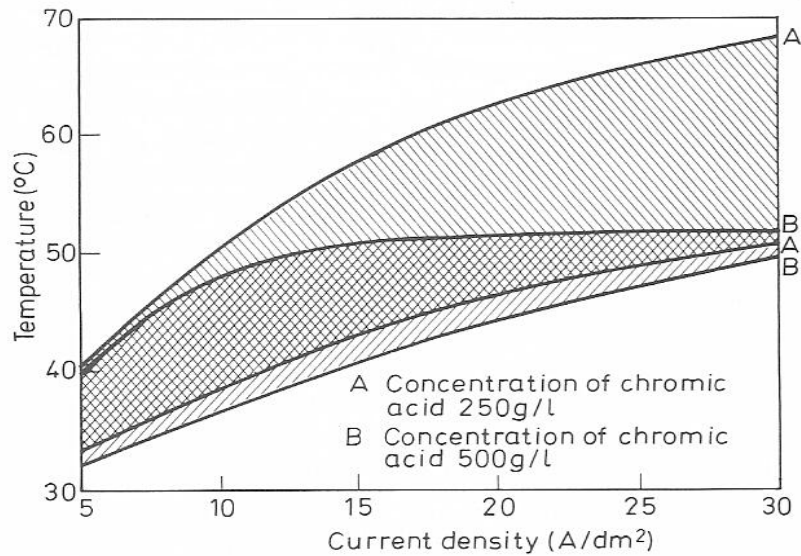


Figura II.3: Efecto de la temperatura y la densidad de corriente sobre el cromado decorativo en el rango de concentraciones de 250-500 g/l empleando un cátodo de acero.

Además del interés en implementar un proceso eficiente desde el punto de vista energético, las electrodeposiciones llevadas a cabo con bajas eficiencias implican la liberación simultánea de cantidades elevadas de hidrógeno en el cátodo. Esta reacción secundaria implica la posibilidad de fragilización del metal sustrato. También comporta un recubrimiento pobre en las zonas de bajas densidades de corriente y una acumulación excesiva de cromo en las zonas expuestas a elevadas densidades de corriente. En los casos en que queden zonas con un espesor de recubrimiento excesivo, es necesario un posterior pulido y mecanizado de las piezas hasta alcanzar el espesor de diseño requerido. En los casos en que el recubrimiento no es suficiente debido a la baja densidad de corriente, se emplean unos ánodos auxiliares para proveer un recubrimiento más uniforme sobre dichas partes.

Se puede, por tanto, concluir que cualquier heterogeneidad provocada en el proceso, así como la acumulación de impurezas disminuye la calidad en el producto, requiriéndose, para evitarlo, el constante recambio de los baños agotados de cromado.

2.2. Etapas del Cromado y Efluentes Generados

El proceso tradicional de tratamiento de superficies con cromo hexavalente consta, generalmente, de tres etapas:

2.2.1. Etapa de Activación

La etapa de activación de las piezas metálicas es realmente importante y es llevada a cabo en todas las industrias de tratamiento de superficies. Consiste básicamente en un decapado mediante la aplicación de corriente inversa con el fin de preparar la superficie de las piezas para que el tratamiento consiga mejores acabados. Esta etapa consigue eliminar los óxidos presentes en la superficie del material y demás impurezas. En la mayoría de industrias, se efectúa en el propio tratamiento de la superficie, con lo cual los óxidos eliminados en esta fase contribuyen al aumento de impurezas en el baño de tratamiento.

2.2.2. Tratamiento de la Superficie

La composición típica del baño empleado en el tratamiento de las superficies consiste en ácido crómico (CrO_3) y sulfatos (SO_4^{2-}). El baño se caracteriza por un pH extremo cercano a 0 y suele ser catalizado con fluoruros. El ácido crómico y los compuestos que coexisten con él contienen Cr(VI) que es reducido durante el proceso a Cr^0 .

En el baño suele ser necesaria la presencia de pequeñas cantidades de Cr^{3+} como agente reductor, pero si su concentración supera el 2-3% del contenido de ácido crómico pueden causar problemas operativos debido al aumento en la resistividad de los baños. Por ello, es importante comentar la importancia de mantener una relación elevada entre el área del ánodo y el área del cátodo para controlar que no se incremente de forma brusca la concentración del cromo trivalente en el baño. En el momento en el que la cantidad de Cr^{3+} supera un determinado límite, la conductividad del baño decrece de forma considerable, el voltaje de celda se vuelve excesivo y se producen heterogeneidades en la densidad de corriente en las diferentes partes de los objetos a cromar. Como consecuencia de estas heterogeneidades se obtienen unas piezas con partes excesivamente cromadas (incrustaciones) y partes con un espesor de cromado insuficiente.

Además de la formación de Cr(III) en los tratamientos de superficie con Cr(VI), es frecuente que se produzca la redisolución de los materiales metálicos que conforman los objetos que se someten al proceso. Es por esto que el tipo de catalizador utilizado es un

factor determinante en la aparición de impurezas puesto que se ha demostrado que la utilización de fluorosilicatos provoca el decapado de las piezas en la etapa previa de calentamiento. En el momento en que se aplica una intensidad, si existen zonas de baja densidad de corriente, éstas siguen sufriendo un desgaste y son atacadas por los fluoruros. Por tanto se produce una acumulación de impurezas catiónicas procedentes de óxidos de metales que junto con el Cr^{3+} reducen el rendimiento de los baños y limitan su vida útil.

2.2.3. Lavado y Aclarado de las Piezas

Tras el tratamiento propiamente dicho, se procede a la limpieza de las piezas metálicas para eliminar los posibles restos de impurezas que queden adheridos a su superficie. Mediante las operaciones de lavado se impide también la acción prolongada de los electrolitos sobre la superficie de las piezas, lo que supondría su deterioro o pasivación.

Normalmente, las industrias lavan las piezas mediante varias etapas: un lavado previo de las piezas provenientes del proceso en uno o varios tanques discontinuos en serie y un aclarado final en continuo. El agua de lavado suele aplicarse en contracorriente, siendo recirculada desde la etapa de aclarado final a las etapas previas de lavado. En la *Tabla II.2* se muestran las concentraciones típicas de los baños de lavado agotados de una industria de cromado en automoción.

Tabla II.2: Concentración de las aguas de lavado agotadas de una industria de cromado en automoción

Compuesto	Concentración (ppm)
Cr	6580
SO_4^{2-}	880
Ni	43
Zn	208
Na	28
Mg	88
Al	11

El presente TFG se centra en el estudio de la recuperación del Cr(VI) presente en los baños agotados de lavado de las industrias de cromado.

3. PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LAVADO POR LA PRESENCIA DEL CROMO

Los riesgos asociados a la presencia del cromo en aguas de lavado varían dependiendo de la valencia en la que estén presentes sus especies. En la naturaleza y en los procesos industriales predominan el cromo trivalente y el cromo hexavalente, pero es el Cr(VI) el que posee la forma del cromo más oxidante, tóxico y cancerígeno (clasificado como una sustancia cancerígena del tipo 2, es considerado como de las más peligrosas y persistentes). A continuación se desarrollan los peligros asociados al cromo hexavalente tanto para la salud como en el aspecto medioambiental.

3.1. Efectos en la Salud

El cromo constituye un micronutriente esencial para los seres humanos puesto que está implicado en el metabolismo de la glucosa, las proteínas y los lípidos. No obstante, la incorporación de cromo en niveles elevados tiene graves consecuencias sobre la salud. Los compuestos del cromo hexavalente, Cr(VI), representan la mayor amenaza debido a sus efectos genéticos. Dichos compuestos actúan en casi todos los sistemas de ensayo diseñados para determinar sus efectos mutagénicos. Además, el hecho comprobado de que atraviesa la placenta significa un alto riesgo para los embriones y fetos.

El cromo hexavalente es muy peligroso para la salud de los humanos, especialmente para personas que trabajan en la industria del acero y textil o personas que fuman tabaco. En contacto con la piel puede causar reacciones alérgicas y erupciones cutáneas. Después de ser respirado puede causar irritación del nariz y su sangrado. Otros problemas de salud relacionados con el Cr(VI) son:

- Problemas respiratorios
- Malestar de estómago, úlceras y daño en riñones e hígado
- Debilitamiento del sistema inmunológico
- Cáncer de pulmón
- Muerte

El efecto cancerígeno de los compuestos del cromo hexavalente ha sido demostrado experimentalmente con animales pero también ha sido confirmado por los resultados de estudios epidemiológicos realizados a grupos humanos que han estado expuestos a estas sustancias. Por otra parte, no se ha podido demostrar de forma concluyente el efecto cancerígeno de los compuestos con Cr(III).

Tanto los animales como los seres humanos sólo incorporan a sus organismos cantidades relativamente pequeñas de cromo por inhalación, la mayoría de las sustancias que contienen cromo ingresan al organismo a través de los alimentos y del agua que se bebe.

3.2. Efectos en el Medio Ambiente

Los compuestos de Cr(VI) son altamente solubles, lo que permite que su dispersión se produzca con mucha facilidad contaminando diferentes medios. En los sistemas acuáticos, la toxicidad de los compuestos solubles del cromo varía según la temperatura, pH, dureza del agua y según las especies de organismos que los pueblan. El cromo hexavalente, aún en concentraciones relativamente bajas, ya resulta tóxico, siendo el pH del suelo un factor fundamental.

Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de cromo trivalente son el acero, las peleterías y las industrias textiles. Además, mediante la combustión del carbón el cromo también es emitido al agua y eventualmente se disuelve.

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la cantidad de cromo que los vegetales toman para que ésta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer al ser ingeridos por animales y humanos, pero por esta misma razón cuando la cantidad de cromo en el suelo aumenta, se aumenta la concentración en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cr(III) que es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, pueden tener lugar efectos adversos. También se tiene conocimiento de lesiones en el sistema radicular, las raíces no se desarrollan bien y las hojas toman una coloración parda rojiza con aparición de pequeñas manchas.

En animales, el cromo puede causar problemas respiratorios, aunque una baja disponibilidad de Cr(III) puede conllevar enfermedades, infertilidades y defectos de nacimiento. Concretamente en peces, no es conocido que se acumule en su organismo pero sí que es posible que en altas concentraciones dañe las escamas.

4. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE BAÑOS DE LAVADO AGOTADOS EN INDUSTRIAS DE CROMADO

Los baños de lavado agotados provenientes de las industrias de tratamientos de superficies pueden ser tratados mediante numerosos métodos entre los que se encuentran los siguientes:

4.1. Enjuagues de Recuperación

Entre las diferentes modalidades ellas destaca el “enjuague estático con recuperación”, “enjuague tipo ECO con recuperación” o el “enjuague por aspersion de recuperación”.

El uso final que se hace de las aguas de lavado cuando están excesivamente concentradas consiste en su recirculación al tanque de cromado con el fin de reponer el ácido crómico perdido durante el proceso. Aunque las ventajas de su utilización consisten en un ahorro de materia prima, la reducción de los lodos de depuración y del consumo de agua de enjuague; estos métodos, reducen la vida útil del proceso debido a la acumulación de impurezas catiónicas.

4.2. Ósmosis Inversa

La ósmosis inversa es una técnica prometedora para la reutilización de las sales de los baños agotados y del agua de enjuague en procesos de metalizado. Esta técnica es aplicable sobre todo a los baños de niquelado. En cambio, para las aguas de una industria de cromado el proceso es inviable debido a que las membranas son muy sensibles al pH ácido y a medios oxidantes. Por otra parte, se necesita realizar paradas periódicas para proceder a su lavado y además, su consumo energético es elevado.

4.3. Precipitación Química

Ésta es la técnica más común implantada en el sector y consiste en la reducción del cromo hexavalente a su forma menos tóxica Cr(III) y su posterior precipitación que se consigue mediante un aumento del pH hasta un valor similar a 8, tras la adición de sustancias básicas. Las sales precipitadas e hidróxidos son separados, después, por métodos físico-químicos. Estos sistemas implican la formación de grandes volúmenes de lodos y la utilización de elevadas cantidades de compuestos químicos.

4.4. Resinas de Intercambio Iónico

Los sistemas de regeneración del agua de enjuague mediante resinas de intercambio iónico consisten en hacer pasar las aguas por unas columnas con resinas intercambiadoras de cationes y aniones para la obtención de agua de elevada calidad que puede reutilizarse en las operaciones de lavado. Sin embargo, las resinas de intercambio se saturan y deben ser regeneradas mediante la adición de ácidos en el caso del catión y de hidróxido sódico en el caso del anión. La regeneración implica la utilización de compuestos químicos adicionales y genera una elevada carga contaminante y de una elevada conductividad. Por ello, los contaminantes han de ser eliminados por vía físico-química.

4.5. Evaporación con Recuperación del Arrastre

Estos sistemas consisten en la evaporación de los baños de lavado agotados de forma que se consigue recircular el arrastre de metales al baño de proceso con concentraciones bastante elevadas. La problemática asociada a este proceso radica en que no es rentable energéticamente cuando se aplica sobre aguas de lavado diluidas. Además, representa, al igual que los enjuagues con recuperación, un incremento de la contaminación de los baños de cromado y pueden implicar emisiones a la atmósfera, con el riesgo que ello comporta sobre la salud de los empleados debido a la inhalación de cromo hexavalente.

4.6. Electrodialisis

Este método permite extraer sustancias ionizadas disueltas en una disolución acuosa a través de membranas selectivas de intercambio de iones por la presencia de un campo eléctrico. Presenta ventajas como la disminución de costes y disminución de problemas medioambientales. Es el método elegido en el presente TFG y por tanto se explica con mayor detalle a continuación.

5. ELECTRODIÁLISIS

La introducción de la electrodialisis (ED) a escala mundial se inició en Estados Unidos alrededor de los años 50, siendo su aplicación principal la desalación de aguas y, en concreto, del agua del mar. En la actualidad, debido a éstas y otras primeras aplicaciones, la electrodialisis se considera como una tecnología madura, y bien posicionada, que ha

permanecido sin grandes cambios en las últimas tres décadas. Por otra parte, se consideran todavía como tecnologías emergentes con gran proyección en el futuro las aplicaciones en campos de la industria farmacéutica, alimentaria, biotecnológica, en tratamientos de efluentes industriales y urbanos, así como en la obtención de bases y ácidos a partir de sus sales correspondientes. Se prevé que los avances en estos campos estén ligados al diseño de los módulos de ED y especialmente a las mejoras de las propiedades de las membranas empleadas. Más concretamente, la electrodiálisis ha surgido como una tecnología adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de los procesos industriales.

La aplicación de esta tecnología para el tratamiento de efluentes industriales específicos implica grandes ventajas económicas y medioambientales, ya que permite disminuir los costes relacionados con la gestión de tratamientos de efluentes, de materias primas y de consumo de agua. Sin embargo, la durabilidad de las membranas de intercambio iónico es limitada cuando las soluciones de desecho son muy ácidas, oxidantes o contienen agentes radioactivos. Debido a ello, la electrodiálisis presenta una serie de limitaciones debidas a la dificultad existente para encontrar membranas de intercambio iónico que sean eficientes, económicas y a la vez resistentes en medios oxidantes como lo son los baños que contienen ácido crómico.

5.1. Descripción de la técnica

La electrodiálisis es una tecnología de electromembrana que permite, bajo la influencia de un campo eléctrico continuo, extraer sustancias orgánicas e inorgánicas ionizadas disueltas en una disolución acuosa, a través de membranas selectivas de intercambio iónico. Actualmente, permite realizar procesos de desalación, concentración, síntesis y neutralización por intercambio iónico y electrohidrólisis entre otras, pero es el proceso de separación de sustancias iónicas el que ocupa este Trabajo Final de Grado.

En un proceso electrodiálítico, la corriente fluye en serie entre los dos electrodos a través de las diferentes celdas que componen el módulo. Es por esto que un equivalente de electricidad tiene la capacidad de transportar tantos equivalentes de una sustancia cargada como celdas tiene el módulo si se supone una eficacia de corriente del 100%.

Esto produce consumos de energía específicos muy bajos, consumo que es suma de dos factores: la energía eléctrica necesaria para transferir los iones a través de la membrana y la energía necesaria para bombear las disoluciones a través de los compartimentos.

Si la concentración de iones en la alimentación es muy elevada, predomina el primer término, que depende de la resistencia de los diferentes componentes del módulo. Cada uno de ellos, contribuye al voltaje total, E_T , según la *ecuación (1)* que se presenta a continuación:

$$E_T = E_e^c + E_e^a + \eta_c + \eta_a + IR_m + IR_d + IR_c \quad (\text{ecuación 1})$$

dónde E_e^c es el potencial de equilibrio, en valor absoluto, del cátodo en base a la ecuación de Nerst, E_e^a es el potencial de equilibrio, en valor absoluto, del ánodo en base a la ecuación de Nerst, η_c es el sobrepotencial del cátodo en valor absoluto, η_a es el sobrepotencial del ánodo, I es la intensidad de corriente aplicada, R_s es la resistencia eléctrica de las disoluciones electrolíticas, R_d es la resistencia eléctrica de las membranas de intercambio iónico y R_c es la resistencia del circuito eléctrico externo incluyendo la caída óhmica

Como se observa en la *Figura II.4*, las membranas de intercambio iónico dividen el reactor en dos tipos de compartimentos, los de dilución y los de concentración. Los aniones pasarían a través de la membrana de intercambio aniónico (MIA) y los cationes pasarían a través de la membrana de intercambio catiónico (MIC).

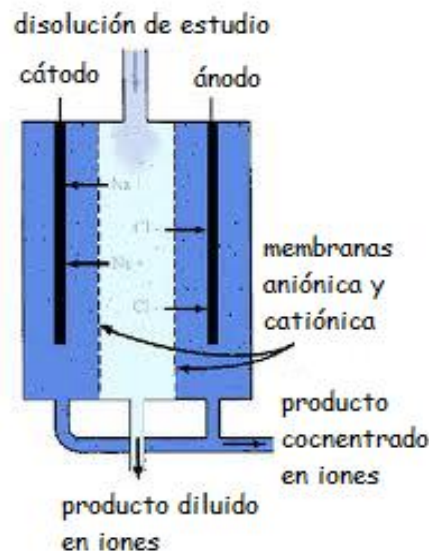


Figura II.4:Diagrama esquemático de un proceso de electrodiálisis

Las membranas son los elementos esenciales en el proceso de electrodiálisis debido a que sin ellas no sería posible la separación de especies según su carga. Por ello, posteriormente, se explicarán con mayor detalle.

El sistema de tratamiento propuesto en el presente trabajo final de grado está representado en la Figura II.5 y consiste en la circulación de las aguas de lavado agotadas por un reactor de electrodiálisis de tres compartimentos. En el compartimento catódico se produce la recuperación de las impurezas de níquel y por otra parte, el ácido crómico es recuperado en el compartimento anódico. Del mismo modo, en el compartimento central se obtienen unas aguas libres tanto de cromo como de níquel, siendo viable su recirculación a los tanques de enjuague.

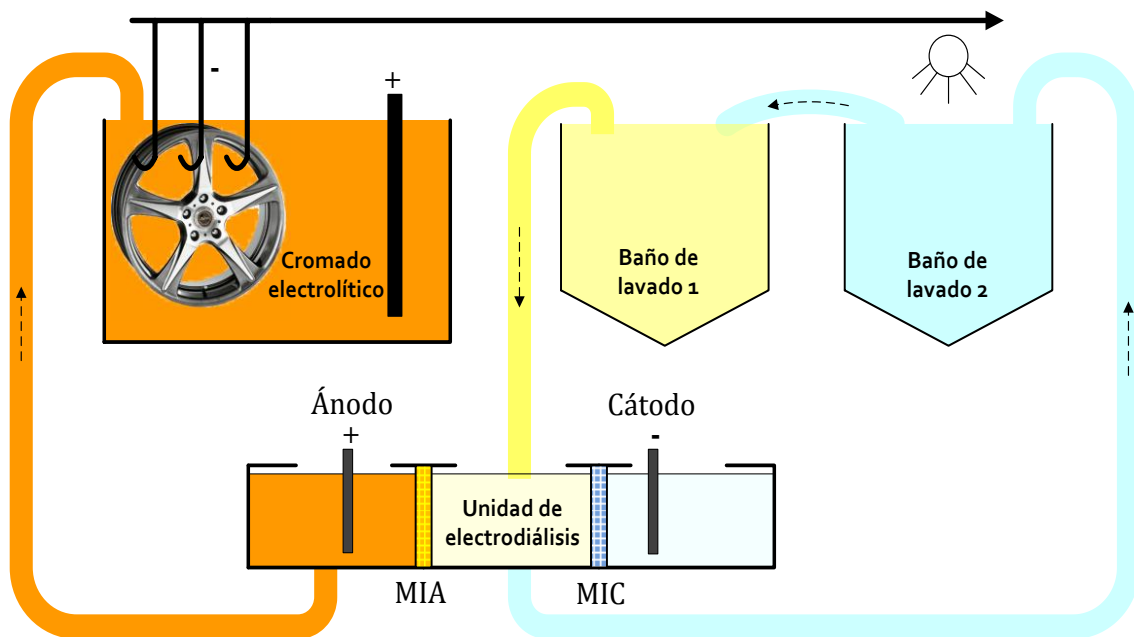


Figura II.5: Incorporación de un sistema de electrodiálisis en continuo al diagrama de proceso del cromado electrolítico con reutilización de ácido crómico y de las aguas de lavado.

5.2. Membranas de Intercambio Iónico

The European Society of Membrane Science and Technology creó en 1984 un comité que tenía entre sus tareas definir la terminología relacionada con el concepto de membrana. Así, se definió membrana como “fase que interviene en la separación de dos fases y/o que actúa como una barrera activa o pasiva para el transporte de materia entre dos fases adyacentes a ella”. La Tabla II.3 muestra la clasificación de las membranas en función de sus principales características.

Tabla II.3: Clasificación de membranas sólidas

SEGÚN	TIPO
Espesor	Gruesas ($>1\mu\text{m}$)
	Delgadas ($<1\mu\text{m}$)
Estructura	Porosas/ Densas
	Simétricas/Asimétricas
Carga	Homogéneas
	Heterogéneas
Composición	Intercambiadoras de aniones (+)
	Intercambiadoras de cationes (-)

La membrana de intercambio iónico es una pared delgada, densa e insoluble, constituida por un material polimérico semipermeable que, colocada entre dos soluciones, permite una transferencia selectiva de iones de una solución hacia la otra, bajo la acción de un campo eléctrico.

Según su capacidad de intercambio, las membranas pueden ser catiónicas (MIC) o aniónicas (MIA). Las catiónicas son permeables a los cationes y por ello constituyen una barrera eléctrica para los aniones, mientras que las aniónicas son permeables a los aniones constituyendo una barrera eléctrica para los cationes.

La cualidad más importante de las membranas de intercambio iónico en general es su selectividad, que se basa en el principio de exclusión Donnan. Este fenómeno permite el paso de los iones de signo contrario (contraiones) a los que conforman las cargas fijas de la membrana mientras que excluyen los iones del mismo signo (coiones), tal y como se muestra en la *Figura II.6*. La exclusión Donnan debe su nombre al primer trabajo llevado a cabo en la materia de la mano de F.G. Donnan en el año 1911.

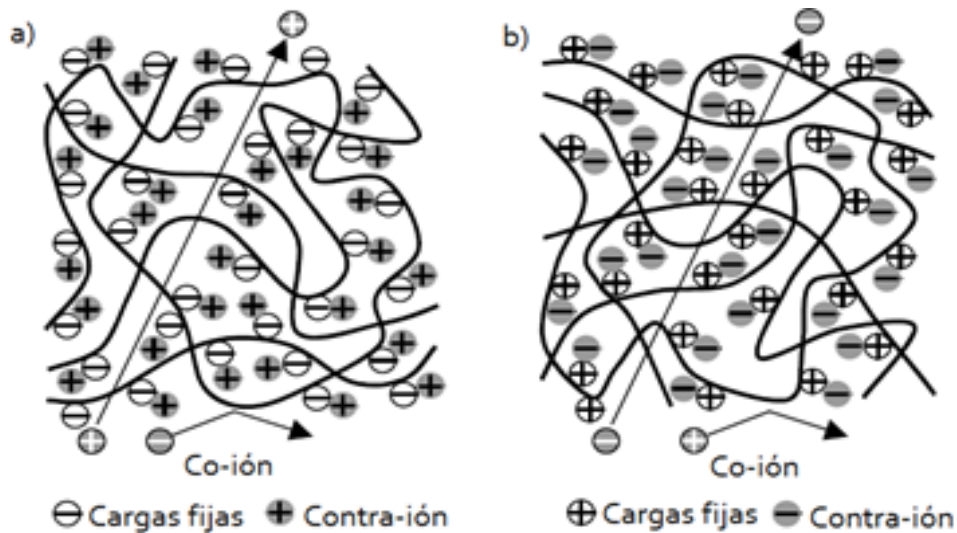


Figura II.6: Representación de las membranas selectivas de iones: a) Membrana de intercambio catiónico, b) Membranas de intercambio aniónico

Existen diferentes criterios de selección de la membrana adecuada que se basan en las diferentes propiedades de las membranas. Estas propiedades son:

- **Resistencia mecánica y dimensional:** Las membranas deben tener alta resistencia mecánica y escasa variación de sus dimensiones ante las fuerzas que deben soportar en los módulos electrodiálíticos. Tales fuerzas vienen producidas por el manejo durante la instalación, por la tensión al instalarlas y alinearlas y por diferencias de presiones entre los compartimentos que separan.
- **Resistencia química:** Es esencial que la resistencia química sea alta debido a los cambios en el medio en que se encuentran en cuanto a cambios de pH, presencia de disolventes orgánicos y existencia de un ambiente oxidante o reductor.
- **Resistencia eléctrica:** Esta resistencia debe ser lo más baja posible para minimizar el consumo de energía. Este punto es especialmente importante en electrodiálisis, ya que la mayor parte de la resistencia eléctrica total depende de las membranas.
- **Permeabilidad a moléculas neutras:** Idealmente las moléculas sin carga iónica deberían ser impenetrables en las membranas de intercambio iónico. Desafortunadamente, las membranas son permeables en cierto grado a las moléculas no ionizadas. En general, estas pueden travesarlas por difusión

sobre todo las de pequeño tamaño. Si el coeficiente de difusión es notable se producen efectos indeseables como la disminución de la eficacia de corriente o la disminución de la capacidad de concentración entre otros.

- **Permesselectividad o selectividad:** es la capacidad para separar preferencialmente unos iones de otros. Existen dos tipos de selectividad, frente a contraiones y selectividad frente a coiones. El primer tipo, mide la capacidad para separar preferiblemente iones de carga opuesta a las fijadas en la estructura de la membrana, con respecto a iones de la misma carga. El segundo tipo, mide la capacidad de separar iones de la misma carga, pero opuesta a la de las fijadas en la membrana.

Las membranas más extensamente utilizadas en procesos de electrodiálisis son las membranas poliméricas de intercambio iónico que constan básicamente de una red polimérica entrecruzada, de la cual penden grupos intercambiadores de iones cargados negativamente en membranas de intercambio catiónico e iones cargados positivamente si se trata de membranas de intercambio aniónico siendo impermeables, teóricamente, a las moléculas que carecen de cargas.

El entrecruzamiento es por una parte esencial para que los grupos intercambiadores no se disuelvan en el agua y por otra parte es importante pues de él dependen las propiedades de la membrana.

Una membrana de intercambio iónico puede considerarse como una resina de intercambio iónico en forma de lámina (salvo que no es necesario regenerarlas) debido a que su preparación es muy similar en ambos casos. Como consecuencia de la alta selectividad y conductividad de las resinas, sería posible pensar que para obtener una membrana bastaría fabricarla en forma de lámina. Sin embargo, la membrana se caracteriza por una cualidad que no poseen las resinas: alta resistencia mecánica.

Para dotar de resistencia mecánica a las membranas basta con fabricar las membranas químicamente por los métodos convencionales de obtención de resinas, pero mediante un material estable, es decir, un soporte que ofrezca las características mecánicas adecuadas

El material estable utilizado en su fabricación otorga a la membrana otra cualidad sumamente importante: la estabilidad dimensional. El material de soporte, por tanto, dota a la membrana de buena capacidad para soportar fuerzas aplicadas y además permite que el polímero portador de los grupos intercambiadores de iones sufra cambios dimensionales sin que estos repercutan gravemente en las dimensiones de la membrana. Además, para que una membrana tenga la capacidad de realizar correctamente su función de intercambio, los intersticios de la red polimérica deben estar empapados en disolvente.

En el desarrollo de este trabajo se va a utilizar la membrana Nafión 117 como membrana polimérica de intercambio catiónico auxiliar. Su estructura química está basada en un copolímero éter vinílico perfluorado con un grupo terminal sulfónico y tetrafluoretileno. Las membranas intercambiadoras de tipo Nafión han recibido una considerable atención como membranas de intercambio de protones (PEM) presentes en las celdas de combustible debido a su excelente estabilidad térmica y mecánica. Además las membranas Nafión tienen una sólida reputación por su durabilidad y resistencia a una variedad de productos químicos.

5.3. Conceptos teóricos

5.3.1. Propiedades de Transporte de una Membrana de Intercambio Iónico

Las propiedades de transporte de una membrana de intercambio iónico determinan en gran medida la productividad de un proceso. Entre las características más importantes de las membranas de intercambio iónico se encuentran los números de transporte, la selectividad y su conductividad eléctrica.

Conductividad eléctrica: Depende de la conductividad de los iones del propio polímero, de la del electrolito difundido dentro de la membrana de intercambio iónico, de la temperatura y del pH. En el caso de la electrodiálisis, la conductividad es un parámetro muy importante debido a que la resistencia al paso de corriente ofrecido por las membranas constituye una de las mayores contribuciones al potencial de celda, e influye en el consumo energético del proceso.

Número de transporte en la membrana (T_j): Indica la fracción de corriente que atraviesa la membrana que es transportada por un determinado ión, tal como se indica en la ecuación (2):

$$T_j = \frac{I_j}{I} \quad (\text{ecuación 2})$$

donde I_j es la intensidad transportada por el ion j de interés e I es la intensidad total

En el caso de una disolución con un electrolito binario y si se conoce la movilidad iónica de cada uno de los iones, los números de transporte del catión y del anión en la disolución se pueden calcular mediante las ecuaciones (3) y (4):

$$t_+ = \frac{C_+ \cdot u_+ \cdot |z_+|}{C_+ \cdot u_+ \cdot |z_+| + C_- \cdot u_- \cdot |z_-|} \quad (\text{ecuación 3})$$

$$t_- = \frac{C_- \cdot u_- \cdot |z_-|}{C_+ \cdot u_+ \cdot |z_+| + C_- \cdot u_- \cdot |z_-|} \quad (\text{ecuación 4})$$

donde C_+ y C_- se corresponden a la concentración de cationes y aniones, respectivamente. Por otra parte, u_+ y u_- , representan la movilidad iónica del catión y del anión, y $|z_+|$ y $|z_-|$ son la carga iónica, en valor absoluto, correspondiente al catión y al anión, respectivamente.

Selectividad: Éste es un parámetro que depende del equilibrio de Donnan, *ecuación(5)*, el cual establece que la concentración del electrolito dentro del polímero es mucho menor que la del líquido que lo rodea. Por tanto, con un aumento de la fuerza iónica del electrolito se produce una disminución de la selectividad.

$$P_j = \frac{T_j - t_j}{1 - t_j} \quad (\text{ecuación 5})$$

donde t_j es el número de transporte del ion j en el seno de la disolución

5.3.2. Mecanismos de Transporte

Para diseñar cualquier proceso electroquímico, es necesario tener un buen conocimiento de los fenómenos de transporte que ocurren. El transporte de aniones y cationes en una celda electrolítica está garantizado por tres mecanismos diferentes de transporte:

Migración: se produce como consecuencia del movimiento de iones por las diferencias de potencial a través del electrolito. También se produce este mecanismo a través de la membrana. Para calcular el flujo iónico por migración a través del electrolito ($J_M^{(s)}|_j$) y de la membrana ($J_M^{(m)}|_j$) se emplean los correspondientes números de transporte, tal como indican las *ecuaciones (6) y (7)*.

$$J_M^{(s)}|_j = t_j \cdot \frac{i}{F} \quad (\text{ecuación 6})$$

$$J_M^{(m)}|_j = T_j \cdot \frac{i}{F} \quad (\text{ecuación 7})$$

donde F la constante de Faraday e i es la densidad de corriente: $i = \frac{I}{A}$ siendo A la superficie perpendicular al paso de corriente

Convección: Puede ser forzada o natural y se debe al movimiento del electrolito. Su aportación al transporte de una especie ($J_c|_j$) se calcula empleando la *ecuación (8)*.

$$J_c|_j = C_j \cdot v \quad (\text{ecuación 8})$$

donde v es la velocidad con que el electrolito es transportado a través del volumen de contorno en estudio y C_j la concentración del ión

Difusión: en este caso, el movimiento de iones se debe a los gradientes de concentración en las zonas próximas a las membranas y electrolitos. El flujo difusivo de un ión j ($J_D|_j$) se puede calcular a partir de la Ley de Fick, según la *ecuación (9)*.

$$J_D|_j = -D \cdot \frac{dC_j}{dx} \quad (\text{ecuación 9})$$

donde D es el coeficiente de difusión de la especie

5.3.3. Concepto de Intensidad de Corriente Límite

Es posible que en algún caso uno de los tres fenómenos descritos en el punto anterior, predomine respecto al resto, pero en general los tres están presentes. Concretamente, la migración rige el transporte a través de la membrana de intercambio iónico, la convección tiene lugar en el seno de la disolución, y la difusión determina el transporte en la capa límite.

En un proceso de electrodiálisis, la concentración de especies se reduce en gran medida en las capas de difusión cercanas a la superficie de la membrana en el compartimento de dilución. Por otra parte, se produce una acumulación en las capas adyacentes a la membrana por el lado del compartimento concentrado.

Estos gradientes de concentración limitan el proceso de transporte de materia debido a la generación de escasez de especies, conllevando un aumento en la caída de potencial a través de la membrana.

Para estos procesos, se puede definir una densidad de corriente total como:

$$i = \frac{D \cdot F \cdot (C_0 - C_i)}{(T_j - t_j) \cdot \delta} \quad (\text{ecuación 10})$$

donde i es la densidad de corriente, que se define como la intensidad de corriente entre el área de la membrana, C_0 es la concentración del ion j en el seno de la disolución, C_i es la concentración en la membrana y δ es el espesor de la capa límite.

En una etapa de una célula de electrodiálisis tal y como se muestra en la *Figura II.7*, inicialmente la densidad de corriente y caída de potencial crecen de manera proporcional. Sin embargo, la resistencia de la etapa va creciendo hasta un punto a partir del cual los aumentos de voltaje grandes provocan pequeñas variaciones de corriente. Esto corresponde con la zona que marca la diferencia de pendientes entre corriente aplicada y potencial medido y a partir de ella se puede calcular la intensidad de corriente límite (I_{lim}).

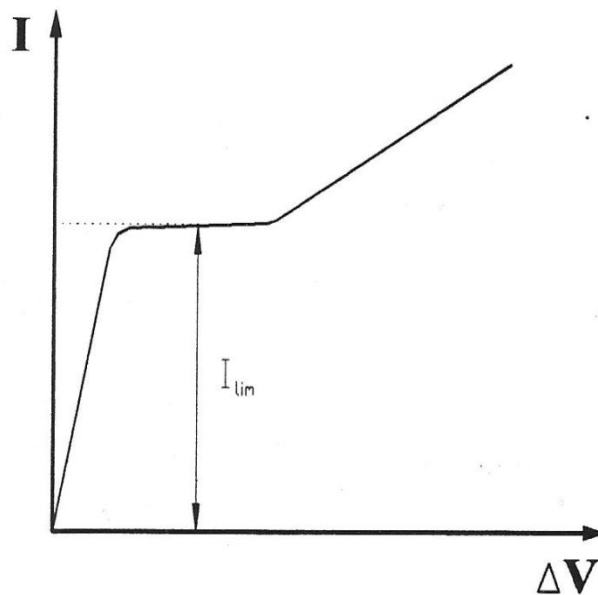


Figura II.7: Variación de la corriente I frente a la tensión en un proceso de electrodiálisis.
Valor límite de corriente

Se llega a esta situación límite cuando la concentración superficial en la membrana toma un valor cercano a 0, $C_i = 0$, debido a que el gradiente de concentración no puede seguir aumentando y aumentar la intensidad de corriente conlleva un gasto energético innecesario debido al aumento excesivo del potencial de celda. La *ecuación (11)* permite calcular la densidad de corriente límite; a partir de la *ecuación (10)*:

$$i_{lim} = \frac{D \cdot F \cdot C_0}{(T_j - t_j) \cdot \delta} \quad (\text{ecuación 11})$$

Es posible definir la densidad de corriente límite como el límite máximo de corriente hasta el cual, el proceso de electrodiálisis funciona correctamente. Si se supera el valor límite de la corriente en un proceso electrodiálisis se puede producir la disociación de las moléculas de agua. Eléctricamente, se produce un aumento de la resistencia eléctrica en las proximidades de la membrana, y con ello un mayor consumo de energía. Este fenómeno conlleva una disminución de la eficacia de corriente. Químicamente, tiene lugar un cambio de pH cerca de la membrana que puede provocar la precipitación de hidróxidos metálicos en la superficie de la membrana produciéndose el fenómeno de ensuciamiento. Si la polarización es muy elevada tiene lugar la disociación del agua en iones H^+ que pasan a través de la membrana catiónica mientras que los iones OH^- se transfieren a través de la membrana aniónica y que tienen la posibilidad de producir hidróxidos metálicos al combinarse con los metales que se desean eliminar.

6. MEMBRANAS CERÁMICAS

Como ya se ha comentado, el objetivo de los separadores en los reactores electroquímicos es impedir la mezcla entre las especies presentes en los compartimentos anódico y catódico, pero por otra parte, deben permitir el paso de corriente eléctrica con mínima resistencia. Los separadores cerámicos formados por materiales no conductores, poseen un tamaño de poro característico y una distribución de tamaño de poro definida. Por una parte, la difusión a través de los poros debe de ser lo menor posible, y por otra parte, su conductividad debe ser lo más elevada posible. Además es esencial que posean una estructura homogénea y que garanticen una distribución de corriente uniforme. Así mismo, se debe asegurarla estabilidad química, mecánica y térmica durante toda su operación.

Entre las propiedades más importantes a considerar a la hora de seleccionar un separador para su uso en un reactor electroquímico son una baja resistencia eléctrica, una alta resistencia mecánica y dimensional, y una alta resistencia química y térmica.

Las membranas cerámicas suelen tener mayor estabilidad química, mecánica y térmica que las membranas poliméricas, además de ser más baratas. El inconveniente de las membranas cerámicas es que son muy frágiles frente a esfuerzos de tracción, esta es la razón por la que generalmente se utilizan membranas poliméricas para el tratamiento de agua. A pesar de esto, dada su elevada estabilidad, las membranas cerámicas están en auge advirtiéndose un futuro prometedor en este campo.

6.1. Composición y estructura

Las membranas o soportes cerámicos utilizados en este trabajo final de grado se obtuvieron a partir de una mezcla de almidón, caolín y alúmina. La composición de la mezcla inicial tiene a partes iguales alúmina y caolín. Estos porcentajes se han seleccionado debido a su alta resistencia a medios corrosivos. Además, a esta mezcla se le añade un 20% de almidón, el cual proporciona un mayor volumen de espacios vacíos, es decir, incrementa la porosidad de los soportes.

A continuación, se homogeneiza la mezcla en un molino de bolas con acetona. La suspensión resultante se seca mediante lámparas de infrarrojo hasta que se alcanza un contenido de 4kg de agua por cada 100kg de sólido seco, aproximadamente. Mediante una presión uniaxial en seco de 400kg/cm^2 se forman las muestras de ensayo, que tienen un espesor de 2,98mm.

Tras su formación, los soportes cerámicos se secan en un horno a 110°C y se sinterizan en un horno eléctrico con un ciclo térmico designado para oxidar la materia orgánica, en este caso el almidón, en menos de 6 horas a la temperatura máxima, 1400°C , para formar los poros.

La *Figura II.8* muestra un difractograma donde aparecen las principales fases que conforman las membranas cerámicas

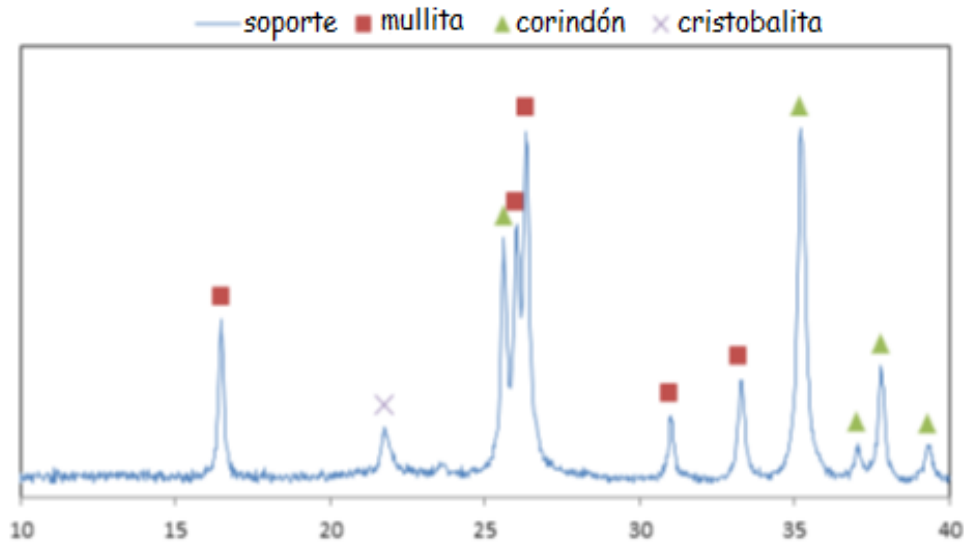


Figura II.8: Análisis por difracción de rayos X de los soportes cerámicos sintetizadas

En la *Figura II.9* se representa para un soporte de espesor 2,98 mm la distribución de tamaño de poros del mismo. Como se observa, en general la distribución del volumen de poros que bastante heterogénea. Aun así, es posible afirmar que la mayoría de los poros tienen un diámetro aproximado de 0,4 μm, seguido de un porcentaje elevado de poros de 2 μm.

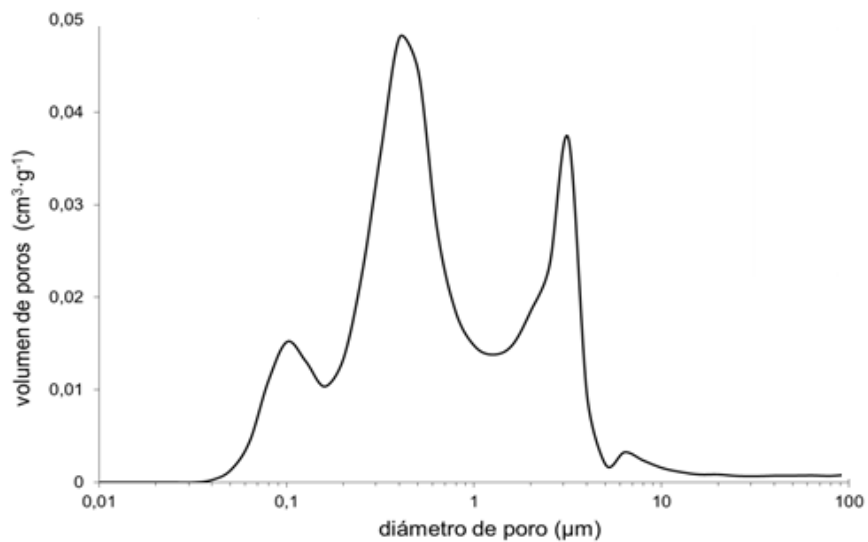


Figura II.9: Distribución de tamaño de poro de los soportes cerámicos

6.2. Membranas cerámicas impregnadas con óxidos de zirconio

Una modificación respecto a las membranas cerámicas descritas anteriormente, denominadas como soporte, son las membranas cerámicas de intercambio iónico, las cuales son muy densas y tienen espesores típicos de entre 100 y 500 μm . Estas membranas cerámicas intercambiadoras de iones son muy novedosas y combinan las ventajas de las membranas poliméricas de intercambio iónico y las ventajas de las membranas cerámicas. Sus características son:

- Baja resistencia eléctrica
- Alta resistencia mecánica, dimensional, química
- Resistencia a temperatura superiores a 45°C
- Resistencia a cambio de pH entre 1 y 10 unidades
- Resistencia al “swelling” (hinchamiento osmótico), “poisoning” (envenenamiento) y “fouling” (ensuciamiento).
- Larga duración
- Buenas cualidades permselectivas para cationes y aniones
- Facilidad de manipulación y de ensamblaje, ya que son semirrígidas

Las membranas cerámicas de intercambio iónico, que son objeto de estudio del presente TFG, se impregnan con óxido de zirconio, ZrO_2 , que posee propiedades cerámicas muy favorables tales como altas resistencia química, estabilidad térmica, alta dureza mecánica y conductividad iónica a elevadas temperaturas.

Para la impregnación de las membranas cerámicas, se deposita ZrO_2 en la red porosa de los soportes cerámicos mediante precipitación directa. Inicialmente, los soportes cerámicos se sumergen durante 30 minutos en una disolución de óxido de zirconio, de tal forma que sólo la superficie inferior de los soportes esté en contacto con el líquido para que la disolución se succione dentro de la red porosa. A continuación, se sumergen en ácido fosfórico durante 24 horas para precipitar el zirconio dentro de los poros. Seguidamente se lavan las membranas con agua destilada y se secan a 110°C, y para finalizar es necesario tratar térmicamente los soportes a 450°C para que el óxido de zirconio se fije a la superficie de los poros. Dado que se requiere más de un ciclo de impregnación, este proceso se repite las veces necesarias hasta obtener el resultado requerido. Así se define el parámetro λ según la ecuación (12):

$$\lambda = \frac{\text{gramos de } \text{ZrO}_2 \text{ depositado}}{\text{gramos de soporte}} \quad (\text{ecuación 12})$$

En la siguiente figura se observa la evolución de λ en función del número de impregnaciones o ciclos de impregnación (n)

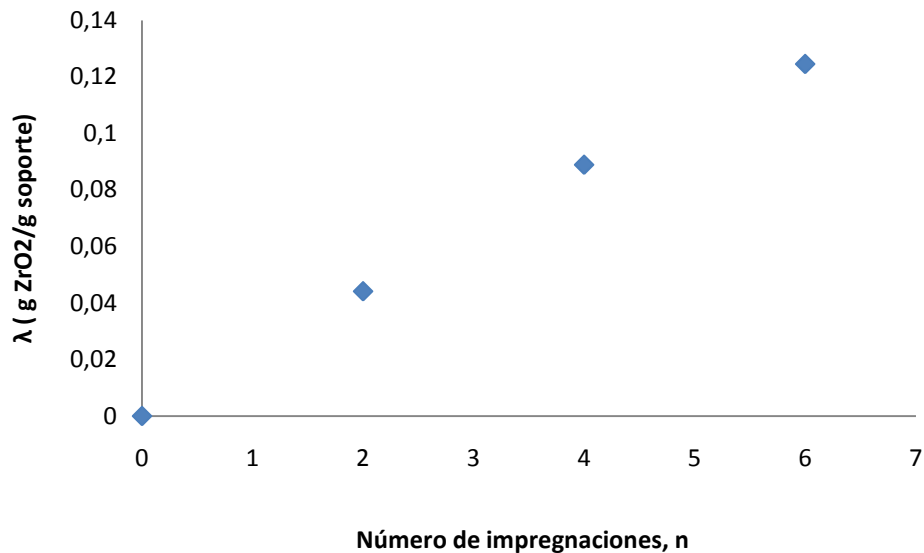


Figura II.10: Masa de ZrO₂ depositado en función del número de impregnaciones

En la *Figura II.10* se observa una tendencia lineal de parámetro λ con el número de ciclos de impregnación y quedareflejado como a mayornúmero de ciclos de impregnación, mayores la cantidad de óxido de zirconio depositado. Por tanto, a mayor cantidad depositada de esta sustancia, mayor será el taponamiento de los poros originales, donde el diámetro medio del poro de las membranas cerámicas se obtiene del punto de inflexión de cada una de las curvas representadas en la *Figura II.11*.

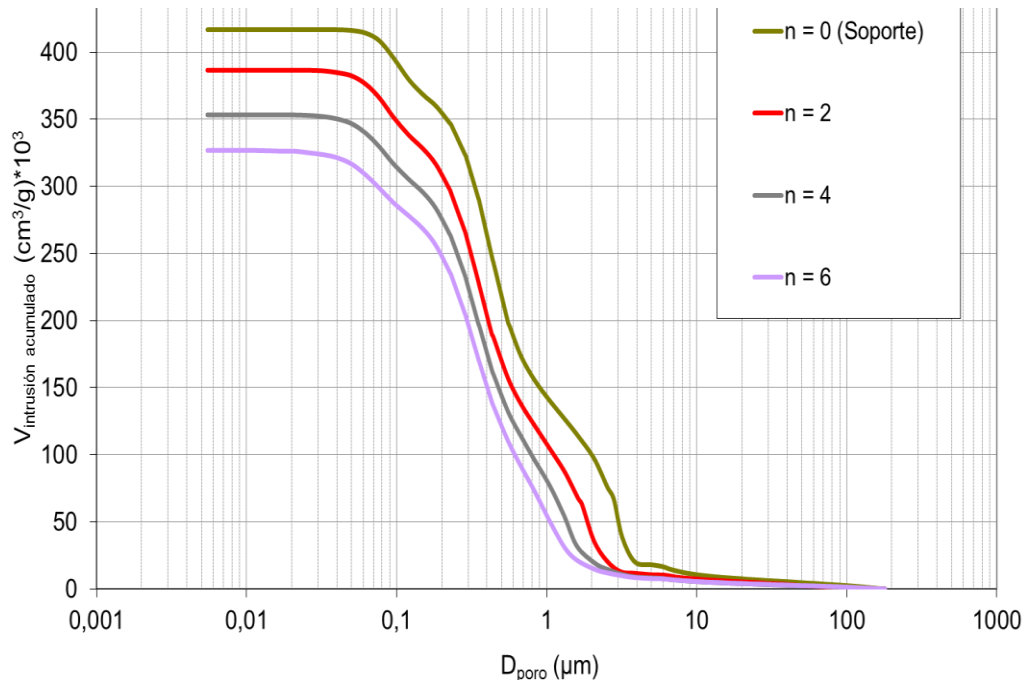


Figura II.11: Variación del tamaño medio del poro en función de n

Por tanto, a modo de resumen cabe destacar que es mayor el taponamiento de los poros cuanto mayor es el número de impregnación, y por otra parte, a más impregnaciones, mayor es el poder intercambiador de la membrana porque hay más masa de óxido de zirconio impregnada.

La elección de membranas cerámicas impregnadas con ZrO_2 para el presente trabajo final de grado se debe a que éstas son muy novedosas y actualmente se está investigando sobre ellas. Este tipo de membranas, como ya se ha dicho, combinan las mejores ventajas de las membranas poliméricas y de las membranas cerámicas, lo cual las convierte, a priori, en la mejor elección para la eliminación de ciertos contaminantes como puede ser el cromo hexavalente presente en la disolución de estudio.

CAPÍTULO III: TÉCNICAS EMPLEADAS

1. TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS.....	45
1.1. Cronopotenciometría.....	45
1.1.1. <i>Curvas de Polarización</i>	48
1.2. Ensayos de Larga Duración.....	49
2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS	51
2.1. Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	51
2.1.1. <i>Rectas de Calibrado</i>	53

1. TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS

1.1. Cronopotenciometría

La cronopotenciometría es una técnica muy recurrente para observar la variación con el tiempo de la concentración en la interfase entre una disolución y un electrodo o un electrolito sólido. Por otra parte, se utiliza para comparar las propiedades de transporte de las membranas de intercambio iónico comerciales, y su heterogeneidad, para estudiar su ensuciamiento por incrustaciones de depósitos minerales, o para destacar la contribución de la conductividad de la superficie heterogénea de la membrana a la transferencia iónica en el rango de intensidades superiores a la intensidad límite. La cronopotenciometría también es un método para estudiar membranas con múltiples capas, particularmente membranas bipolares. El paso de corriente eléctrica entre dos disoluciones separadas por una membrana de intercambio iónico, que posee una buena selectividad, da lugar a una polarización por concentración en las proximidades de la membrana. En la capa límite de difusión, la polarización por concentración conduce al establecimiento de gradientes de concentración que dependen del tiempo, antes de que se alcance el equilibrio dinámico en un nuevo estado estacionario.

La forma del cronopotenciograma varía en función del valor de la intensidad que se aplica al proceso de forma que es posible conocer los procesos de transporte que tienen lugar a condiciones diferentes pero conocidas. En la *Figura III.1.a)* se muestra la aplicación de un pulso de intensidad, del que se puede obtener diferentes curvas cronopotenciométricas.

- Si la amplitud del pulso que se aplica es pequeña, el cronopotenciograma obtenido tendrá prácticamente la misma forma que el pulso de la corriente aplicada.

- Si se trabaja con intensidades inferiores a la intensidad límite se obtiene una curva como la de la *Figura III.1.b)* en la que se reflejan tres zonas.

La *Zona 1* se corresponde con un aumento repentino del potencial tras aplicar la intensidad, y se denomina zona óhmica.

Tras poco segundos se alcanza un "plateau" en la *Zona 2* debido a que la caída óhmica se hace constante. Esto ocurre porque las concentraciones en los sitios fijos de la membrana son elevadas, no se da un gradiente de concentraciones importante en el seno de ésta, y por ello la conductividad eléctrica de la membrana puede considerarse constante.

Tras el cese de la intensidad se puede evaluar la sobretensión de concentración según la *Zona 3*, como consecuencia de la diferencia de concentraciones alrededor de la membrana debido a la polarización por concentración.

- Cuando se trabaja con una intensidad superior a la intensidad límite se obtiene una curva cronopotenciométrica, como la que se representa en la *Figura III.1.c)* en la que se reflejan seis zonas diferenciadas.

La *Zona 1* muestra, de nuevo, un aumento repentino del potencial de la membrana tras aplicar la intensidad. Dicho aumento se debe a la resistencia óhmica del conjunto membrana/disolución, cuyo sobrepotencial se denomina sobrepotencial óhmico.

A continuación se forman ciertos gradientes de concentración que conllevan un pequeño aumento del potencial en función del tiempo transcurrido, tal y como muestra la *Zona 2*.

La *Zona 3* se corresponde con el instante en el que la concentración del electrolito en la superficie de la membrana alcanza un valor nulo. Es por ello que la caída de potencial en la membrana aumenta rápidamente y se denomina τ , tiempo de transición, al tiempo en el que se produce este aumento. El tiempo de transición se obtiene a partir del punto de inflexión en la caída de potencial y está relacionado, por tanto, con la concentración y el coeficiente de difusión del electrolito.

Tras esto, comienzan a ganar importancia diferentes mecanismos de transferencia de materia en la superficie de la membrana, *Zona 4*, especialmente el transporte debido a protones e iones hidroxilo y la electroconvección. Estos mecanismos provocan la estabilización del potencial, y es este último valor alcanzado el utilizado para la construcción de las curvas de polarización (intensidad-potencial).

A continuación, la *Zona 5* muestra la caída de potencial óhmica que sufre el sistema debido al cese de suministro de corriente.

Finalmente tiene lugar la relajación del sistema, como se representa en la *Zona 6*. Cabe la posibilidad, como se ha explicado en el caso de intensidades menores a la intensidad límite, que aparezca un sobrepotencial de concentración. Es posible también que se formen precipitados sobre la membrana y por ello el sistema tarde más en alcanzar un valor nulo para la caída de potencial.

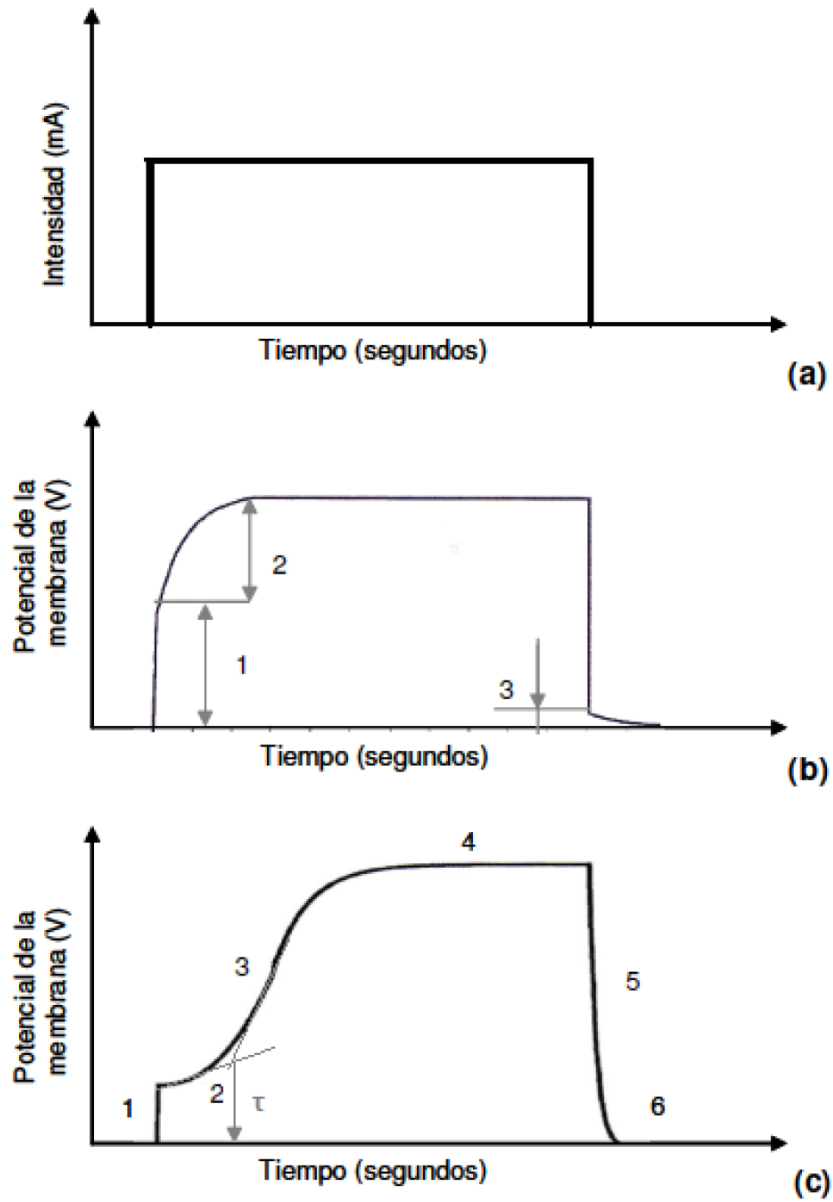


Figura III.1: a) Escalón de intensidad aplicado. b) Cronopotenciograma obtenido a partir de intensidades inferiores a la intensidad límite. c) Cronopotenciograma obtenido a partir de intensidades superiores a la intensidad límite

1.1.1. Curvas de Polarización

Una curva intensidad-potencial permite determinar la densidad de corriente límite. Este parámetro representa la máxima densidad de corriente que se puede aplicar al sistema, y que depende de la distribución de concentraciones a través de la capa límite de difusión entre la interfase de la membrana y la disolución. Una densidad de corriente mayor a la densidad límite conlleva una disminución de la eficacia del proceso debido al aumento de la resistencia eléctrica, y, además provoca la disociación del agua.

Las curvas de polarización se obtienen a partir de los valores del estado estacionario alcanzado en los ensayos cronopotenciométricos (*Figura III.2.a*). Estas curvas poseen tres regiones características siempre y cuando la membrana estudiada sea selectiva al paso de los iones que se estudian (*Figura III.2.b*):

1. Región I o Región óhmica. A bajas densidades de corriente se tiene una relación lineal entre la corriente y el potencial que se desarrolla en la membrana durante la migración. El proceso está gobernado por la ley de Ohm y muestra que al incrementar la densidad de corriente, la concentración del contraión en la capa límite de difusión disminuye y la resistencia, R , incrementa, la cual se puede obtener de la inversa de la pendiente de la recta que caracteriza a esta región.

2. Región II o Región de corriente límite. Se obtiene una meseta o "plateau" porque la corriente permanece casi constante aún con grandes incrementos de potencial. En esta región se inicia la electrólisis del agua generándose nuevas especies, cationes H^+ y aniones OH^- , que serán las encargadas de transportar la carga, disminuyendo la eficiencia de la corriente. La frontera entre estas regiones indica el valor de densidad de corriente límite. De la intersección de las regiones 1 y 2 se obtiene la intensidad límite (I_{lim}), y a partir de esta calcula la densidad de corriente límite (i_{lim}) como el cociente entre I_{lim} y el área de la membrana.

3. Región III o Región de electroconvección. El aumento de la corriente ocurre nuevamente porque otros mecanismos de transporte toman importancia cuando las intensidades aplicadas superan la intensidad límite, como la electroconvección o la formación de productos de electrodiálisis. En esta región la relación entre corriente y potencial es, de nuevo, lineal, aunque generalmente con pendientes inferiores a las de la región óhmica.

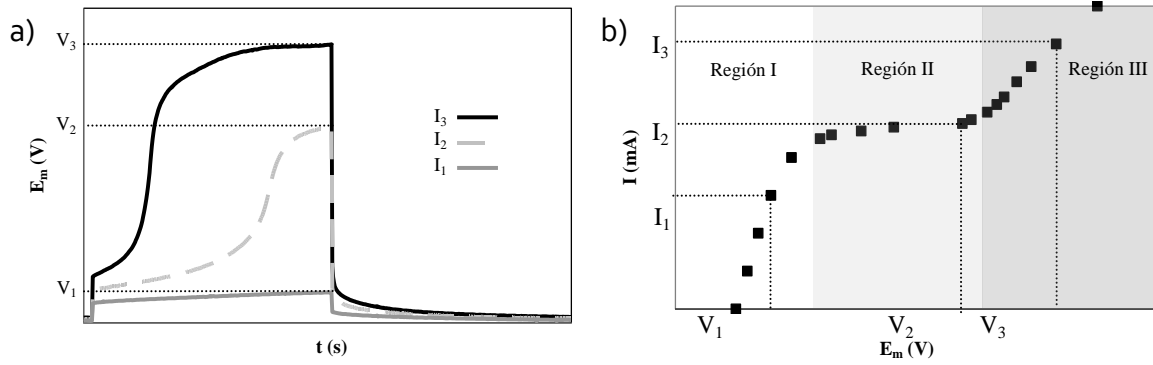


Figura III.2: a) Curva cronopotenciométrica. b) Curva de polarización a partir de los valores estacionarios de U_m extraídos de las curvas cronopotenciométricas (a)

1.2. Ensayos de Larga Duración

Para estudiar las variaciones de concentración de cromo hexavalente en los distintos compartimentos electrolíticos, se han realizado diferentes experiencias en las que se impone una intensidad constante para medir la caída de potencial de la membrana cerámica de intercambio aniónico (U_m) y el potencial de celda (U_c), utilizando una celda electrolítica como la que muestra la *Figura III.3*.

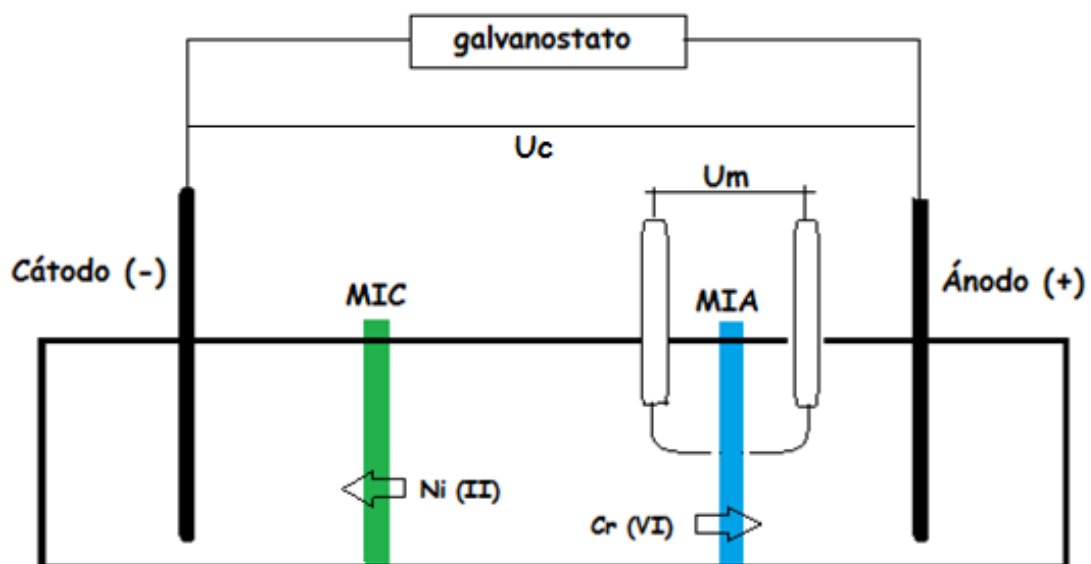


Figura III.3: Esquema de la celda electrodiálítica de tres compartimentos empleada para los ensayos de larga duración

Para evaluar el transporte de Cr(VI) a través de la membrana cerámica aniónica y el transporte de Ni(II) a través de la membrana catiónica se han calculado diferentes figuras de mérito como son la conversión, rendimiento eléctrico, productividadespecífica y energía específica consumida, que se definen a continuación.

- **Conversión $x(t)$** se define como los moles de interés transferidos entre los moles iniciales de interés. Se representa según la *ecuación (13)*:

$$x(t) = \frac{c_0 - c(t)}{c_0} \quad (\text{ecuación 13})$$

donde C_0 es la concentración inicial del ion y $C(t)$ es la concentración del ion para un tiempo determinado

- **Eficiencia de corriente $\phi(t)$** se define, tal como muestra la *ecuación (14)*, como el cociente entre los coulombios empleados para transportar el ión de interés entre los coulombios aplicados. Por tanto:

$$\phi(t) = \frac{z \cdot F \cdot V \cdot (C_0 - C(t))}{\int_0^t I(t) dt} \quad (\text{ecuación 14})$$

donde z son los equivalentes intercambiados por mol, V es el volumen de disolución estudiado e $I(t)$ es la corriente aplicada en el proceso en función del tiempo

- **Productividad específica $\eta(t)$** . Se refiere a la relación entre la productividad y el coste de inversiones, y se considera un elemento de apreciación económica. Se define como la masa transportada del compuesto de interés por unidad de volumen y tiempo. Viene expresado en (g/(L·s)) y definido según la *ecuación (15)*

$$\eta(t) = \frac{Mr_{\text{compuesto}} \cdot (C_0 - C(t))}{t} \quad (\text{ecuación 15})$$

donde $Mr_{\text{compuesto}}$ es el peso molecular del compuesto de interés y t es el tiempo en el que se estudia la muestra.

- **Energía específica consumida $E_s(t)$** se define como el consumo eléctrico del reactor electroquímico por kilogramo de producto de interés transportado. Se expresa en unidades de (kWh/kg) a partir de la siguiente ecuación (16):

$$E_s(t) = \frac{\int_0^t U_{celda}(t) \cdot I(t) dt}{M_{r_{compuesto}} \cdot V \cdot (C_0 - C(t))} \quad (\text{ecuación 16})$$

donde $U_{celda}(t)$ es el potencial de celda en función del tiempo

2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

2.1. Espectrofotometría de Absorción Atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra, es decir, para evaluar la concentración de un analito en una disolución objeto de estudio, basándose en la ley de Beer-Lambert. Esta ley fue descubierta por los investigadores que le dan nombre entre 1790 y 1820. Se propuso que la absorbancia de una muestra a una determinada longitud de onda depende de la cantidad de especie absorbente con la que se encuentra la radiación electromagnética al pasar por la muestra. Esta técnica puede utilizarse para la identificación y para la determinación cuantitativa de cualquier elemento de la tabla periódica.

Las ventajas más destacadas de la espectrofotometría de absorción atómica son las enumeradas a continuación:

- Generalmente solo se determinan por este método los metales y metaloides, aunque puede extenderse a cualquier otro elemento.
- Es un método excelente de análisis elemental de trazas, normalmente detecta elementos a nivel de partes por millón.
- No se requiere ninguna preparación de las muestras, o bien ésta es mínima.
- El método es relativamente rápido, especialmente si el aparato permite una lectura directa.

Esto ocurre debido a que los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser desplazados a orbitales más altos por un instante de tiempo mediante la absorción de una cantidad de energía determinada (es decir, radiación de una longitud de onda característica). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.

Como la cantidad de energía de la lámpara o fuente es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones ocurren, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide.

El proceso, que se representa en la *Figura III.4*, trata fundamentalmente de determinar la cantidad de radiación electromagnética (a una longitud de onda característica para cada elemento) que es absorbida por los átomos nebulizados. La cantidad de radiación absorbida depende del tipo de sustancia que atraviesa la muestra, la distancia que recorre la luz y la concentración de la sustancia. La luz incidente, I_{R_0} , es enfocada sobre la llama que contiene al analito. I_{R_0} decae producto de la absorción de energía que ocurre y sale con una intensidad, I_R , según se muestra a continuación:

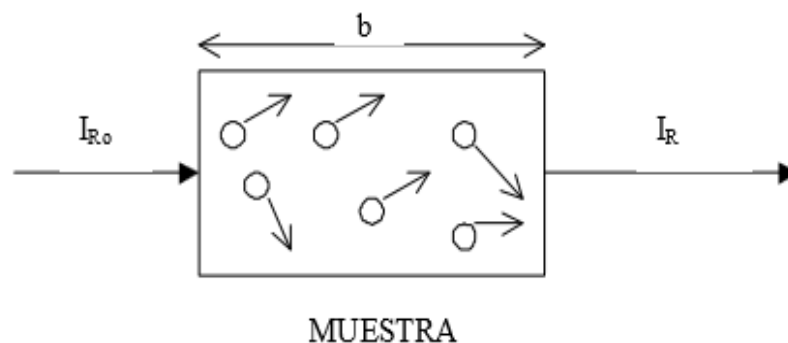


Figura III.4: Esquema del proceso de absorción atómica

La absorbancia, A , se expresa a través de la *ecuación(17)* y donde T es la transmitancia:

$$A = -\log \frac{1}{T} \quad (\text{ecuación 17})$$

Se define entonces la transmitancia, T , en la *ecuación (18)* como la relación entre las intensidades de la radiación de entrada y salida de la llama, de forma que:

$$T = \frac{I_R}{I_{R0}} \quad (\text{ecuación 18})$$

donde I_R es la intensidad de la luz que sale e I_{R0} es la intensidad de la radiación que incide

Beer demostró que la absorbancia sigue una relación lineal con la concentración del analito que viene expresada en la *ecuación (19)*:

$$A = \varepsilon \cdot d \cdot C \quad (\text{ecuación 19})$$

donde ε es el coeficiente de absorción (o absorción molar, si la concentración se expresa en términos de moles de analito / litro de disolución) que es una constante característica de la especie a una determinada longitud de onda, d es el paso óptico, es decir la longitud que recorre la radiación en interacción con la muestra y C es la concentración del analito.

Esta linealidad entre la absorbancia y la concentración del analito permite obtener las denominadas rectas de calibrado, aunque en ciertos casos en los equipos la linealidad se pierde por la saturación del detector.

2.1.1. Rectas de Calibrado

Las rectas de calibrado son una herramienta valiosa para la determinación de la concentración de una determinada sustancia presente en una disolución problema.

Tal y como dicta la Ley de Beer, la relación entre absorbancia y concentración deber ser lineal como se muestra en la *Figura III.5*. En la práctica, pueden existir ciertas desviaciones que afecten a los resultados, por ello, es necesario realizar periódicamente la recta de calibrado que cubra el intervalo de concentraciones entre las que se encuentra la muestra y que permita el estudio de las especies problema. Cualquier desviación de un patrón respecto a la curva de calibrado original, se puede utilizar para corregir el resultado analítico.

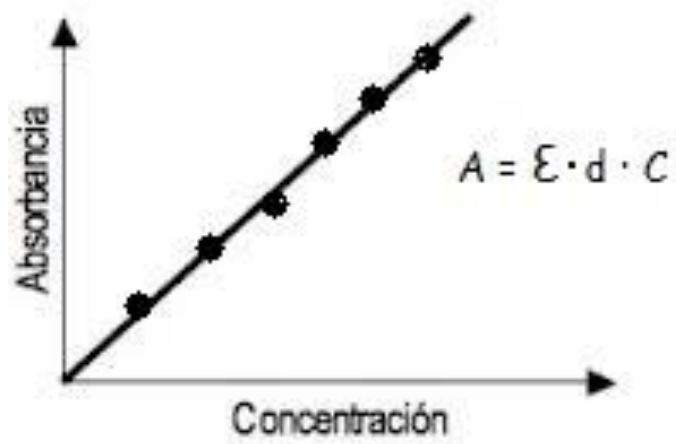


Figura III.5: Recta de calibrado típica

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1.	CRONOPOTENCIOMETRÍA.....	59
1.1.	Montaje Experimental.....	59
1.2.	Método de Ensayo	61
1.3.	Condiciones de ensayo.....	61
2.	ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN.....	62
2.1.	Montaje Experimental.....	62
2.2.	Método de Ensayo	63
2.3.	Condiciones de ensayo.....	63
3.	ESPECTROFOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	64

1. CRONOPOTENCIOMETRÍA

1.1. Montaje Experimental

El reactor electroquímico utilizado consta de tres compartimentos (*Figura IV.1*), que son tres cuerpos cilíndricos de 130 ml cada uno fabricados de PVC transparente y poseen bocas laterales. De este modo los cuerpos de los extremos, con una boca lateral, pueden intercambiar su posición (derecha-izquierda) mientras que el cuerpo con dos bocas laterales permanece en posición central. Dichos cuerpos poseen aberturas superiores que permiten la instalación de los electrodos de referencia, del electrodo de trabajo y del contra- electrodo. La membrana cerámica de intercambio aniónico se sitúa separando el ánodo del compartimento central, y la membrana polimérica catiónica se sitúa separando el cátodo y el compartimento central.

Como se ha dicho en el párrafo anterior, los dos cuerpos situados en los extremos tienen una boca lateral liberada que permite el contacto con la membrana (sea polimérica o cerámica según el caso), pero también una boca lateral taponada. En el caso del cuerpo central tiene ambas bocas liberadas de forma que una de ella está en contacto con la membrana cerámica aniónica mientras que la otra está en contacto con la membrana polimérica catiónica.

Para conseguir la hermeticidad necesaria, se colocan bandas de silicona entre el cuerpo transparente y la membrana en cada uno de los puntos de contacto de estos, y posteriormente se atornillan las celdas adecuadamente de manera que quede un sistema hermético sin dañar o forzar los elementos del reactor que se acaba de formar.

Las membranas usadas son en este trabajo son:

- Membrana de intercambio catiónico: membrana Nafión 117 (Du Pont).
- Membrana cerámica de intercambio aniónico: membrana cerámica impregnada con óxido de zirconio.

Cabe destacar que en el caso de la cronopotenciometría se ha reducido el área de paso o área efectiva en la membrana de intercambio aniónico para que la caída de potencial de celda no supere el límite de medida del equipo. Para ello se utiliza una lámina de silicona que reduce dicha área hasta un valor de $8,04\text{cm}^2$.

Para llevar a cabo las medidas cronopotenciométricas se ha utilizado un potenciostato-galvanostato Autolab PGSTAT 20. Por tanto el montaje experimental empleado, mostrado en la *Figura IV.1*, consta de dichopotenciostato-galvanostato, el reactor electroquímico de tres compartimentos con las dos membranas, dos electrodos de referencia Ag/AgCl inmersos en dos capilares de Luggin (colocados junto a cada lado de la membrana cerámica aniónica) para medir la caída de voltaje a través de la membrana (U_m) y dos electrodos de grafito que actúan como ánodo y como cátodo y que permiten imponer la intensidad requerida.

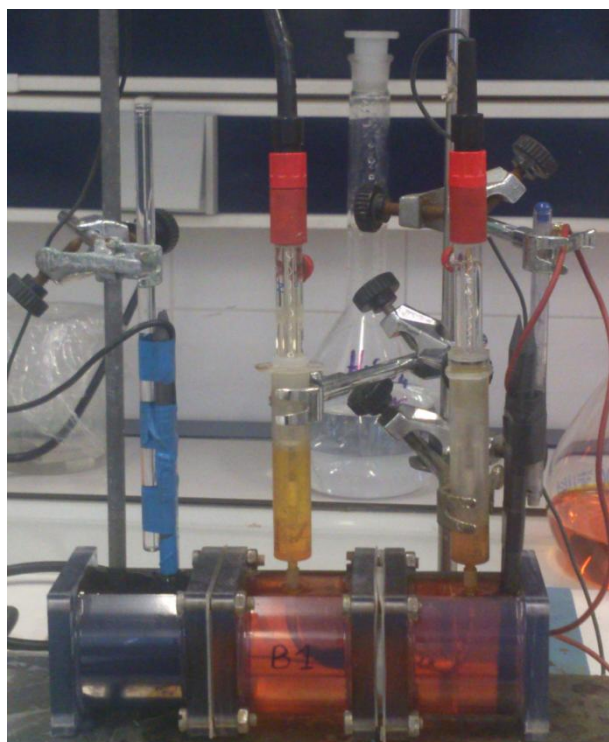


Figura IV.1:Celda electroquímica de tres compartimentos utilizada en un ensayo cronopotenciométricos.

1.2. Método de Ensayo

En primera instancia debe prepararse la disolución de estudio, y antes de iniciar el ensayo, es necesario equilibrar las membranas que se van a utilizar en las experiencias; así pues se introducen en un vaso de precipitados las membranas con la disolución de estudio en agitación durante aproximadamente 24h con el fin de conseguir el equilibrio entre la membrana y la disolución.

Tras la estabilización, se procede al montaje del reactor electroquímico como se ha explicado en el punto anterior, realizando todos los experimentos a temperatura ambiente (25°C) y en ausencia de agitación; y además se conecta el potencióstato-galvanostato a un sistema de adquisición de datos para que sea posible registrar la variable medida.

En primer lugar, se realiza un barrido de potencial de 0 a 10V a una velocidad de barrido de 5mV/s. Esto facilita la elección de los valores de corriente en los ensayos cronopotenciométricos, que se han desarrollado del siguiente modo.

- Inicialmente, se deja el sistema 10 segundos a circuito abierto.
- A continuación, se lleva a cabo la aplicación de un pulso de corriente durante 300 segundos
- Finalmente, tiene lugar el proceso de relajación del sistema durante 300 segundos adicionales sin aplicación de corriente.

1.3. Condiciones de ensayo

En los ensayos cronopotenciométricos se ha utilizado la misma disolución en todos los compartimentos. Los valores de concentración de las disoluciones empleadas se recogen en la *Tabla IV.1*:

Tabla IV.1: Disoluciones utilizadas en los ensayos cronopotenciométricos

Disoluciones (M)
0,01M CrO ₃ y 0,001 NiSO ₄
0,1M CrO ₃ y 0,01 NiSO ₄

2. ENSAYOS DE LARGA DURACIÓN

2.1. Montaje Experimental

En este caso, el montaje experimental es muy similar al explicado durante las cronopotenciometrías, es decir, consta del potencióstato-galvanostato, el reactor electroquímico de tres compartimentos con dos las membranas (polimérica y cerámica), los dos electrodos de referencia Ag/AgCl inmersos en dos capilares de Luggin y los dos electrodos de grafito que actúan como ánodo y como cátodo para imponer la intensidad requerida. El potencióstato-galvanostato utilizado es el mismo que en los ensayos cronopotenciométricos, es decir, Autolab PGSTAT 20 y se muestra en la *Figura IV.2*.



Figura IV.2: Potencióstato-Galvanostato Autolab PGSTAT 20

En este caso los cuerpos transparentes que dan forma al reactor son más alargados que en cronopotenciometría (130 ml), y por otra parte el área de membrana de paso de iones es el área total de la misma ($A=12,56\text{cm}^2$). Además cada cuerpo transparente se sitúa sobre una placa agitadora que junto con el agitador magnético introducido en cada compartimento permiten la agitación continuada de la disolución del reactor. Las membranas utilizadas son las mismas que las descritas en el *punto 1.1* del presente capítulo.

2.2.Método de Ensayo

Del mismo modo que en los ensayos cronopotenciométricos es necesario, en primer lugar, equilibrar las membranas en la disolución de trabajo durante 24 horas. Tras este tiempo, se está en disposición de llevar a cabo el montaje experimental explicado del reactor electroquímico y, a continuación, se procede al llenado de los compartimentos. Los niveles de líquido en los tres compartimentos deben ser iguales, con la finalidad de evitar el paso de líquido por diferencia de presión.

A continuación, se selecciona la intensidad adecuada para desarrollar el ensayo, y una vez puesto en marcha el ensayo, se extraen alícuotas del compartimento central cada hora para evaluar la evolución de la concentración de cromo hexavalente y de níquel en dicho compartimento. Además, se mide el potencial de membrana (U_m) y el potencial de celda (U_c) para cada valor de intensidad aplicado con el objeto de calcular las figuras de mérito del reactor electroquímico.

Para analizar la evolución de cromo en el compartimento central, se toman alícuotas del compartimento central y del compartimento anódico, mientras que para evaluar la concentración de níquel se extraen alícuotas del compartimento central y del compartimento catódico. En total se extraen un total de 7 alícuotas durante 6h, y se efectúan las diluciones oportunas de las mismas.

Por ello, tras finalizar los experimentos de la larga duración, es posible evaluar la evolución de la concentración de níquel y cromo. Además se mide el pH en todos los compartimentos.

2.3.Condiciones de ensayo

En este caso, la disolución para llevar a cabo los ensayos de larga duración tiene una composición 0,1M CrO_3 y 0,01M NiSO_4 . Dicha disolución se introduce en el compartimento central del reactor. En el compartimento anódico se introduce una disolución 0,1M CrO_3 , mientras que en el compartimento catódico se introduce una disolución 0,1M H_2SO_4 .

Por otra parte el valor de las intensidades elegidas para llevar a cabo los ensayos se muestran en la *Tabla IV.2*

Tabla IV.2: Intensidades empleadas en los ensayos de larga duración

Intensidad (A)
0,25
0,4

3. ESPECTROFOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Inicialmente es necesario preparar los patrones para construir la recta de calibrado. En este caso, tanto para el cromo como para el níquel las concentraciones de los patrones se muestran en la *Tabla IV.3*.

Tabla IV.3: Concentración de los patrones de níquel y cromo

Concentración de Níquel (mol/L)	Concentración de Cromo (mol/L)
0	0
1,00E-05	1,00E-04
5,00E-05	2,00E-04
1,00E-04	4,00E-04
2,50E-04	6,00E-04
5,00E-04	8,00E-04
7,50E-04	1,00E-03
1,00E-03	
2,00E-03	
3,00E-03	

De la representación de las absorbancias medidas para cada uno de los patrones, se obtiene una recta cuya pendiente y ordenada en el origen definen una recta de calibrado como la mostrada en la *Figura III.5*.

A continuación, y una vez obtenida la recta de calibrado, se mide la señal analítica para las muestras recogidas en los ensayos de larga duración y se interpola en la recta de calibrado para obtener los valores de concentración de analito.

Todas estas mediciones se realizan mediante el espectrofotómetro de absorción atómica llamado *Perkin Elmer AA Spectrophotometer* de la *Figura IV.3*. La *Tabla IV.4* muestra los parámetros seleccionados en el espectrofotómetro para la medida del cromo y del níquel.



Figura IV.3: Espectrofotómetro de absorción atómica

Tabla IV.4: Parámetros para el níquel y cromo en el espectrofotómetro de absorción atómica

Parámetro	Níquel	Cromo
Intensidad de la lámpara (mA)	17	10
Anchura de la rejilla	0,2	0,2
Longitud de onda (nm)	351,5	425,4
Intervalo de tiempo entre muestras (s)	1	1
Réplicas	3	3

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CRONOPOTENCIOMETRÍA Y CURVAS DE POLARIZACIÓN	71
2. ENSAYOS DE LARGA DURACION	75
2.1. Efecto de la intensidad aplicada.....	78
2.2. Efecto del número de impregnaciones	91

1. CRONOPOTENCIOMETRÍA Y CURVAS DE POLARIZACIÓN

El *Gráfico V.1* representa los cronopotenciogramas obtenidos para la membrana cerámica sin impregnar ($n=0$) y para la disolución $0,1\text{M Cr(VI)}$ y $0,01\text{M Ni(II)}$. Para todos los pulsos de corriente aplicadas, la respuesta de la caída de potencial de membrana (U_m) es análoga, es decir, no se observa la aparición de la densidad de corriente límite.

Para el resto de membranas objeto de estudio y para las condiciones experimentales de la *Tabla IV.1*, el comportamiento en los cronopotenciogramas es análogo, es decir, no se observa la aparición del proceso de polarización por concentración descrito anteriormente. Todos los gráficos correspondientes a dichos ensayos cronopotenciométricos realizados se encuentran recogidos en el *Anexo 1*.

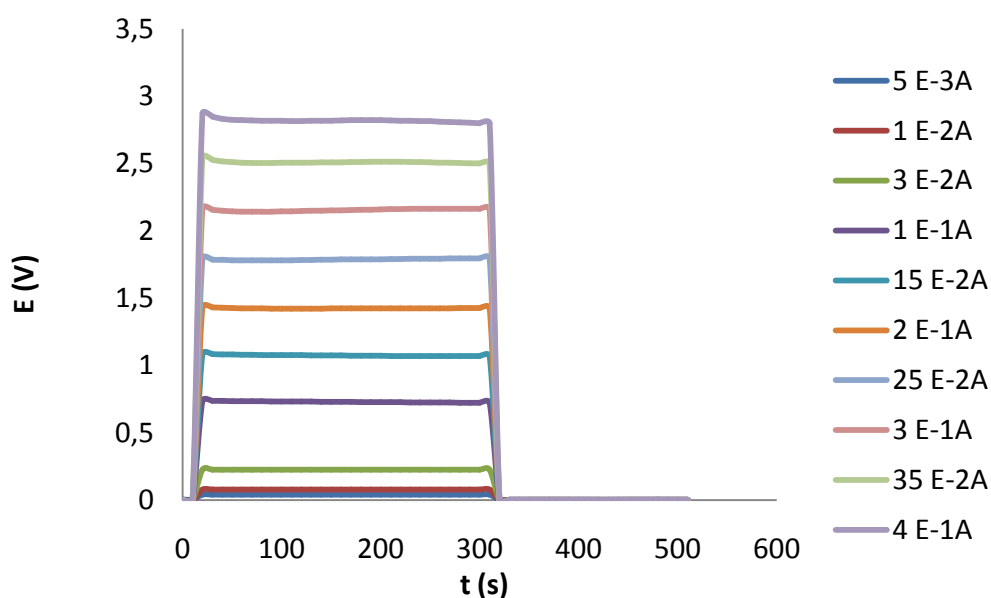


Gráfico V.1: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, $n=0$, para una disolución 10^{-1}M Cr(VI) y 10^{-2}M Ni(II)

Las curvas de polarización (intensidad-potencial) obtenidas a partir de los ensayos cronopotenciométricos correspondientes a las dos disoluciones objeto de estudio (*Tabla IV.1*) en presencia de la membrana con $n=6$, se recogen en el *Gráfico V.2*. En éste se observa como a concentraciones más elevadas se alcanzan densidades de corrientes más elevadas para un mismo potencial y un determinado número de ciclos de impregnación.

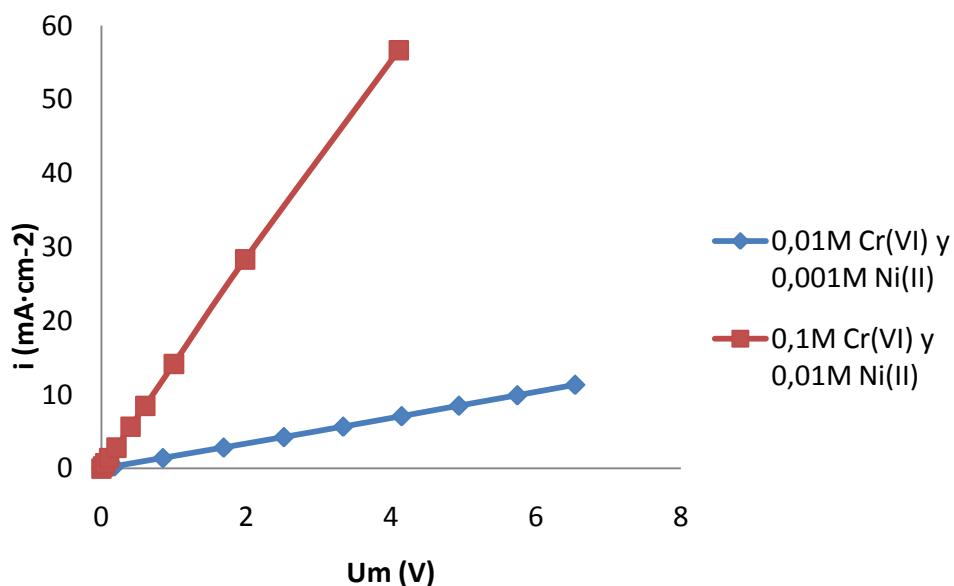


Gráfico V.2: Curvas de polarización de la membrana de intercambio aniónico para $n=6$ y diferentes concentraciones de disolución de baño agotado

Así mismo, en el *Gráfico V.2* se observa que las curvas de polarización solo presentan la región I (*Figura III.2.b*) y por tanto, no se alcanza la densidad de corriente límite, tal y como se ha comentado anteriormente. De la inversa de la pendiente de la recta de polarización se determina la resistencia de la membrana para cada caso. En la *Tabla V.1* se recogen éstas resistencias para ambas concentraciones del baño agotados.

Tabla V.1: Resistencias de membrana para diferentes concentraciones y $n=6$

Concentración (M)	Ciclos de impregnación	Resistencia de la membrana ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)
0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II)	6	72,1084
0,01M Cr(VI) y 0,001M Ni(II)	6	577,7675

De los resultados anteriores es posible concluir que a mayor concentración de baño, menor es la resistencia que ofrece la membrana. Esto se debe al hecho de que cuanto más elevada es la concentración del baño, mayor cantidad de iones en disolución capaces de desplazarse tanto a través de la membrana como en las proximidades de ésta, es decir, en la capa límite.

A continuación, en el *Gráfico V.3* se muestran las curvas de polarización correspondientes a distintos ciclos de impregnación de óxidos de zirconio aplicados a las membranas cerámicas, para una disolución 10^{-1}M Cr(VI) y 10^{-2}M Ni(II).

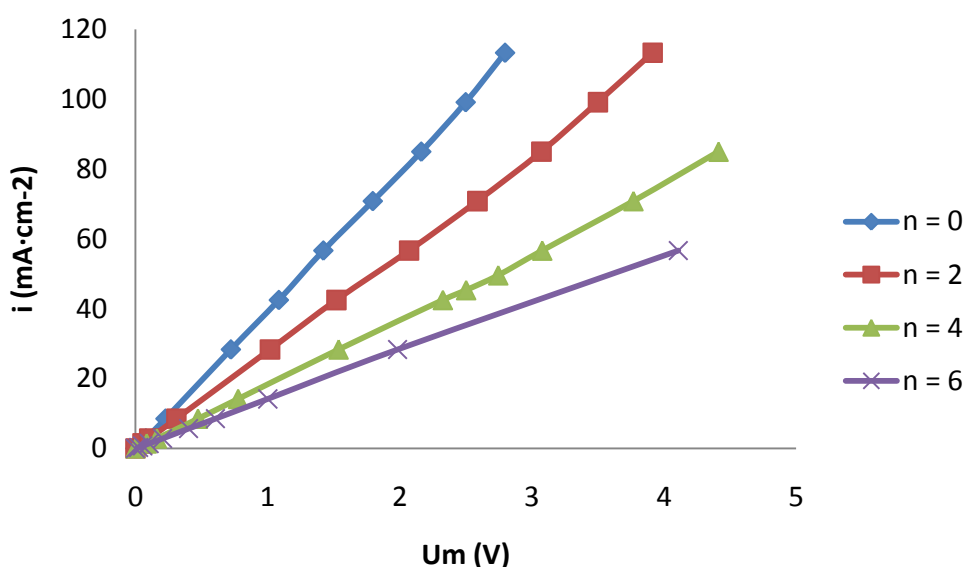


Gráfico V.3: Curvas de polarización de la membrana de intercambio aniónico para una disolución 10^{-1}M Cr(VI) y 10^{-2}M Ni(II) y diferentes ciclos de impregnación

A continuación en la *Tabla V.2* se recogen, de nuevo, las resistencias de la membrana para cada uno de los ciclos de impregnación aplicados y la concentración objeto de estudio. Así mismo, en el *Gráfico V.4* se representan las resistencias de la membrana medidas en función del número de ciclos de impregnación a los que se ha sometido.

Tabla V.2: Resistencias de membrana para diferentes concentraciones y ciclos de impregnación

Concentración (M)	Ciclos de impregnación	Resistencia de la membrana ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)
0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II)	0	24,9675
0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II)	2	35,2584
0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II)	4	52,9829
0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II)	6	72,1084

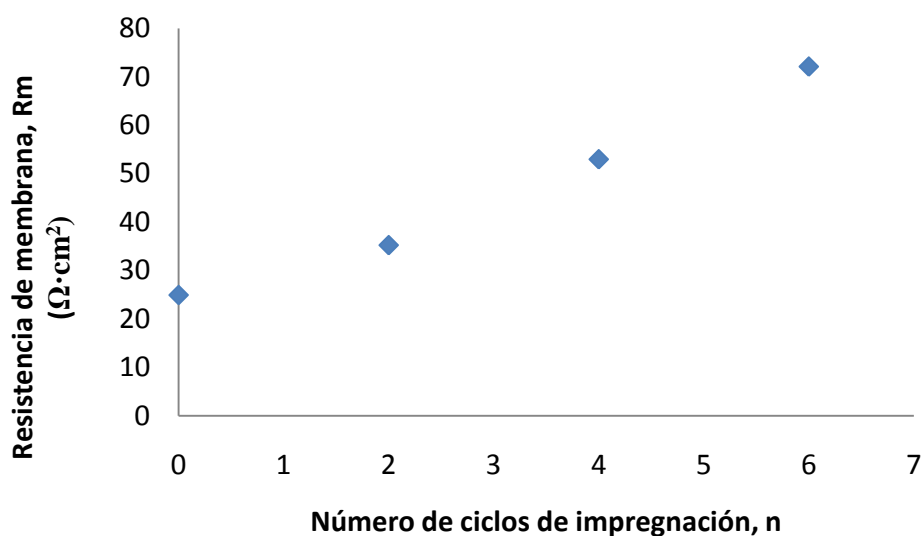


Gráfico V.4: Resistencia de membrana en función del número de impregnaciones para una concentración 0,1M Cr(VI) y 0,01M Ni(II) del baño agotado.

En el gráfico anterior puede verse como cuantos más ciclos de impregnación de óxido de zirconio, mayor es la resistencia que ofrece la membrana. Esto ocurre porque al impregnar la membrana, las partículas de óxido se sitúan en los poros taponándolos. Por tanto, cuanto mayor sea la cantidad de óxido de zirconio impregnada, mayor será la cantidad de poros taponados o semi-taponados (de forma que se reduzca el área de paso), y como consecuencia mayor dificultad al paso de iones por la oposición de la membrana.

2. ENSAYOS DE LARGA DURACION

De los ensayos de larga duración realizados se han obtenido los resultados que se recogen en la *Tabla V.3* a la *Tabla V.10* para cada tipo de membrana utilizada y para cada intensidad aplicada. En ellas se muestra para cada tiempo, el potencial de celda (U_c), el potencial de membrana (U_m), las concentraciones de níquel en el cátodo y en el compartimento central, y las concentraciones de cromo en el ánodo y en el compartimento central.

Tabla V.3: Datos obtenidos para $n=0$ y $I=0,25A$

t (h)	U_c (V)	U_m (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	15,44	0,8346558	0	0,01023248	0,06900951	0,07040242
1	15,89	0,7876587	0,00188996	0,00747869	0,06587381	0,09130368
2	16,50	0,8624268	0,00368717	0,00588448	0,06030014	0,11986874
3	17,05	0,9106445	0,00519457	0,00443504	0,04915283	0,13624143
4	18,23	0,9555054	0,00675981	0,00327555	0,03556698	0,14355684
5	19,57	1,018372	0,00774538	0,00226166	0,03173508	0,16585152
6	21,78	1,135864	0,00844107	0,00124645	0,02755483	0,17281862

Tabla V.4: Datos obtenidos para $n=0$ y $I=0,4A$

t (h)	U_c (V)	U_m (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	23,62	1,082458	0	0,00859271	0,0732741	0,06978384
1	22,54	0,9320068	0,00221991	0,00569466	0,06733956	0,09317312
2	23,74	0,9924316	0,00407465	0,00410074	0,05861232	0,11272237
3	26,60	1,092834	0,00616125	0,00308642	0,04813958	0,13296981
4	29,36	1,241761	0,00761027	0,00221701	0,03731778	0,14623537
5	29,87	1,27655	0,00807396	0,00105779	0,03033597	0,15531181
6	30,50	1,141357	0,00859561	0,00076798	0,02719415	0,17346469

Tabla V.5: Datos obtenidos para $n=2$ y $I=0,25A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	16,26	1,002808	0	0,00787584	0,08370861	0,08249368
1	15,90	0,8932495	0,00211655	0,00624354	0,08006382	0,09747781
2	15,98	0,9262085	0,00320474	0,00447522	0,07803894	0,09950269
3	16,35	0,9414673	0,00538114	0,00365907	0,07196433	0,10436241
4	17,17	0,9686279	0,00636052	0,00243484	0,06062496	0,10841217
5	18,38	1,013184	0,00690462	0,00161871	0,05050055	0,12299132
6	20,1	1,059572	0,00712226	0,00093857	0,04361595	0,13271075

Tabla V.6: Datos obtenidos para $n=2$ y $I=0,4A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	25,66	1,789856	0	0,00841306	0,0871185	0,08640206
1	26,00	1,74408	0,00270538	0,00538876	0,07493912	0,09356641
2	27,80	2,088318	0,00490487	0,00373914	0,06347614	0,10467116
3	28,86	2,451172	0,00699439	0,00277686	0,04843101	0,11864164
4	29,39	2,633362	0,00748928	0,00181458	0,03768448	0,12508955
5	29,87	2,532349	0,00792918	0,00071484	0,02693796	0,13476143
6	30,23	2,234497	0,00814913	0,00056362	0,01834074	0,13977647

Tabla V.7: Datos obtenidos para $n=4$ y $I=0,25A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	16,02	1,237488	0	0,00927494	0,10253981	0,10595354
1	16,00	1,030373	0,00141515	0,00872855	0,09656579	0,10894055
2	16,13	1,055908	0,00250792	0,00626981	0,08504446	0,11576833
3	16,47	1,087646	0,00545842	0,00476724	0,07736358	0,12558247
4	17,03	1,133423	0,00676975	0,00367446	0,06285524	0,13625036
5	17,75	1,198791	0,00758933	0,00285488	0,05901484	0,14649154
6	18,30	1,291809	0,00824522	0,00094252	0,05346749	0,16014645

Tabla V.8: Datos obtenidos para $n=4$ y $I=0,4A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	23,73	1,834412	0	0,00996422	0,10265151	0,10665195
1	22,90	1,584473	0,00293972	0,00666116	0,09425056	0,12265374
2	24,25	1,992798	0,00442609	0,00390862	0,08144912	0,13825548
3	27,06	2,861633	0,00635288	0,00239472	0,06704751	0,15385723
4	29,35	5,162654	0,00778421	0,00129371	0,04744531	0,16985902
5	29,85	7,0324471	0,00927058	0,00060556	0,03344375	0,18506073
6	30,15	6,887512	0,00982108	0,00019268	0,02904325	0,19146144

Tabla V.9: Datos obtenidos para $n=6$ y $I=0,25A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	19,55	1,586304	0	0,01004669	0,0857911	0,08905002
1	19,14	1,338806	0,00246511	0,00753502	0,08375428	0,09271631
2	19,11	1,266479	0,00525974	0,00576207	0,07601434	0,09964152
3	19,50	1,221313	0,00643211	0,00428462	0,07031123	0,10167834
4	19,88	1,19812	0,00768276	0,00325041	0,06542285	0,10615936
5	21,07	1,213989	0,00827481	0,00251167	0,05890511	0,12082451
6	24,31	1,244202	0,00886472	0,00192069	0,05442399	0,11552876

Tabla V.10: Datos obtenidos para $n=6$ y $I=0,4A$

t (h)	Uc (V)	Um (V)	[Ni]cat (mol/L)	[Ni]cent(mol/L)	[Cr]cent(mol/L)	[Cr]and(mol/L)
0	26,53	2,514954	0	0,01036262	0,10197316	0,10233349
1	24,01	1,660767	0,00280614	0,00687587	0,08575835	0,09945086
2	24,21	1,620483	0,00565132	0,00380753	0,07602946	0,13656477
3	25,87	1,75293	0,00726918	0,00255231	0,06738156	0,14665398
4	28,13	2,015686	0,00838494	0,00129707	0,04828411	0,16142748
5	29,33	2,200928	0,00922176	0,00059972	0,04071721	0,18088526
6	29,70	2,286682	0,01036262	0	0,02846601	0,20214468

Tanto las concentraciones de níquel en el ánodo y las de cromo en el cátodo son prácticamente nulas, ya que las absorbancias medidas para cada uno de estos casos es muy baja y mediante las rectas de calibrado (*Anexo 2*) se han determinado unas concentraciones cercanas a cero.

A continuación se calculan las figuras de mérito de interés y se comentan los resultados según el efecto de la intensidad aplicada y de los ciclos de impregnación.

2.1. Efecto de la intensidad aplicada

Tras los ensayos de larga duración llevados a cabo tal y como se ha explicado anteriormente, se ha procedido al análisis de resultados y a la traducción de las absorbancias obtenidas en valores de concentración, a partir de las rectas de calibrado, para posteriormente obtener los parámetros que se estudian en el trabajo, como son: conversión del cromo, conversión del níquel, eficacia de corriente, productividad específica y energía específica. Se recogen a continuación los gráficos que se han considerado relevantes para la comprensión de los resultados obtenidos.

En este apartado se va a estudiar el efecto que el valor de la intensidad tiene sobre el proceso, es decir, estudiar la variación de los parámetros según la intensidad aplicada en el ensayo.

En primer lugar, las conversiones de cromo obtenidas representan la desaparición de los compuestos de cromo del compartimento central que pasan al ánodo a través de la membrana cerámica aniónica.

Aplicando la *ecuación (13)* del *capítulo III* se pueden calcular las conversiones para todas las condiciones experimentales analizada. Los resultados se recogen en los *Gráficos V.5 – V.8)*

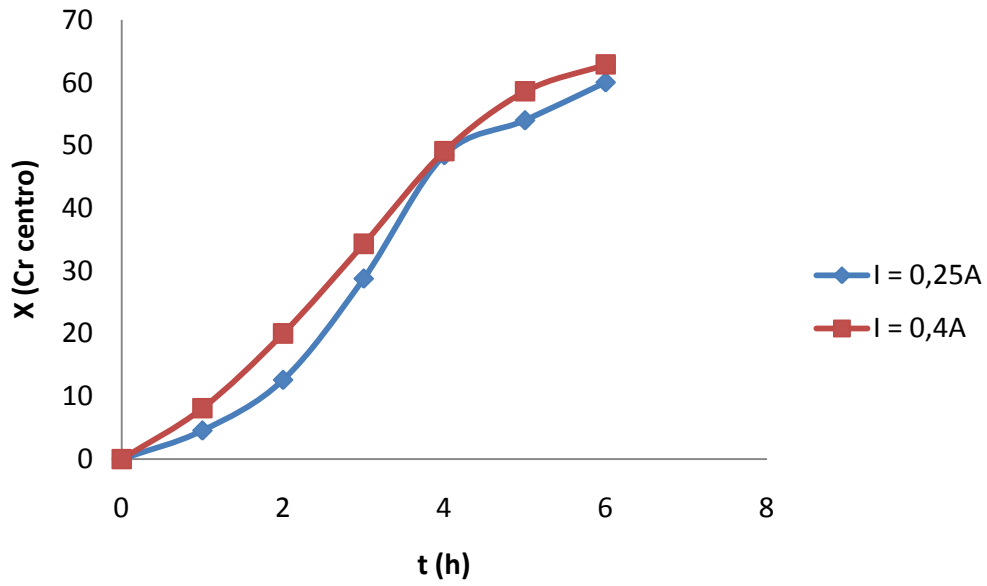


Gráfico V.5: Evolución de la conversión del cromo en el compartimento central para $n=0$ a dos intensidades distintas.

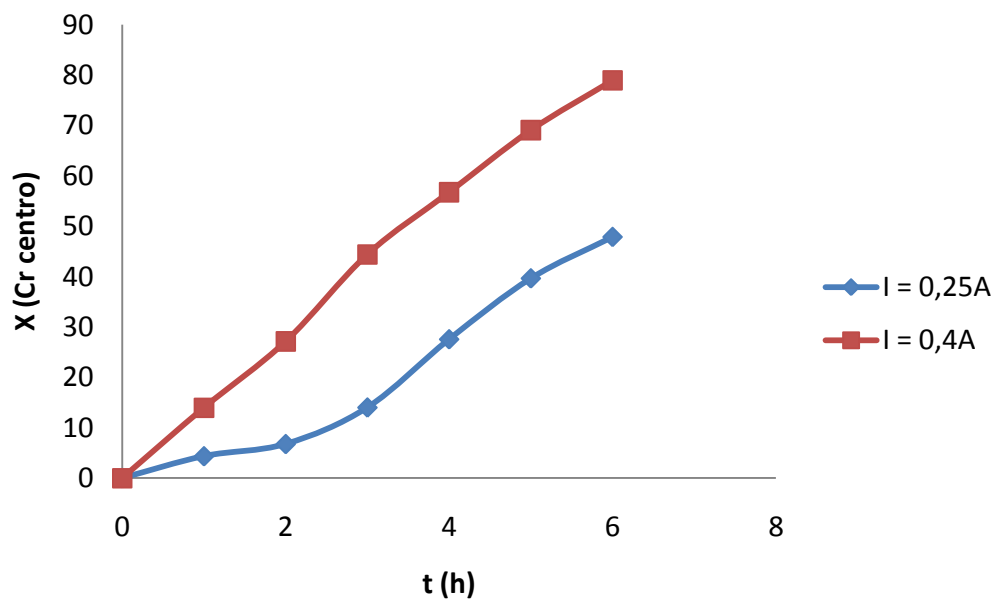


Gráfico V.6: Evolución de la conversión del cromo en el compartimento central para $n=2$ a dos intensidades distintas.

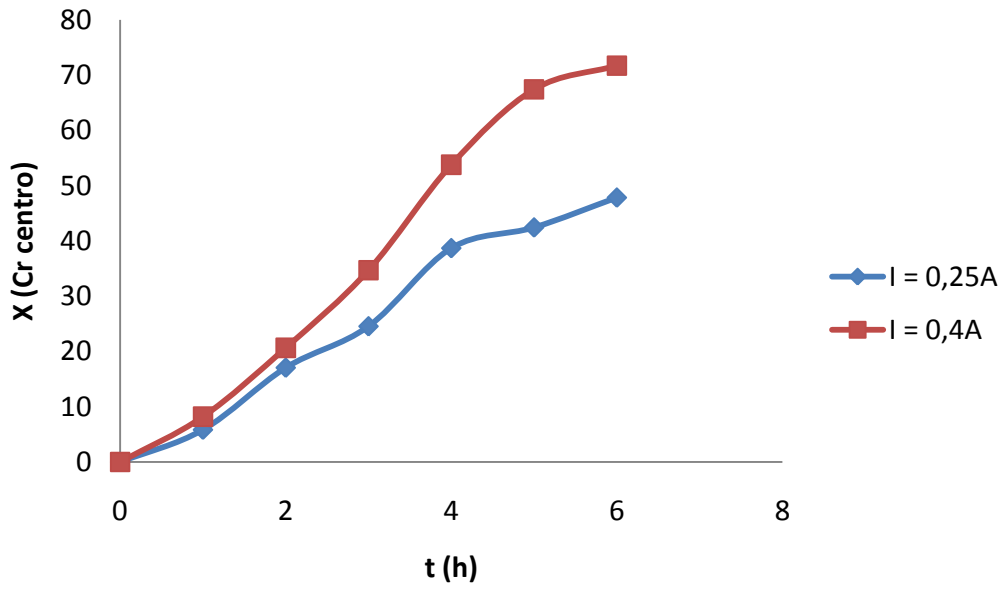


Gráfico V.7: Evolución de la conversión del cromo en el compartimento central para n=4 a dos intensidades distintas

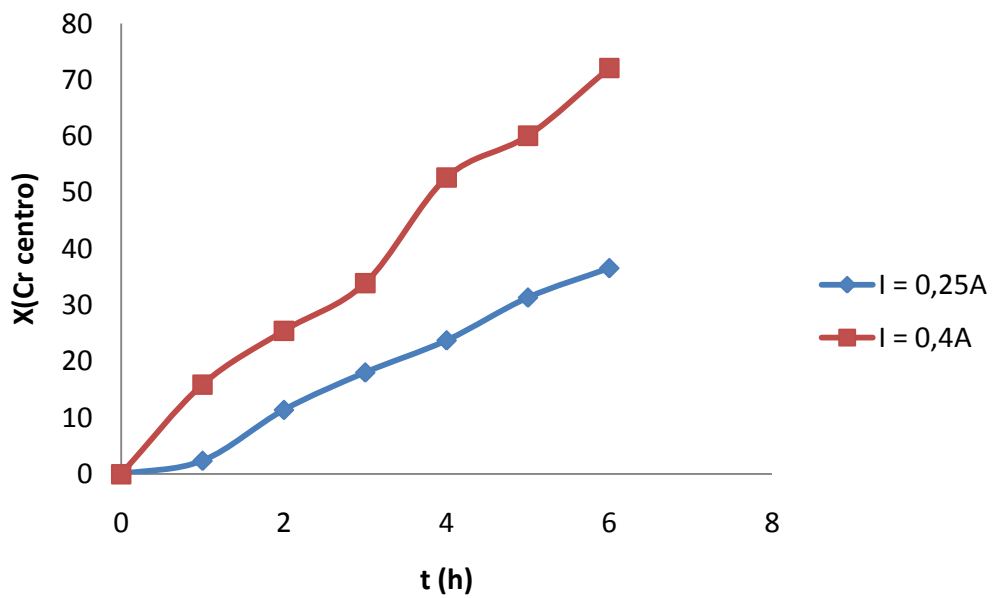


Gráfico V.8: Evolución de la conversión del cromo en el compartimento central para n=6 a dos intensidades distintas

Como conclusión cabe señalar que las conversiones de cromo obtenidas a 0,4A son mayores sea cual sea la membrana analizada. Esto es debido a que intensidades mayores, provocan una mayor velocidad de paso de las especies de Cr(VI) hacia el ánodo y mayor facilidad de los iones para el paso a través de la membrana.

La eficacia de corriente, rendimiento eléctrico o rendimiento farádico mide la carga eléctrica invertida en el paso de Cr(VI) a través de la membrana objeto de estudio, respecto a los culombios realmente aplicados en el proceso (*ecuación 14, capítulo III*).

Las representaciones gráficas de este parámetro se encuentran recogidas en los Gráficos V.9 – V.12 para todas las membranas.

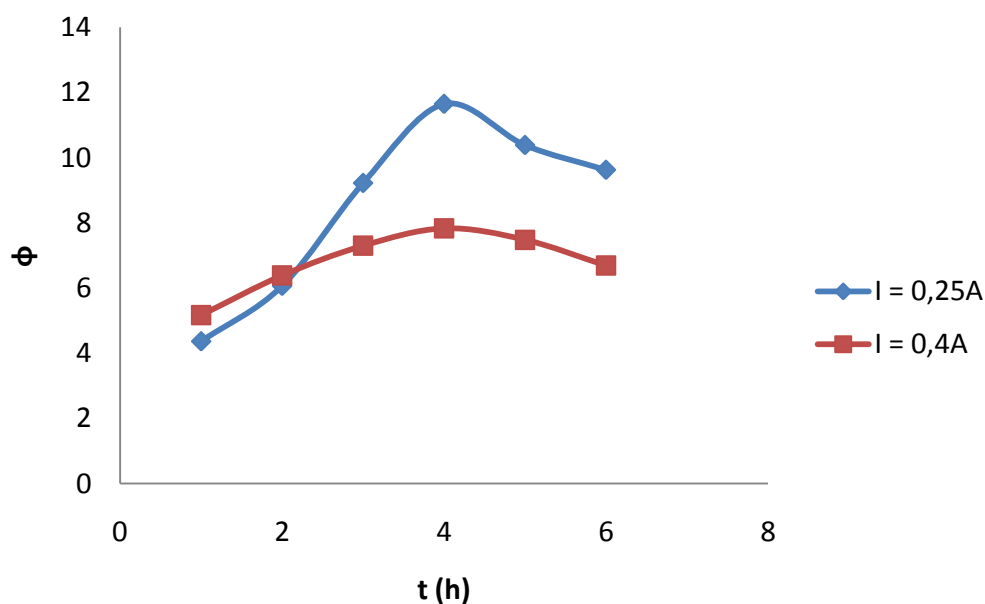


Gráfico V.9: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo del compartimento central para $n=0$ a dos intensidades distintas

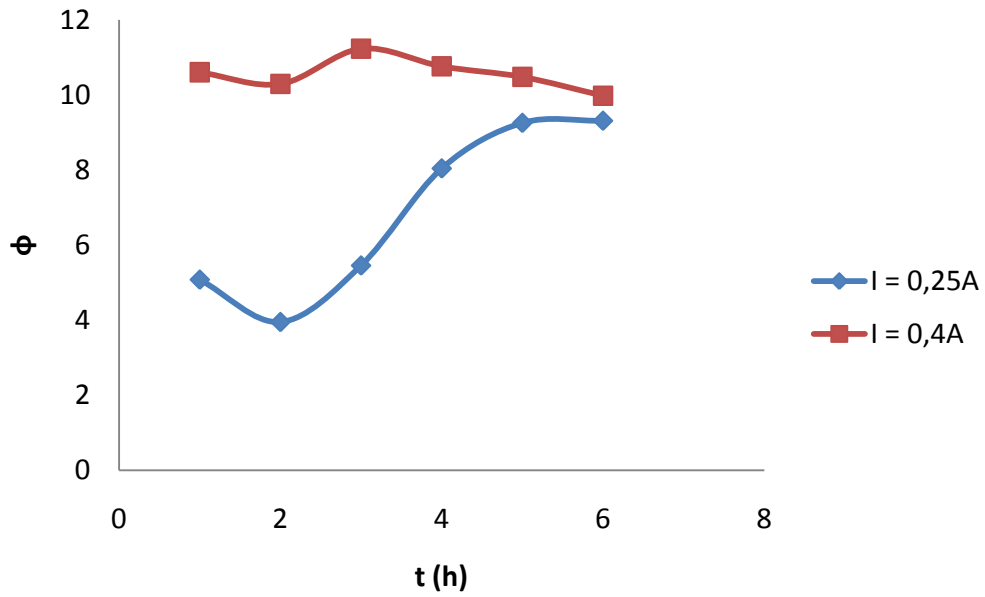


Gráfico V.10: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo del compartimento central para n=2 a dos intensidades distintas

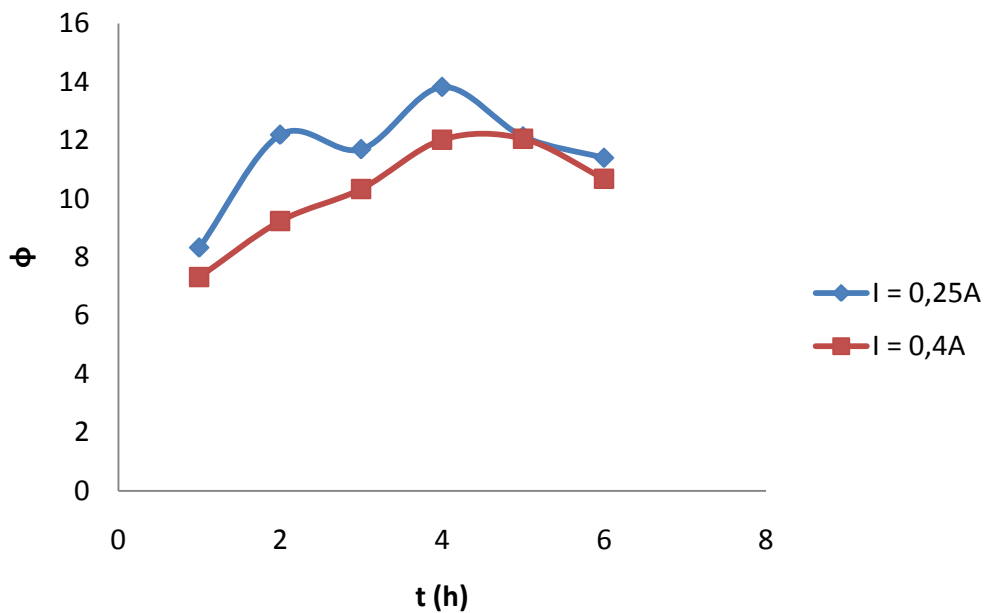


Gráfico V.11: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo del compartimento central para n=4 a dos intensidades distintas

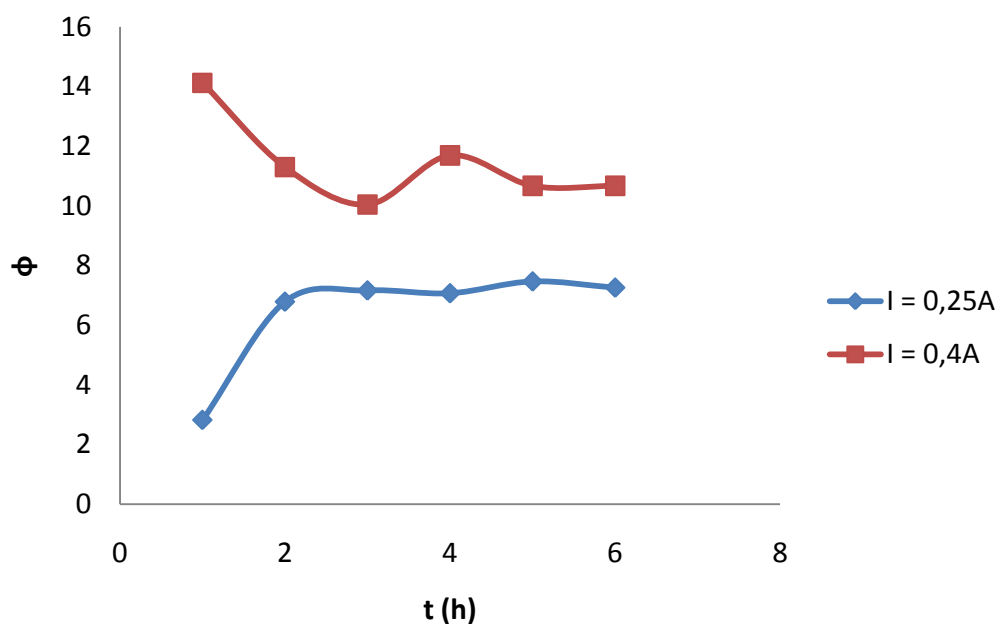


Gráfico V.12: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo del compartimento central para $n=6$ a dos intensidades distintas

En general, el rendimiento eléctrico es bajo, estando en torno al 16%. Se caracteriza por tener un máximo que se corresponde con el instante de tiempo en que es aprovechada la mayor parte de carga eléctrica invertida. Se observa en líneas generales en el *Gráfico V.9a* *Gráfico V.12* que, la eficacia de corriente es menor cuanto mayor es la corriente impuesta.

Si la intensidad aplicada es muy elevada se produce el transporte de otros iones, es decir, un aumento de la corriente impuesta facilita el paso de otras especies indeseables para este estudio. Por ello a mayor intensidad aplicada, mayor proporción de ésta es utilizada en facilitar el paso de otros iones y por tanto menor proporción se utiliza para que pase el Cr(VI).

Esta tendencia no se cumple para los casos de 2 y 6 ciclos de impregnación. Para $n=2$, a pesar de que la eficacia de corriente es menor cuando se aplica una intensidad menor, los valores finales de eficacia para las dos intensidades diferentes son muy similares. En cambio, para $n=6$ los valores finales difieren bastante, y esto puede explicarse porque a pesar de que la concentración inicial (C_0) del baño teórica es 0,1M Cr(VI), en el caso de la menor intensidad la concentración inicial es considerablemente inferior al valor teórico (*Tabla V.9*), lo que hace que el rendimiento disminuya en este caso según la *ecuación (14)* del capítulo III.

Los resultados correspondientes a laproductividad específica se recogen en los Gráficos V.13 – V.16.

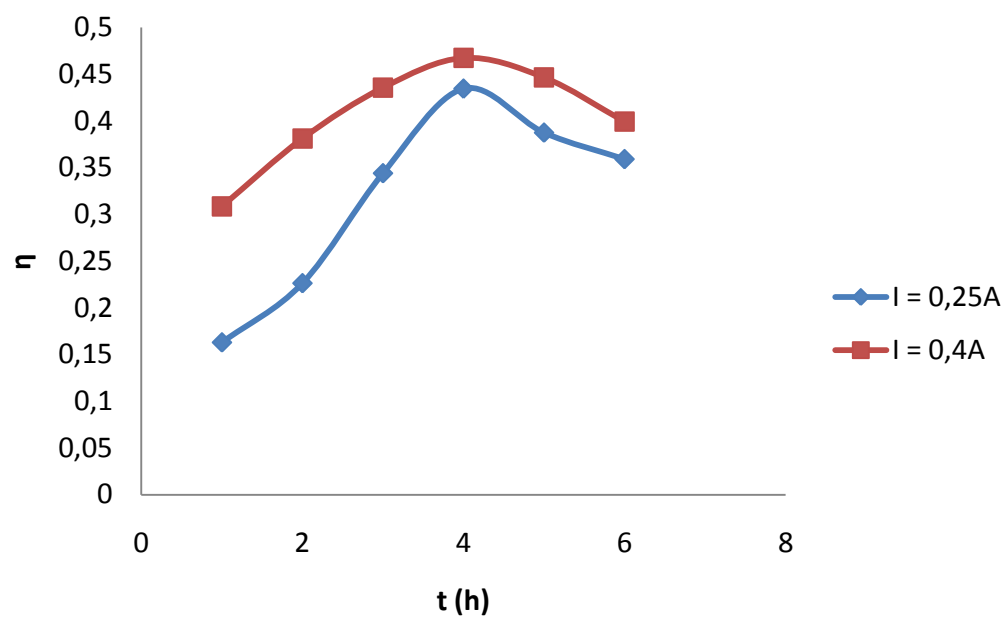


Gráfico V.13: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo del compartimento central para $n=0$ a dos intensidades distintas

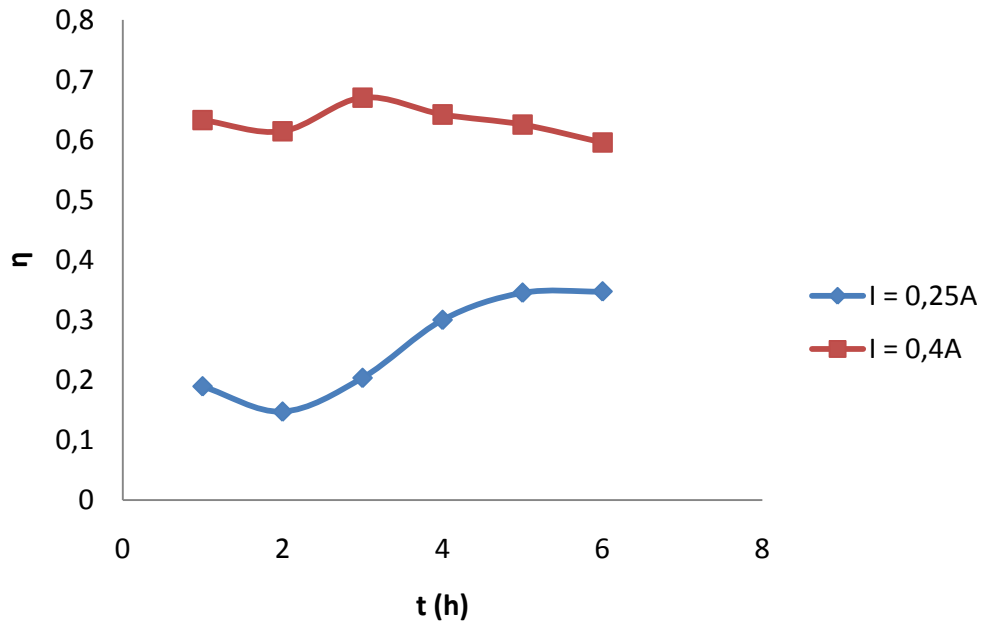


Gráfico V.14: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo del compartimento central para n=2 a dos intensidades distintas

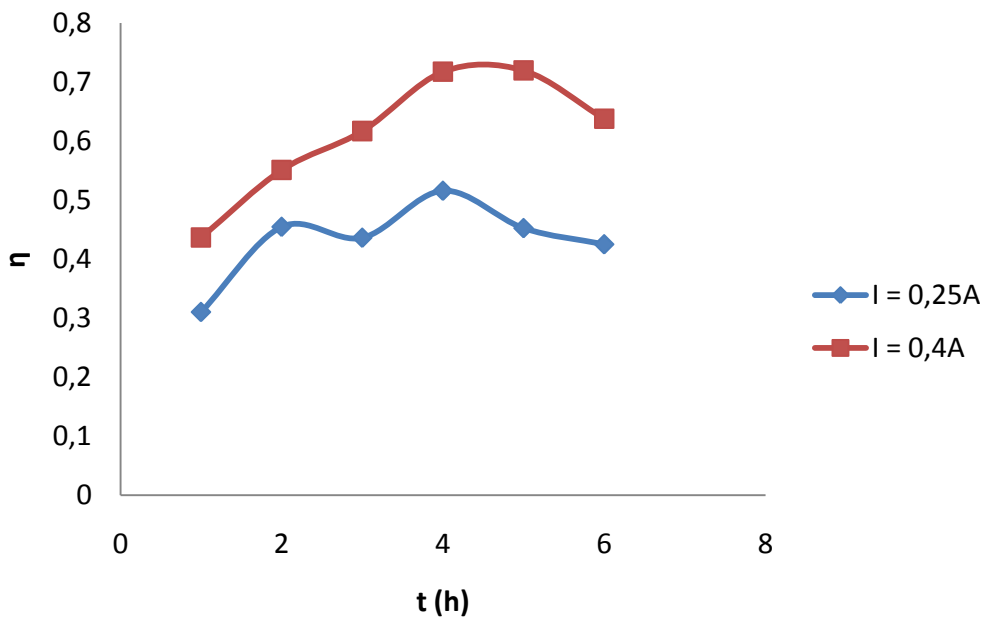


Gráfico V.15: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo del compartimento central para n=4 a dos intensidades distintas

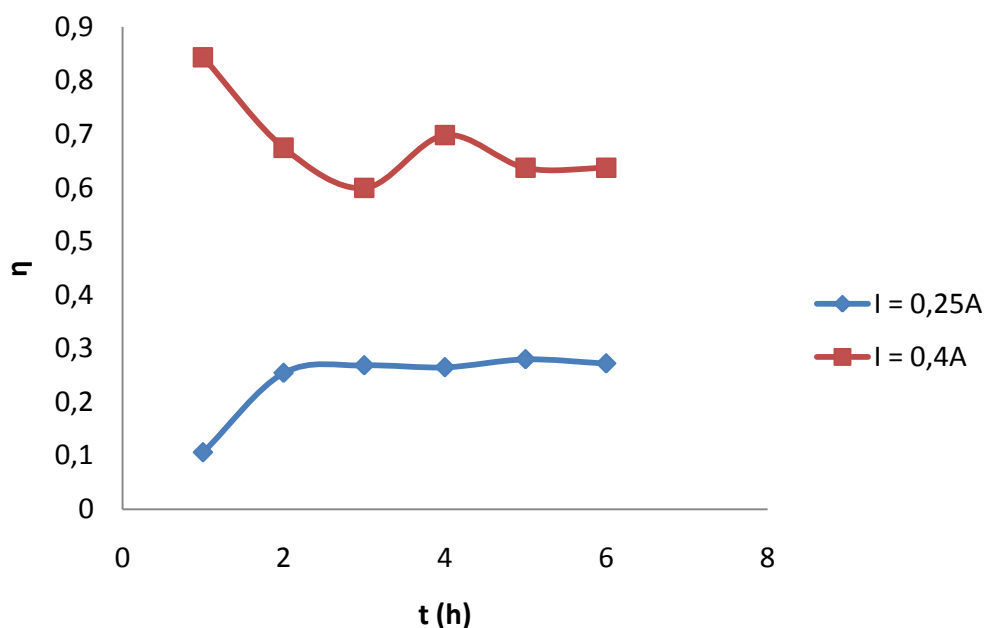


Gráfico V.16: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo del compartimento central para $n=6$ a dos intensidades distintas

La productividad del proceso presenta un máximo en su evolución, tal y como se muestra en los gráficos anteriores. Esto es debido a que el cromo hexavalente presente en las proximidades de la membrana se transporta del compartimento central al ánodo aumentando así la productividad en función del tiempo hasta un instante en el que cromo empieza a agotarse y, por tanto, la cantidad de éste que pasa por la membrana disminuye, disminuyendo también, como consecuencia, la productividad del proceso.

Por otra parte, se refleja que la evolución de la productividad trabajando con intensidad de 0,4A es mayor que la evolución para una intensidad de 0,25A, es decir, mayor productividad cuanto mayor corriente se suministra al sistema. Si aumenta la intensidad aplicada, aumenta la velocidad de paso y con ello el transporte de aniones de Cr(VI) a través de la membrana aniónica, aumentando con ello la productividad del sistema a intensidades más elevadas.

Los siguientes gráficos muestran la evolución de la energía específica con el tiempo para todas las intensidades aplicadas y las membranas objeto de estudio. De forma general se puede comprobar como el comportamiento de este parámetro es inverso al de la eficacia de corriente, es decir, altos rendimientos eléctricos provocan bajas energías específicas, y viceversa.

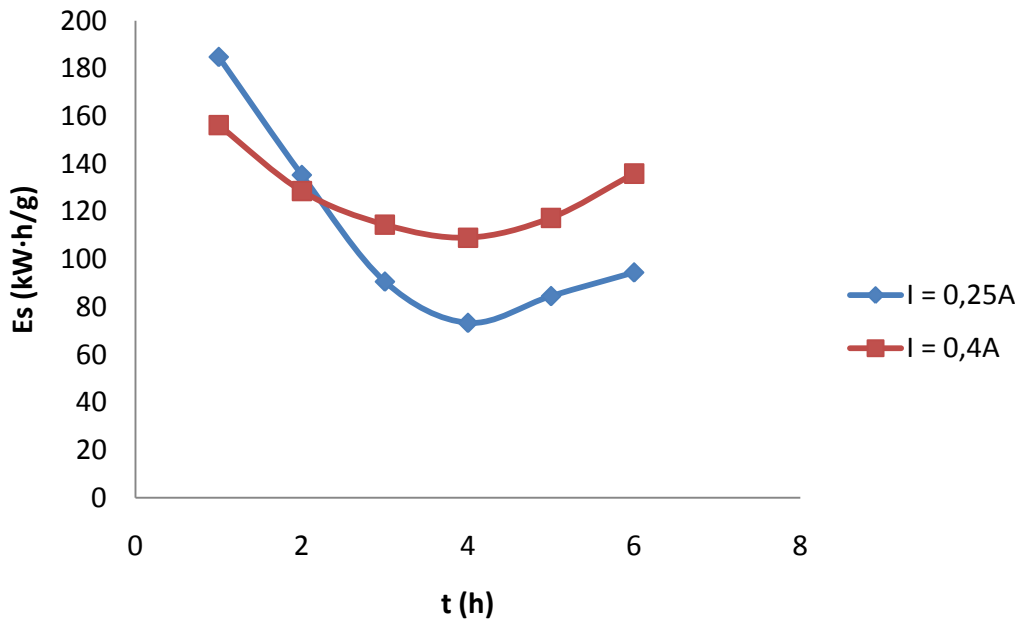


Gráfico V.17: Evolución de la energía específica consumida en la eliminación del cromo del compartimento central para n=0 a dos intensidades distintas

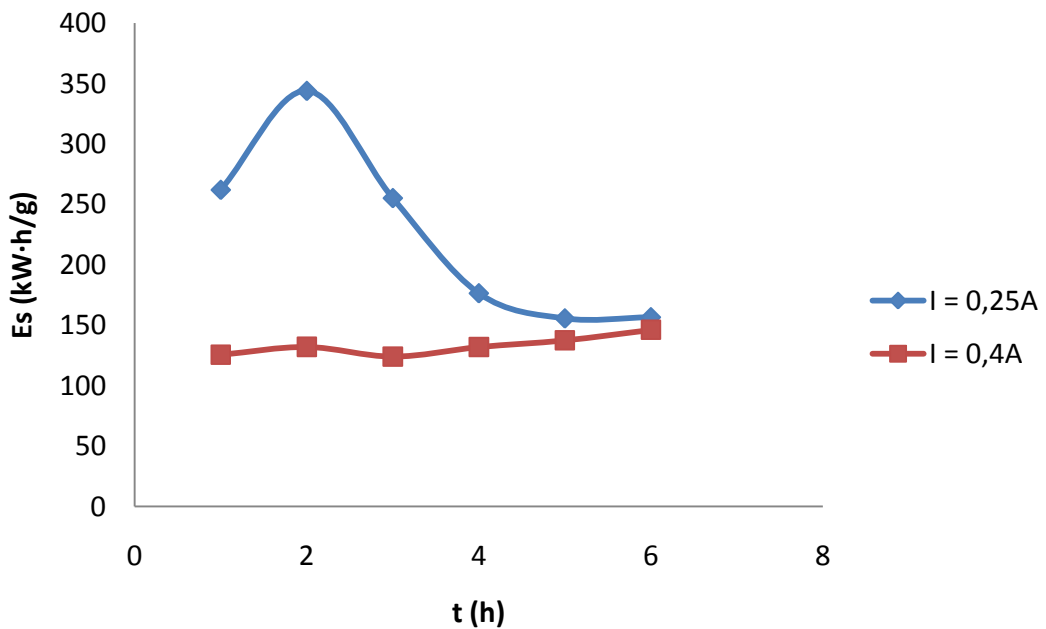


Gráfico V.18: Evolución de la energía específica consumida en la eliminación del cromo del compartimento central para n=2a dos intensidades distintas

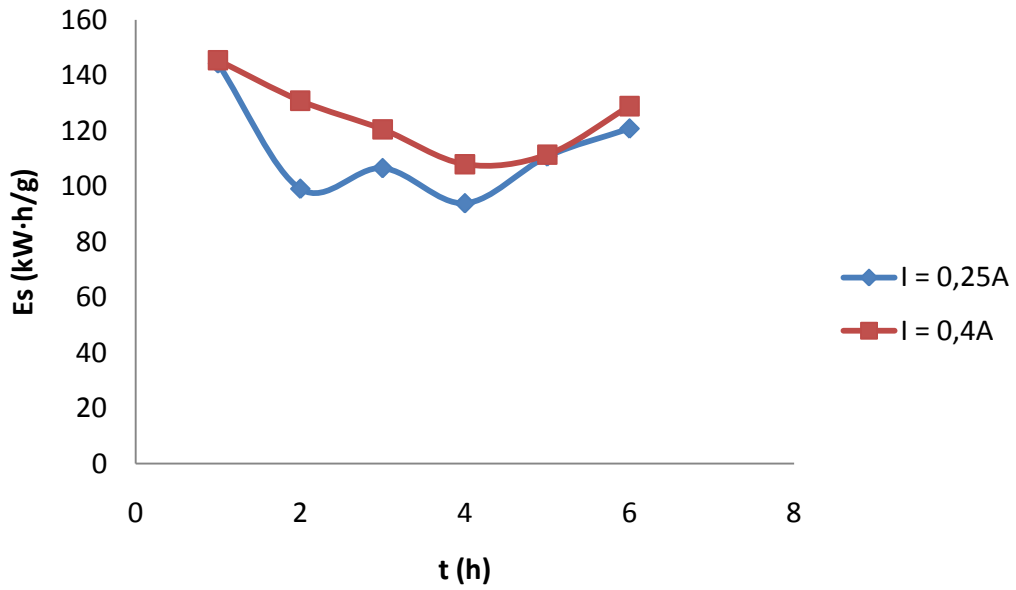


Gráfico V.19: Evolución de la energía específica consumida en la eliminación del cromo del compartimento central para n=4 a dos intensidades distintas

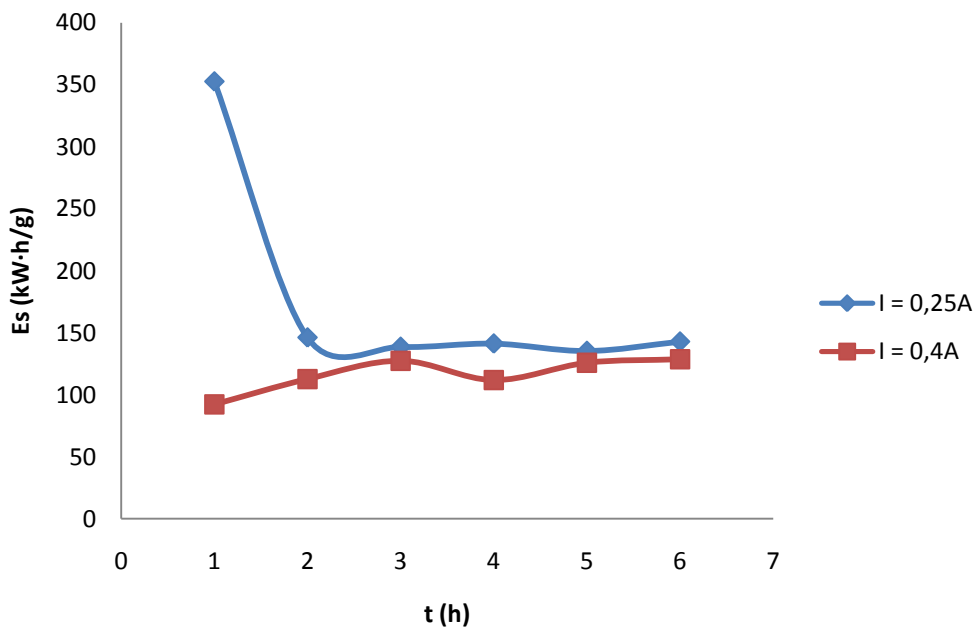


Gráfico V.20: Evolución de la energía específica consumida en la eliminación del cromo del compartimento central para n=6a dos intensidades distintas

La diferencia entre los resultados obtenidos a ambas intensidades es pequeña, excepto para $n=0$, lo que viene a indicar que el coste energética para transportar un mol de Cr(VI) es similar para ambos valores de intensidad.

Por último, para evaluar la eliminación de distintas impurezas, como el níquel, en los baños de enjuague agotados de las industrias de cromado se estudian sus valores de conversión en función del tiempo como la desaparición de iones de níquel del compartimento central, pero en este caso que pasan a través de la membrana de intercambio catiónico para depositarse en el cátodo.

Los siguientes gráficos muestran la evolución de la conversión del níquel en las configuraciones del reactor con las membranas aniónicas analizadas y a las dos intensidades objeto de estudio.

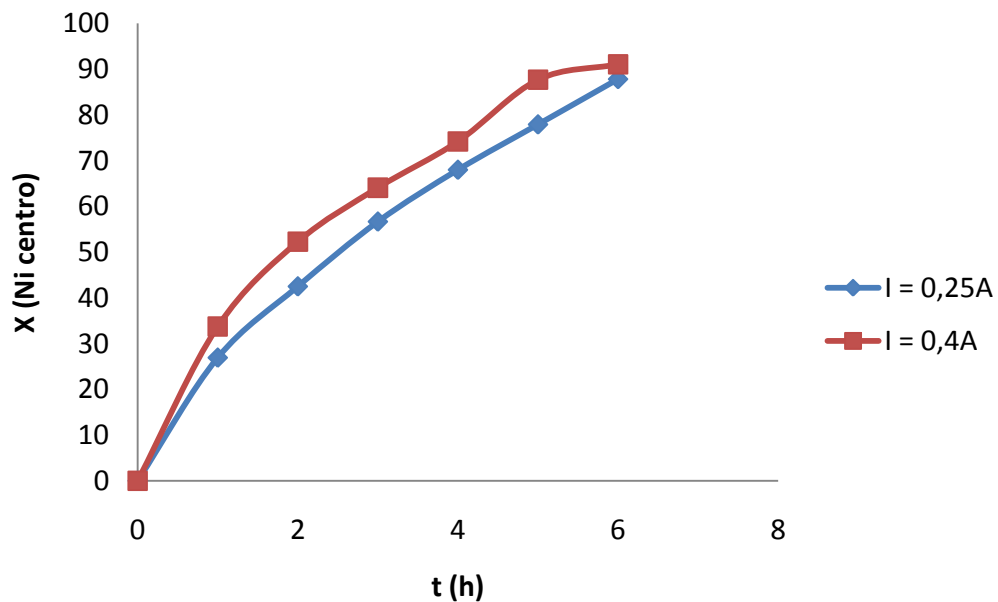


Gráfico V.21: Evolución de la conversión del níquel en el compartimento central para $n=0$ a dos intensidades distintas

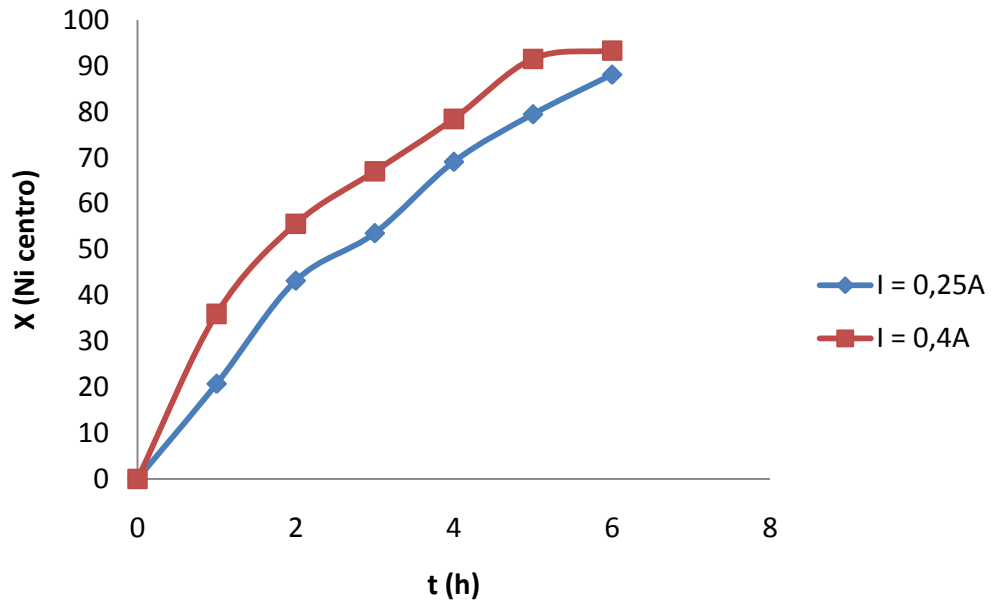


Gráfico V.22: Evolución de la conversión del níquel en el compartimento central para n=2 para dos intensidades distintas

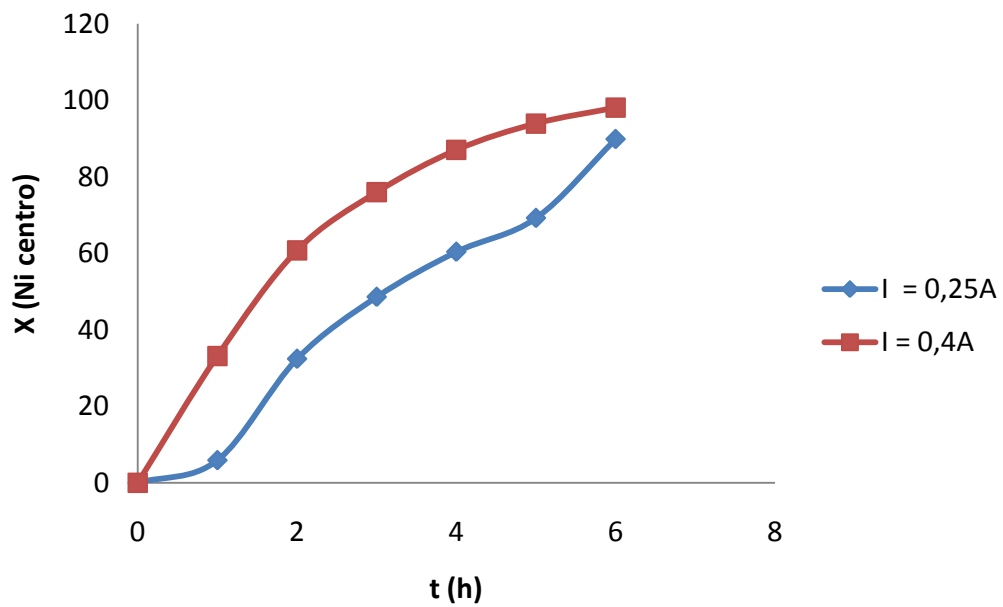


Gráfico V.23: Evolución de la conversión del níquel en el compartimento central para n=4 a dos intensidades distintas

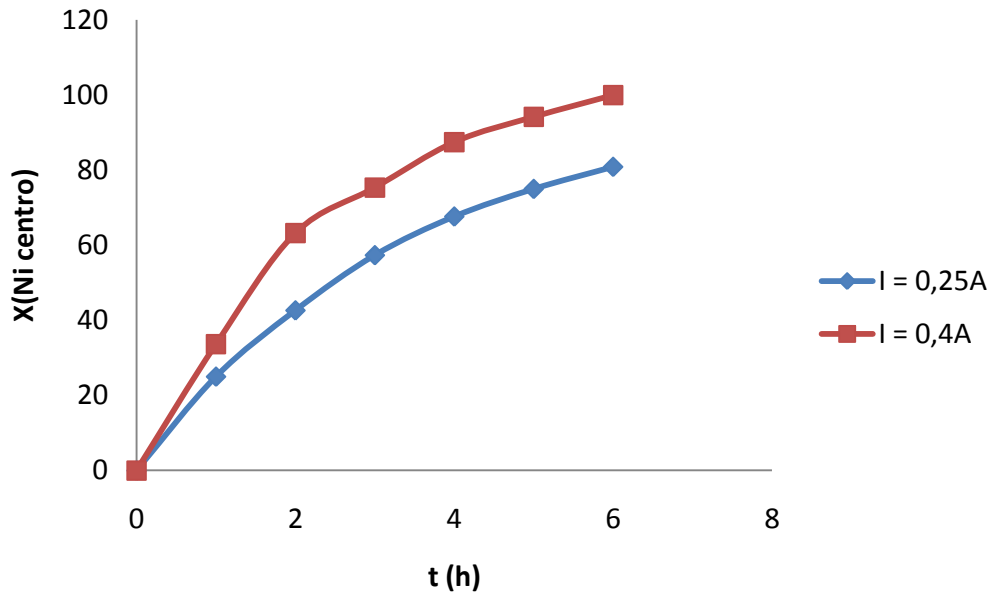


Gráfico V.24: Evolución de la conversión del níquel en el compartimento central para $n=6$ a dos intensidades distintas

Tal y como sucedía anteriormente y como se puede observar en el *Gráfico V.21* a *Gráfico V.24*, la evolución en la conversión de níquel siempre es mayor cuando la intensidad es mayor. Para cada valor de intensidad, los valores de conversión alcanzados son muy similares de una membrana aniónica a otra, ya que, el número de ciclos de impregnación de la misma no afecta a la membrana de intercambio catiónico.

2.2. Efecto del número de impregnaciones

Para estudiar el efecto del número de impregnaciones se va a representar la evolución de cada parámetro en función de los ciclos de impregnación para cada valor de intensidad aplicada.

La evolución de la conversión de cromo, para los distintos ciclos de impregnación, se presenta en los gráficos siguientes para las dos intensidades diferentes.

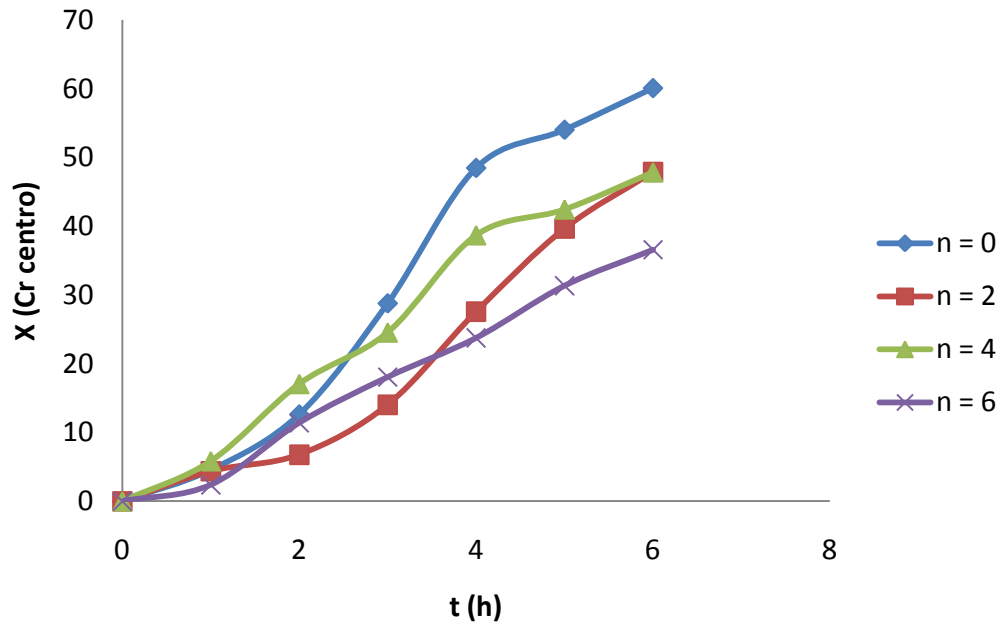


Gráfico V.25: Evolución de la conversión del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando I=0,25A

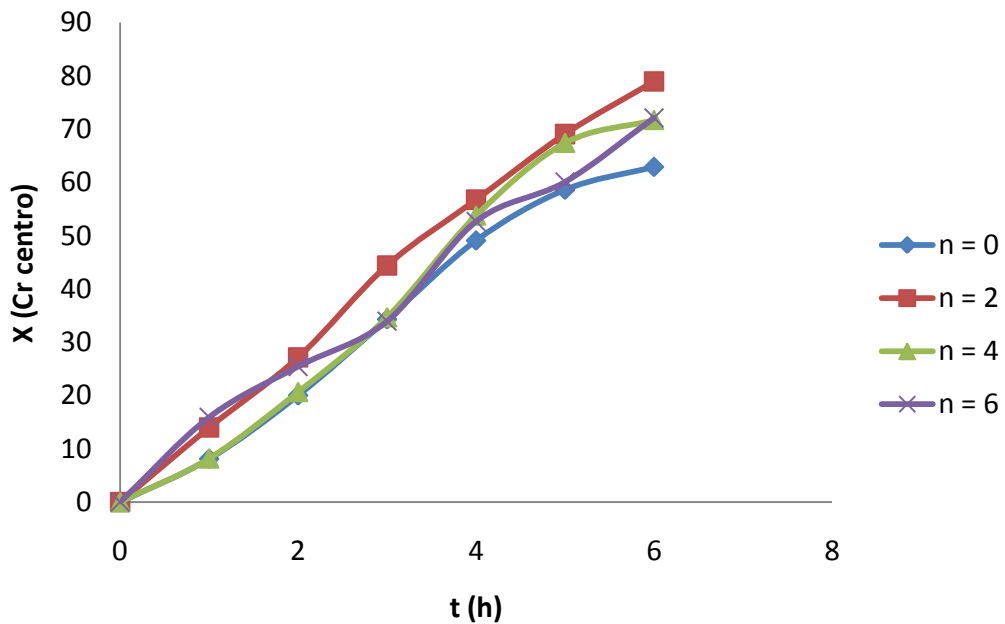


Gráfico V.26: Evolución de la conversión del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando I=0,4A

Tanto para una intensidad aplicada de 0,25A como de 0,4A la evolución de la conversión con el tiempo para cada uno de los valores de “n” es la misma y es la esperada, es decir, se produce un aumento en la conversión de cromo a medida que transcurre el ensayo.

En estos ensayos se contraponen los efectos del taponamiento de los poros y la capacidad intercambiadora que aporta la impregnación de óxidos de zirconio. Al aumentar los ciclos de impregnación las conversiones alcanzadas disminuirían debido a que se produce el taponamiento de los poros, lo cual reduciría el paso de Cr(VI) a través de la membrana de intercambio aniónico. Por otra parte, a medida que se impregna la membrana con más cantidad de óxido de zirconio la capacidad intercambiadora de ésta sería mayor, ya que el óxido impregnado es el responsable de aumentar la capacidad de intercambio y por tanto los valores de conversión obtenidos deberían aumentar.

Trabajando a intensidades bajas predomina el efecto del taponamiento de poros, por ello, las conversiones alcanzadas para el cromo son menores conforme aumenta el parámetro n. En el caso de intensidades altas, predomina el efecto de la capacidad intercambiadora de la membrana frente al taponamiento y como consecuencia las conversiones se igualan.

A continuación se muestran las eficacias de corriente para cada una de las muestras tomadas según el número de ciclos de impregnación para las dos intensidades de trabajo.

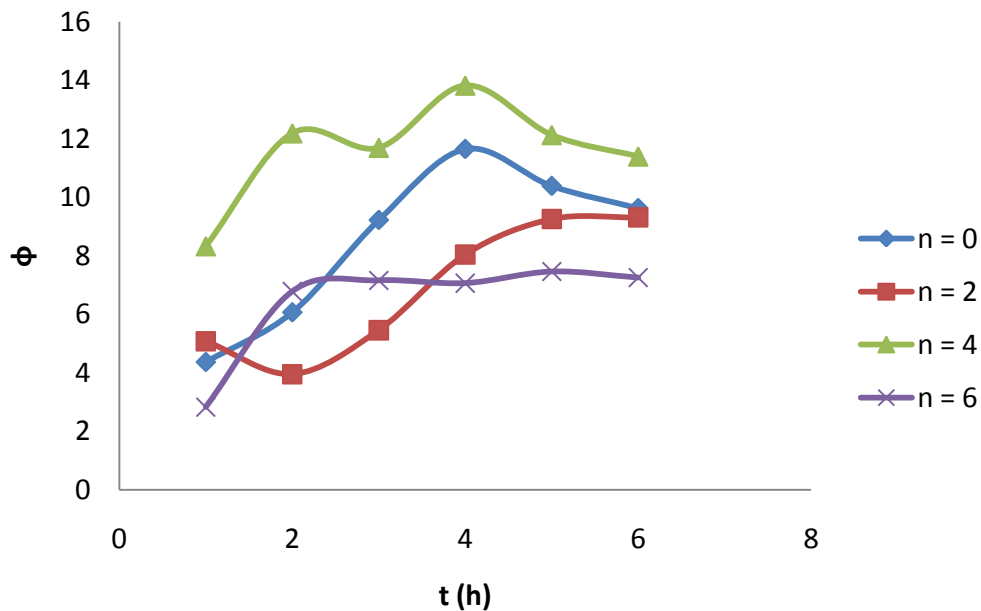


Gráfico V.27: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando I=0,25A

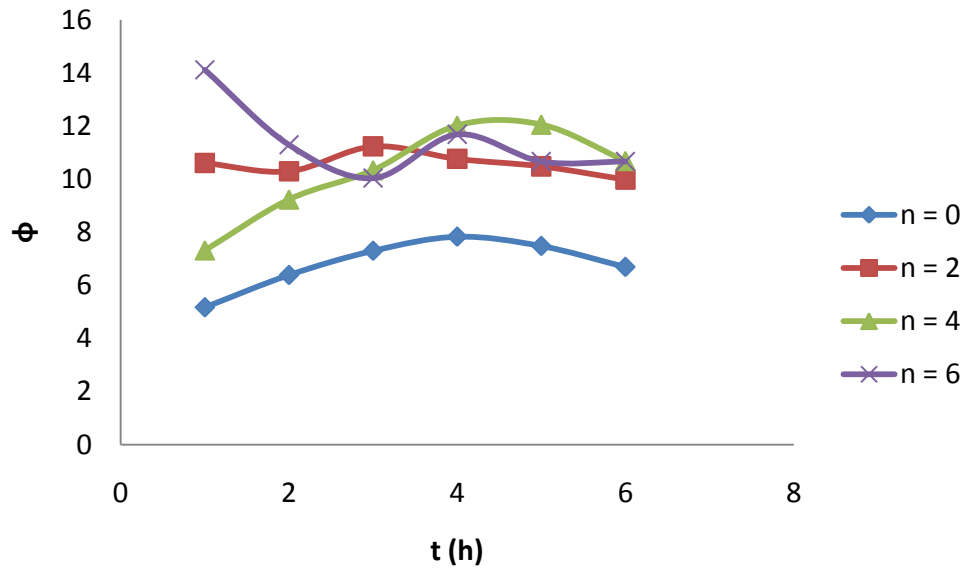


Gráfico V.28: Evolución de la eficacia de corriente en la eliminación del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando $I=0,4A$

A la vista del *Gráfico V.27* y del *Gráfico V.28* se puede concluir, en líneas generales, que al aplicar una corriente de $0,25A$, disminuye eficacia de corriente a medida que aumentan los ciclos de impregnación de la membrana debido al efecto “taponador” de poros de los óxidos de zirconio cuando la intensidad es mayor, sin embargo parece que un aumento del número de ciclos de impregnación favorece el intercambio de iones $Cr(VI)$ a través de la membrana y por tanto aumenta la eficacia de corriente.

Tal y como se observa en los gráficos anteriores, los valores obtenidos experimentalmente son muy bajos. Esto es debido al paso de cationes H^+ a través de la membrana aniónica, como consecuencia de su elevada movilidad y reducido tamaño.

Al finalizar cada ensayo se ha medido el pH de cada uno de los tres compartimentos y se determina la concentración de protones en el ánodo, en el cátodo y en el compartimento central. Además se estudian las variaciones de pH respecto al $pH_{inicial}=1,02$ en cada uno de los compartimentos para conocer la producción de iones H^+ y OH^- en ellos y su paso a través de las membranas. Los resultados se presentan en la tabla contigua.

Tabla V.11: Datos experimentales de pH y concentraciones de protones en cada compartimento

		pH cátodo	[H ⁺] cátodo (M)	pH central	[H ⁺] central (M)	pH ánodo	[H ⁺] ánodo (M)
n=0	I= 0,25A	1,00	0,1	1,49	0,03235937	0,79	0,16218101
	I=0,4A	0,92	0,12022644	1,32	0,04786301	0,75	0,17782794
n=2	I= 0,25A	0,84	0,14454398	1,17	0,0676083	1,02	0,09549926
	I=0,4A	0,82	0,15135612	1,42	0,03801894	0,77	0,16982437
n=4	I= 0,25A	0,84	0,14454398	1,04	0,09120108	0,74	0,18197009
	I=0,4A	0,91	0,12302688	1,15	0,07079458	0,78	0,16595869
n=6	I= 0,25A	1,00	0,1	1,12	0,07585776	1,11	0,07762471
	I=0,4A	0,64	0,22908677	1,05	0,08912509	0,51	0,30902954

En el compartimento catódico el pH disminuye debido al paso de H⁺ a través de la membrana de intercambio catiónico, mientras que en el compartimento anódico el pH disminuye como consecuencia de la producción de protones en la reacción de oxidación del agua (ecuación 20).



En el compartimento central el pH disminuye con n. Esto se debe a que aunque la membrana es aniónica, al aumentar el número de ciclos de impregnación se favorece el paso de H⁺, lo que conlleva una reducción del pH. Por tanto, que la eficacia del proceso sea baja es consecuencia de que no solo pasa Cr(VI) por la membrana cerámica aniónica sino que también pasan iones H⁺ procedentes del compartimento anódico.

A continuación se presentan los resultados de la productividad específica dependiendo de número de ciclos de impregnación a los que se ha sometido a la membrana cerámica.

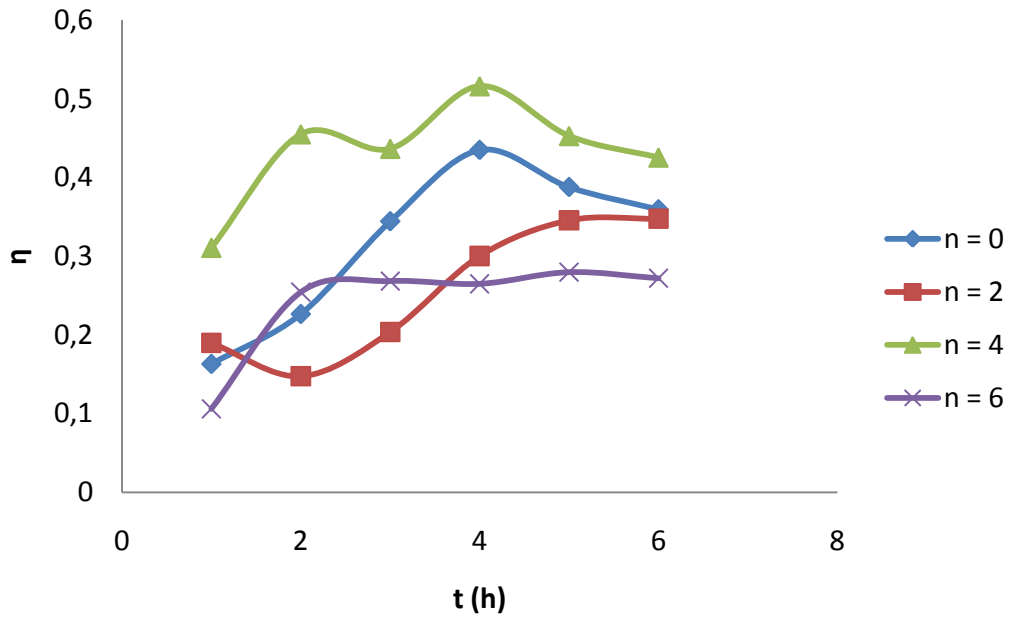


Gráfico V.29: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando I=0,25A

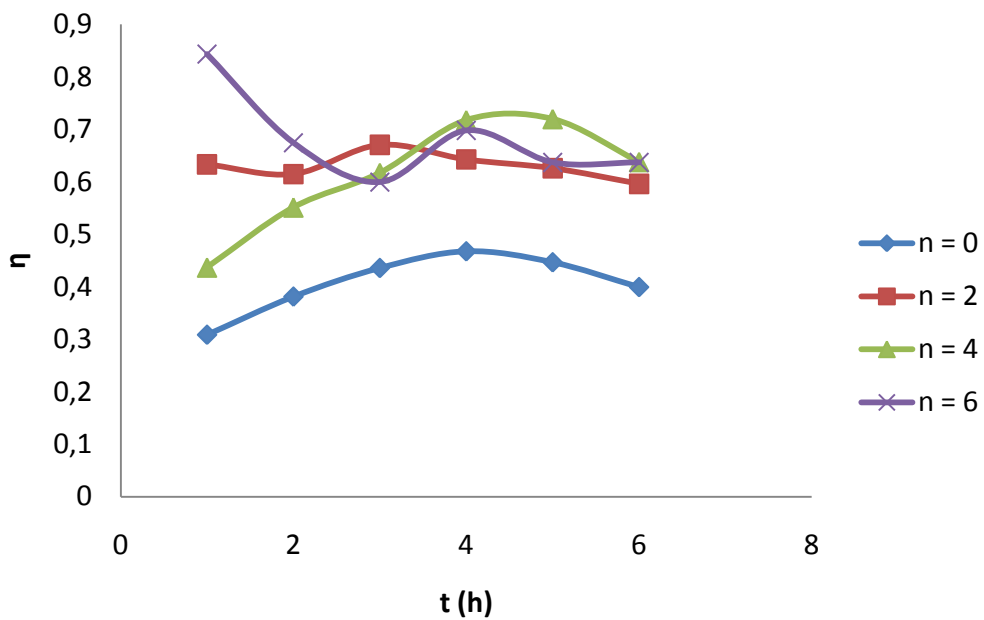


Gráfico V.30: Evolución de la productividad específica en la eliminación del cromo para los diferentes ciclos de impregnación aplicando I=0,4A

Este parámetro tiene un comportamiento análogo al de la conversión de cromo, es decir, a intensidades bajas, la productividad disminuye a medida que aumentan los ciclos de impregnación, de manera general. Esto ocurre como consecuencia del taponamiento de poros, ya que, cuanto mayor cantidad de óxido de zirconio se impregna en la membrana cerámica, los poros se obstruyen y por tanto, el paso de Cr(VI) del centro al ánodo disminuye, disminuyendo así la productividad del proceso.

A intensidades elevadas, se contraponen el efecto del taponamiento de poros y el efecto de las partículas intercambiadoras. Como se ha dicho para intensidades bajas, a mayor cantidad impregnada mayor es el taponamiento de poros y disminuye la productividad. Pero por otra parte, a mayor cantidad impregnada mayor es la capacidad intercambiadora de la membrana y con ello aumenta la productividad. Por ello a intensidades altas se da un compromiso entre las partes y los resultados pueden diferir.

Además se presenta la energía específica para cada uno de los ensayos, en el *Gráfico V.31* y el *Gráfico V.32*, donde se observa un comportamiento inverso al obtenido para la eficacia de corriente. Esto es que, para intensidades bajas, el consumo energético disminuye con el paso del tiempo hasta alcanzar valores similares a los de intensidad alta y no hay una mejora significativa con el aumento de ciclos de impregnación.

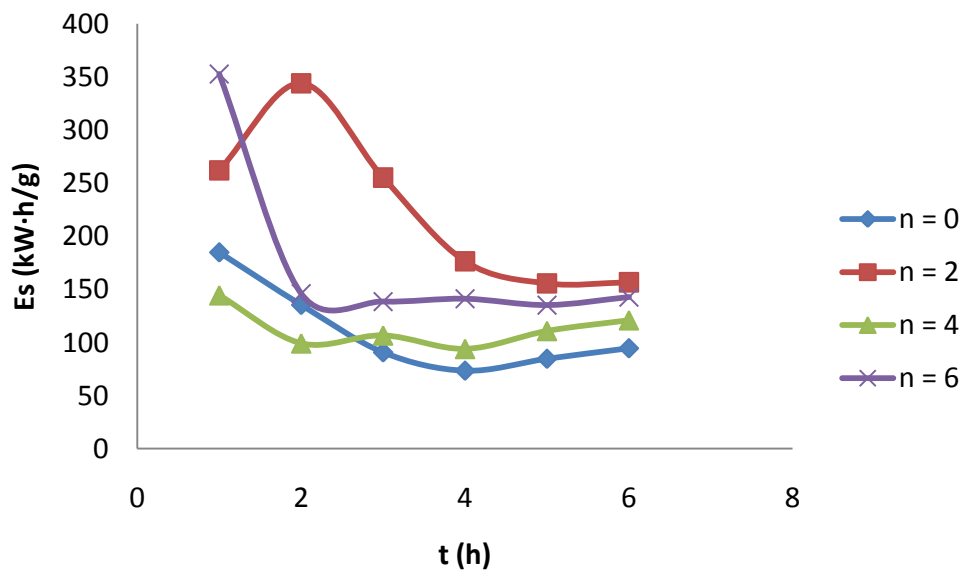


Gráfico V.31: Energía específica para los diferentes ciclos de impregnación aplicando $I=0,25A$

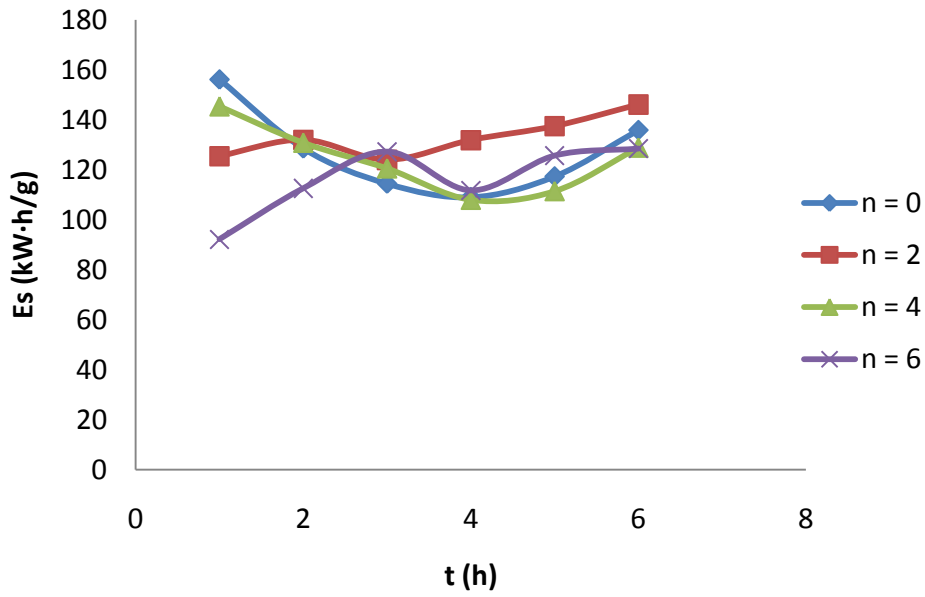


Gráfico V.32: Energía específica para los diferentes ciclos de impregnación aplicando $I=0,4A$

Finalmente, se recogen en el *Gráfico V.33* y el *Gráfico V.34* los resultados de la conversión del níquel, el cual pasa a través de la membrana catiónica.

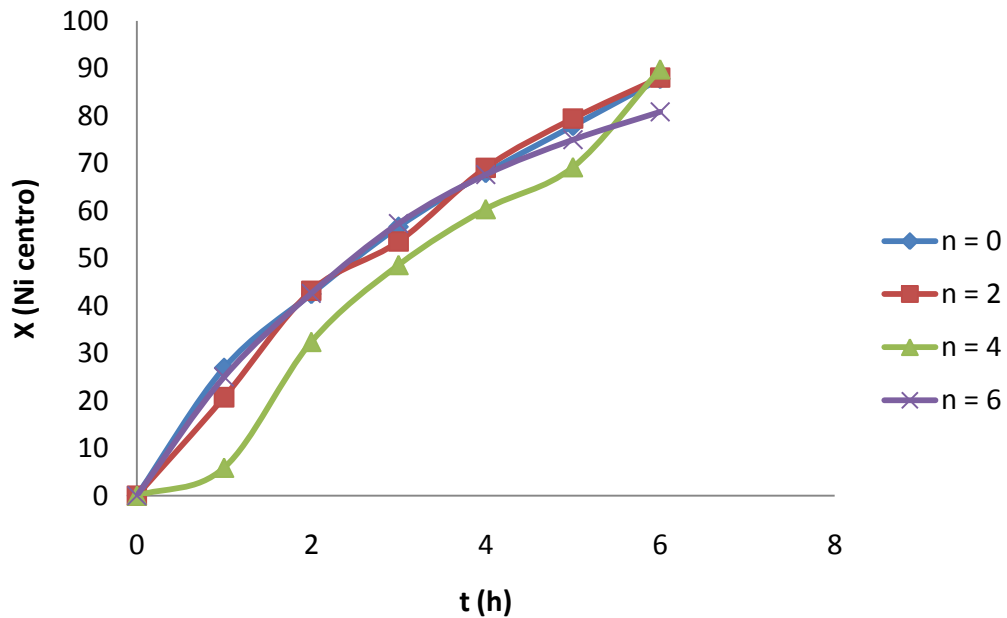


Gráfico V.33: Evolución de la conversión del níquel para los diferentes ciclos de impregnación aplicando $I=0,25A$

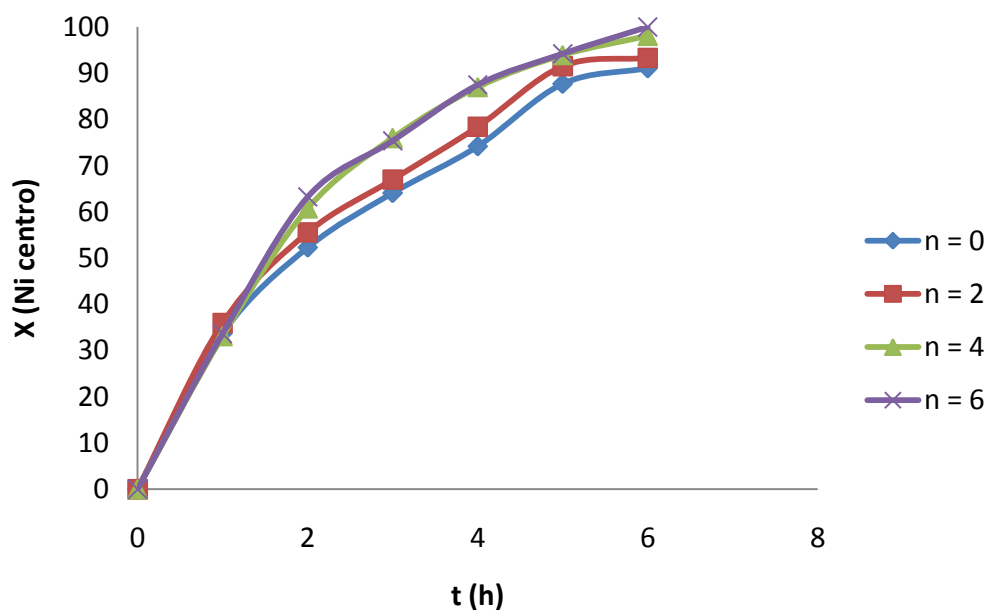


Gráfico V.34: Evolución de la conversión del níquel para los diferentes ciclos de impregnación aplicando $I=0,4A$

La conversión del níquel evoluciona de nuevo de forma ascendente a medida que transcurre el tiempo de ensayo. Como ya se ha comentado, esto es debido al paso de iones de níquel del compartimento central al cátodo a través de la membrana catiónica. A medida que aumenta el tiempo, la cantidad de iones que han pasado a través de dicha membrana aumenta también, por tanto mayor concentración de iones en el cátodo y según la expresión del cálculo de la conversión ésta aumenta.

Como queda reflejado en los gráficos anteriores, la tendencia que siguen todos los ensayos, ya sean a mayor o menor la intensidad aplicada, es la misma y se consigue alcanzar unos valores muy altos, siendo mayores para la intensidad mayor.

En cuanto al efecto del número de impregnaciones se observa claramente que no afecta a los resultados, ya que, para ambas intensidades éstos son muy parecidos independientemente del parámetro "n". Esto es debido a que los iones de níquel pasan a través de la membrana catiónica polimérica y en este caso la membrana impregnada con óxidos de zirconio es la cerámica aniónica. Por ello, como es obvio se puede concluir que "n" no es un parámetro que afecta a la conversión de níquel.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. CONCLUSIONES

- Las disoluciones preparadas a partir de los baños en función del tiempo son diluidas. Por lo tanto, la relación entre la absorbancia y la concentración de analito es lineal, lo que nos permite la elaboración de rectas de calibrado.
- Un aumento de los ciclos de impregnación conlleva un aumento de la resistencia de la membrana como consecuencia del taponamiento de los poros presentes en ésta.
- Del estudio de la resistencia de membrana para $n=6$ a dos concentraciones diferentes se concluye que es mayor resistencia de la membrana cuanto menor es la concentración de la disolución, como consecuencia de la menor cantidad de iones disponibles para atravesar la membrana.
- Los valores de conversión tanto del níquel como del cromo, aumentan con la intensidad aplicada.
- La evolución de la conversión de níquel no depende de los ciclos de impregnación, ya que, éste pasa a través de la membrana de intercambio catiónico y la membrana sometida a dichos ciclos de impregnación es la de intercambio aniónico.
- Se observa un aumento de la eficacia de corriente conforme aumenta el número de ciclos de impregnación, aunque sin una tendencia clara debido al compromiso entre la capacidad intercambiadora de la membrana y el taponamiento de los poros.
- Los valores calculados de eficacia de corriente son muy bajos, debido al transporte de protones presentes a través de la membrana de intercambio aniónico como consecuencia de la acidez de los baños en los tres compartimentos.
- Finalmente, cumpliendo con el objetivo del presente trabajo final de grado, se ha conseguido eliminar el Cr(VI) y el Ni(II) del compartimento central y concentrar en el ánodo y cátodo respectivamente.

CAPÍTULO VII:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Housecroft, C.E., Sharpe, A. (2006). *Química inorgánica*. Madrid: Pearson educación.
- PazosCapeáns, P. (2008). *Biodisponibilidad de cromo en sedimentos marinos de la ría de Arousa*. (Tesis de doctorado). Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Ceceña, A., Barreda, A. (1995). *Producción estratégica y hegemonía mundial*. México D.F.: Siglo XXI editores.
- Wright, J. (2003). *Environmental Chemistry*. New York, NY: Routledge.
- Emsley, J. (2001). *Nature's Building Blocks*. New York, NY: Oxford University Press.
- Dennis, J. K., Such, T.E. (1986). *Nickel and chromium plating*, 2nd Edition Cambridge: Butterworths & Co Ltd.
- Report of the Northeast Waste Management Officials' Association. (2003). *Pollution Prevention Technology Profile. Trivalent chromium replacements for hexavalent chromium plating*.
- Ochoa Gómez, J. (1996). *Electrosíntesis y electrodiálisis. Fundamentos, aplicaciones tecnológicas y tendencias*. País Vasco: McGraw-Hill. Iberdrola.
- Fernández Carretero, F. (2008). *Síntesis y caracterización de membranas híbridas organo-inorgánicas para su uso en pilas de combustible*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de termodinámica aplicada, Valencia
- Martí Calatayud, M.C. *Determinación de las propiedades de transporte del Ni²⁺ a través de una membrana de intercambio catiónico. Influencia de la concentración de ácido crómico y sulfato de níquel presentes en los baños de lavado de industrias de cromado*. (Tesis de Máster). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- García-Gabaldón, M., Pérez-Herranz, V., Sánchez, E., Mestre, S. (2006). Effect of porosity on the effective electrical conductivity of different ceramic membranes used as separators in electrochemical reactors. *Journal of Membrane Science* doi:10.1016/j.memsci.2006.02.007
- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J.C., Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Madrid: Día de santos.
- Montes-Rojas, A., Álvarez Cerda, L.M. (2009). *Manufacturing and using of an electro dialyzer in series to laboratory*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.

Krol, J.J., Wessling, M., Strathmann, H. (1999). *Concentration polarization with monopolar ion exchange membranes: current-voltage curves and water dissociation*. Journal of Membrane Science 162

Igual Muñoz, A., García Antón, J., Guñon Segura, J.L., Pérez Herranz, V. (1998). *Electrodialisis*. Universidad Politécnica de Valencia Departamento de ingeniería química y nuclear.

Pismenskaia, N., Sístat, P., Huguet, P., Nikonenko, V., Pourcelly, G. (2004). *Chronopotentiometry applied to the study of ion transfer through anion Exchange membranes*. Journal of Membrane Science 228

Aenor. *Análisis químico de materiales siderúrgicos. Determinación del cromo en aceros y fundiciones. Método espectrométrico de absorción atómica con llama*. UNE 36-324-91

Aenor. *Análisis químico de aceros y fundiciones. Determinación del níquel en aceros y fundiciones. Método espectrométrico de absorción atómica con llama*. UNE 36-326-89

ANEXOS

ANEXO1:CRONOPOTENCIOGRAMAS

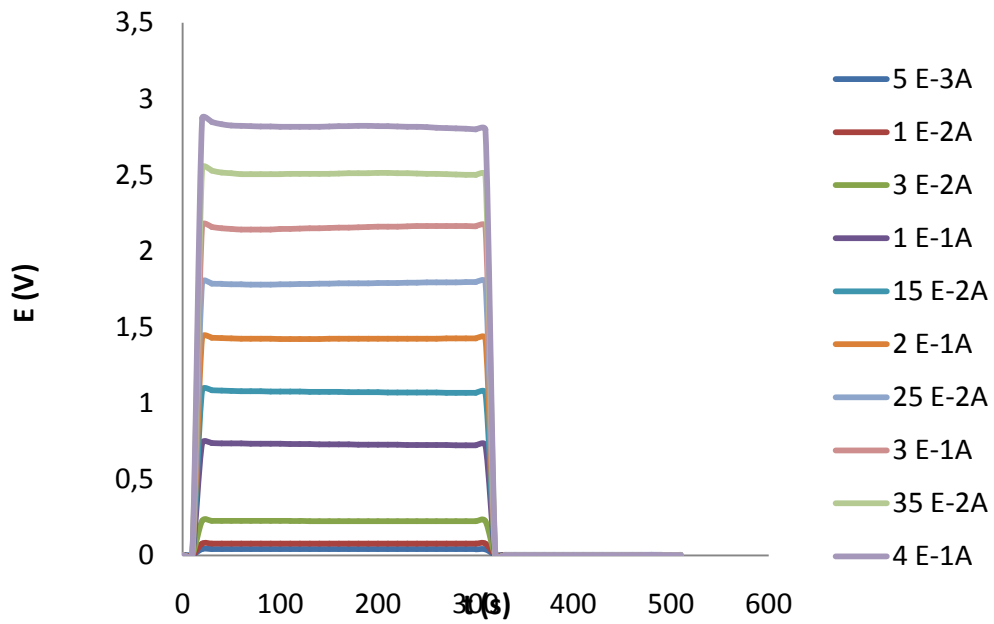


Gráfico.A.1: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, $n=0$, para una disolución 10^{-1} M Cr(VI), 10^{-2} Ni(II)

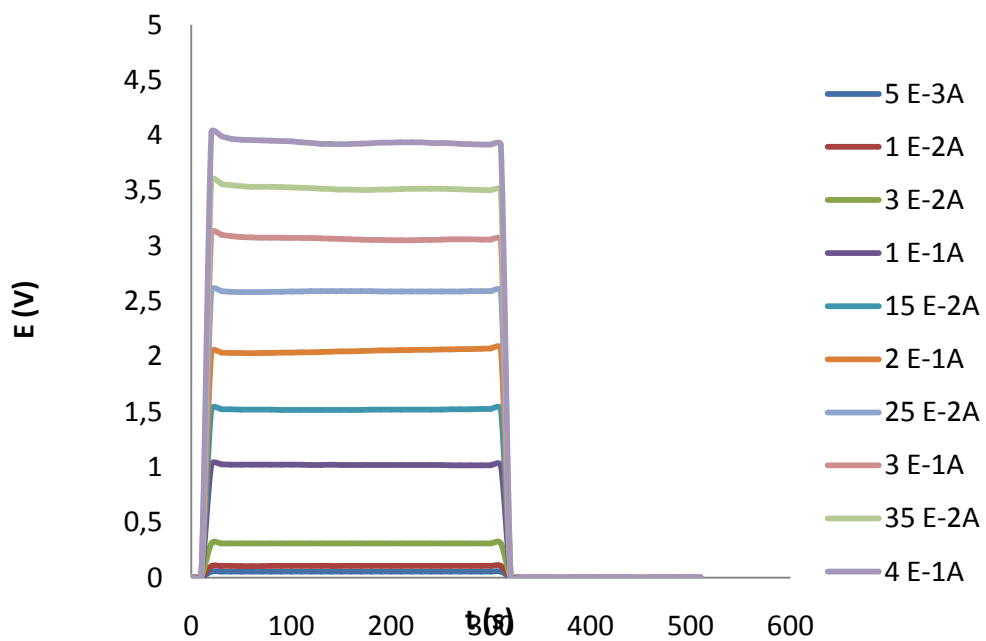


Gráfico.A.2: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, $n=2$, para una disolución 10^{-1} M Cr (VI), 10^{-2} Ni (II)

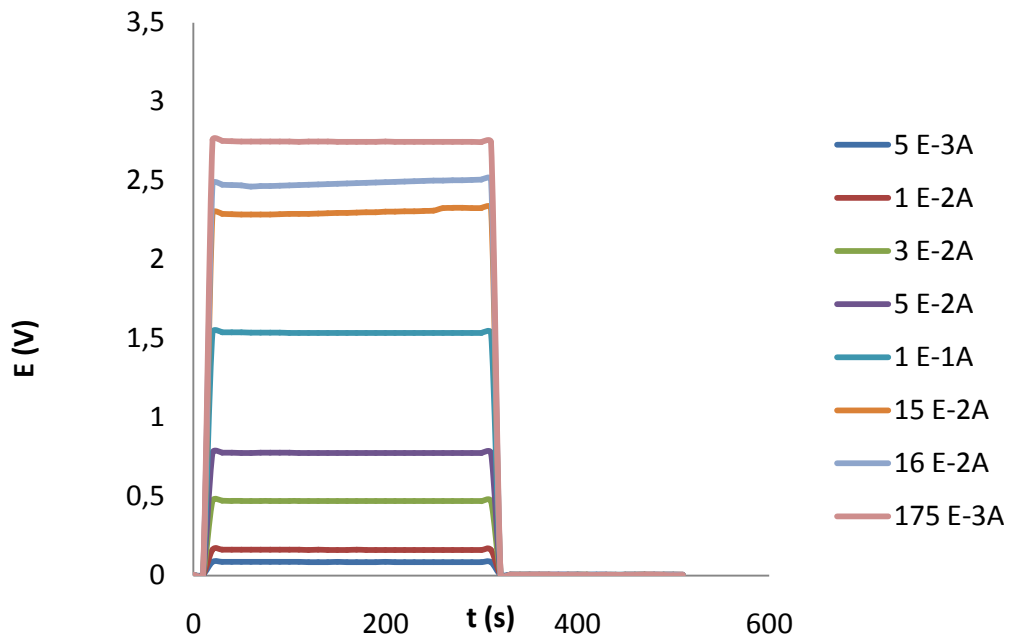


Gráfico.A.3: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, n=4, para una disolución 10^{-1} M Cr (VI), 10^{-2} Ni (II)

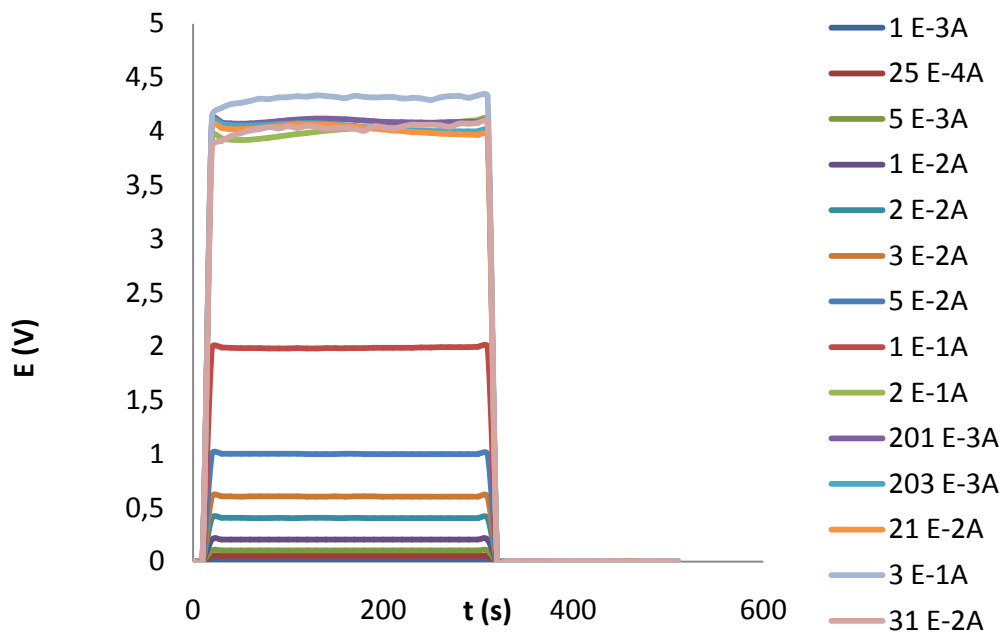


Gráfico.A.4: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, n=6, para una disolución 10^{-1} M Cr (VI), 10^{-2} Ni (II)

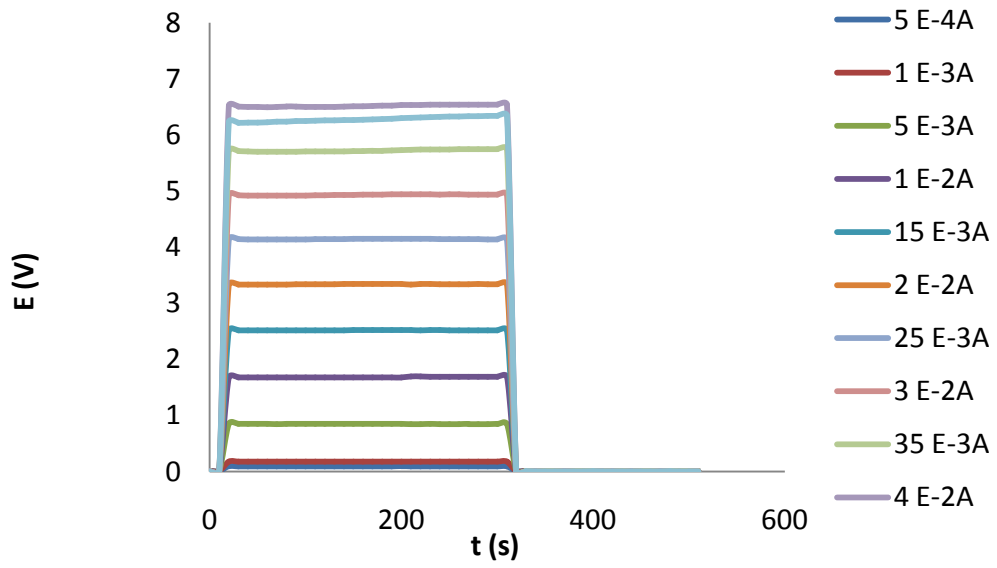


Gráfico.A.5: Cronopotenciograma de la membrana de intercambio aniónico, n = 6, para una disolución 10^{-2} M Cr (VI), 10^{-3} Ni (II)

ANEXO 2: RECTAS DE CALIBRADO

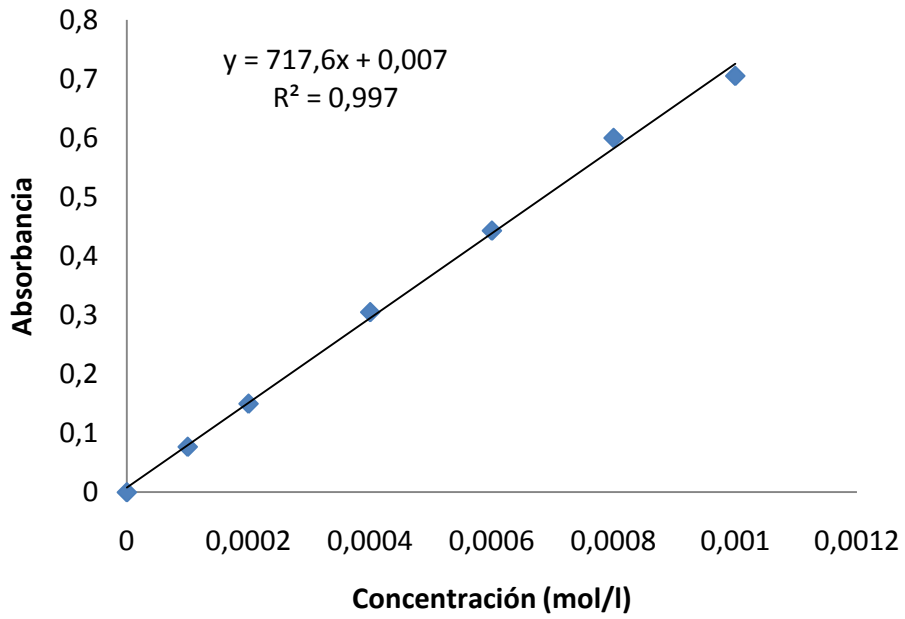


Gráfico.A.6: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=0 y l=0,25A

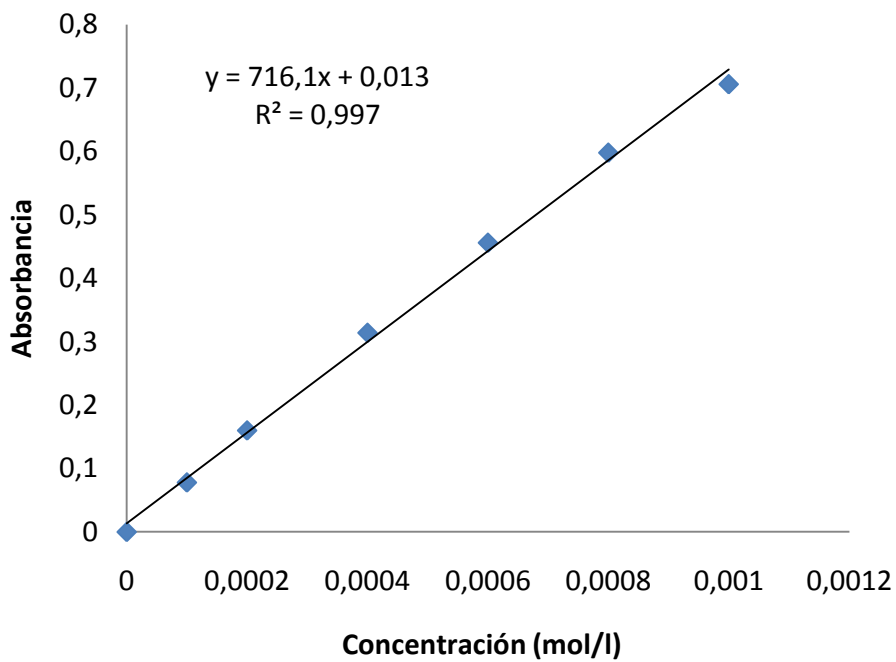


Gráfico.A.7: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=0 y l=0,4A

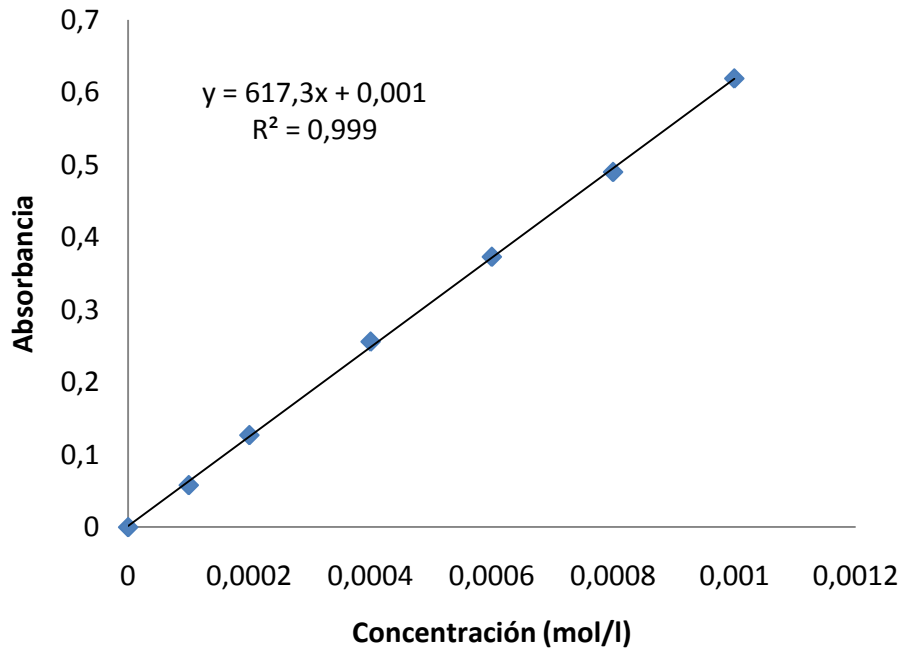


Gráfico.A.8: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=2 y l=0,25A

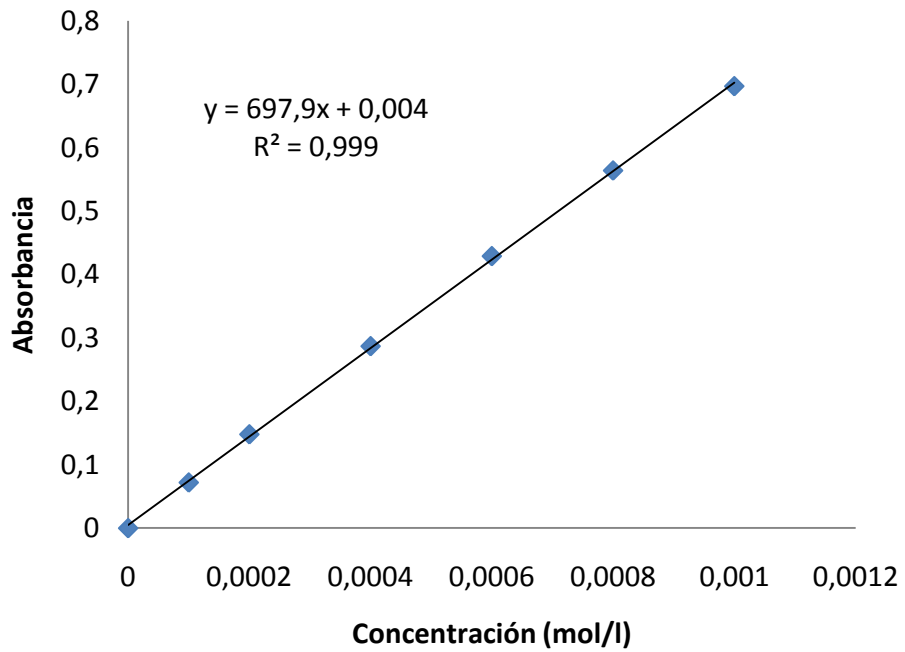


Gráfico.A.9: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=2 y l=0,4A

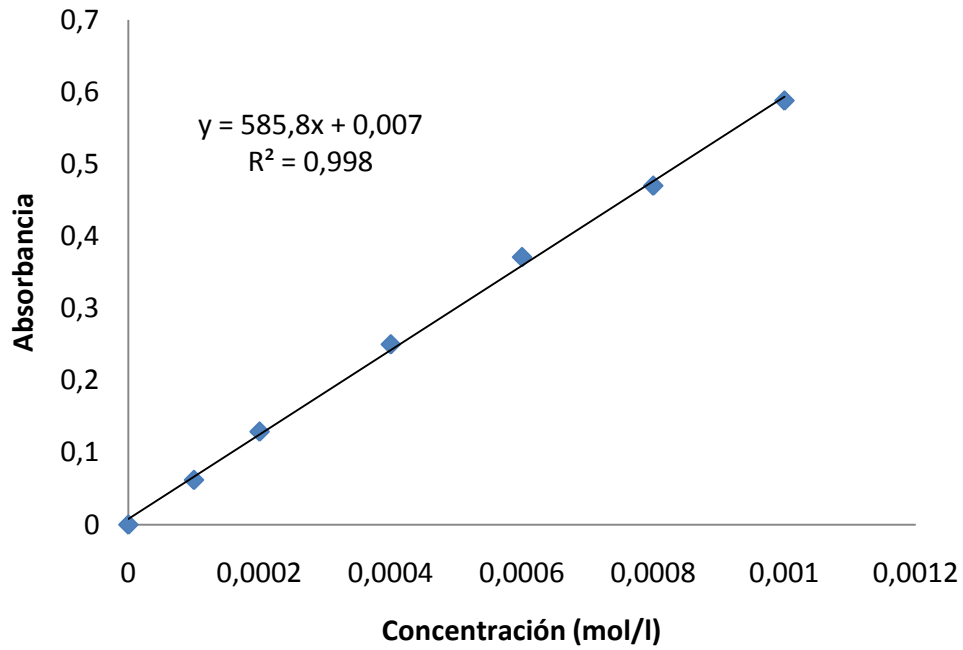


Gráfico.A.10: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=4 y l=0,25A

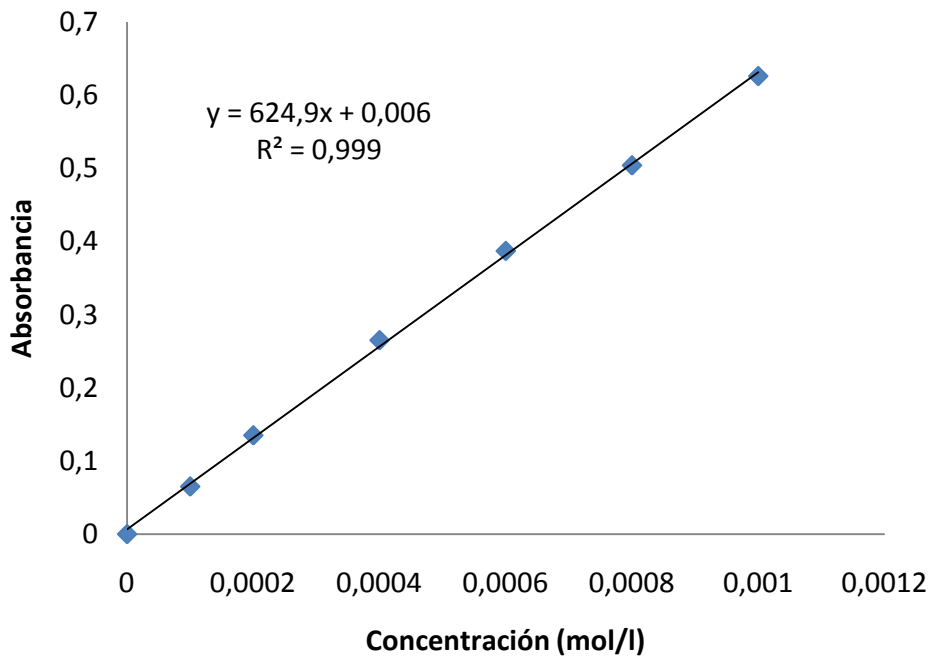


Gráfico.A.11: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=4 y l=0,4A

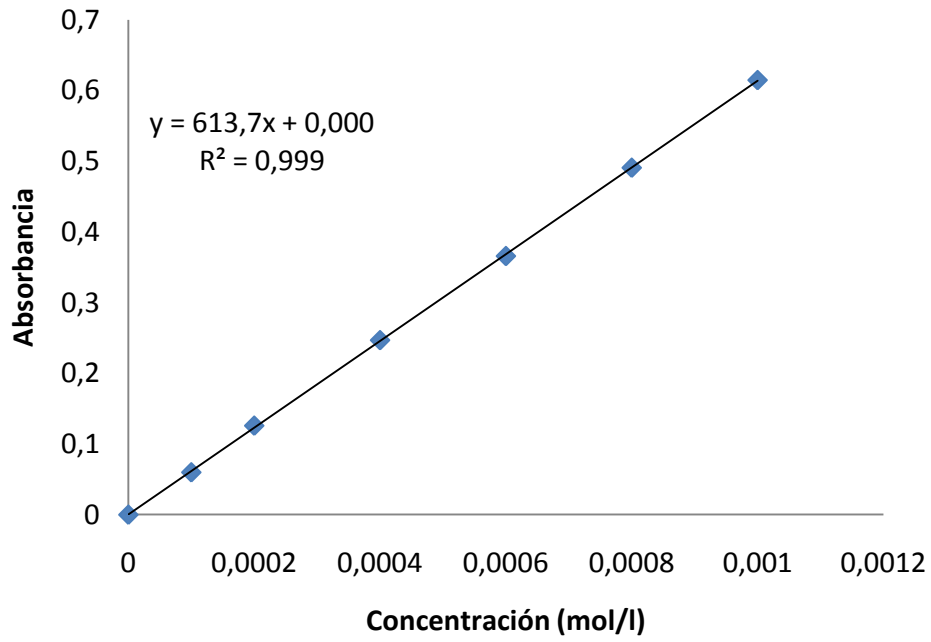


Gráfico.A.12: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=6 y l=0,25A

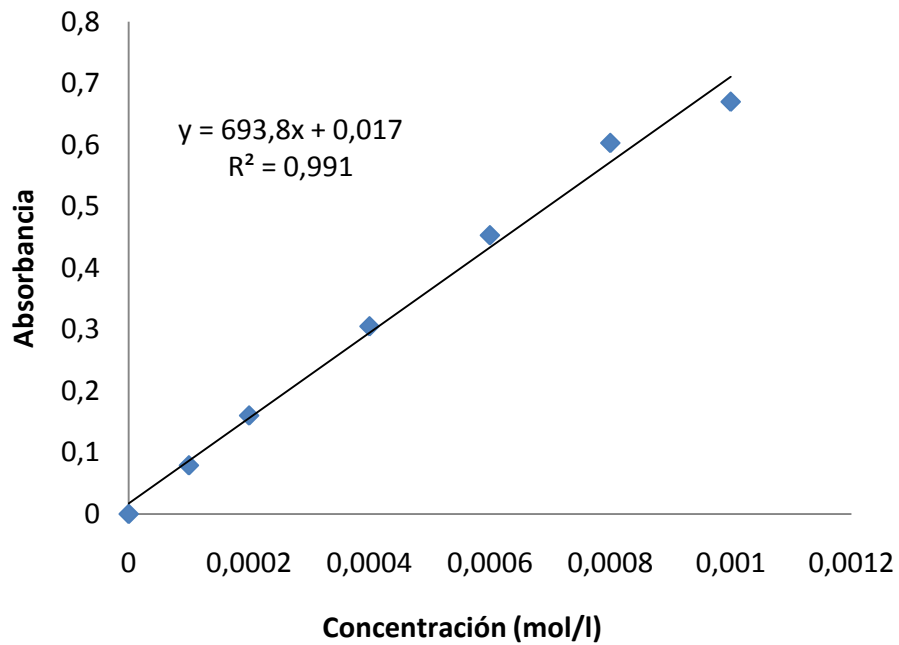


Gráfico.A.13: Recta de calibrado del cromo para ensayos con n=6 y l=0,4A

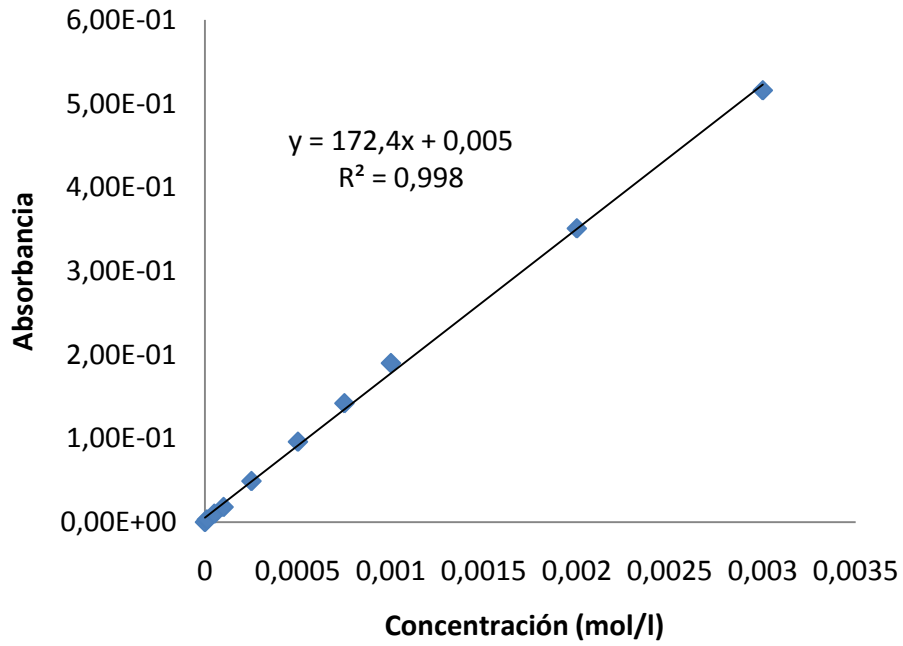


Gráfico.A.14: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=0 y l=0,25A

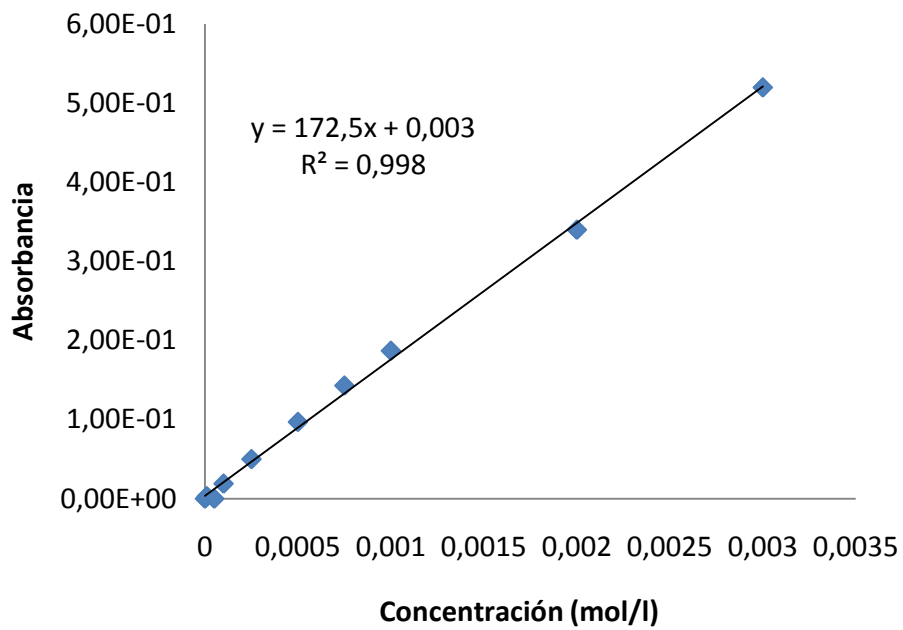


Gráfico.A.15: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=0 y l=0,4A

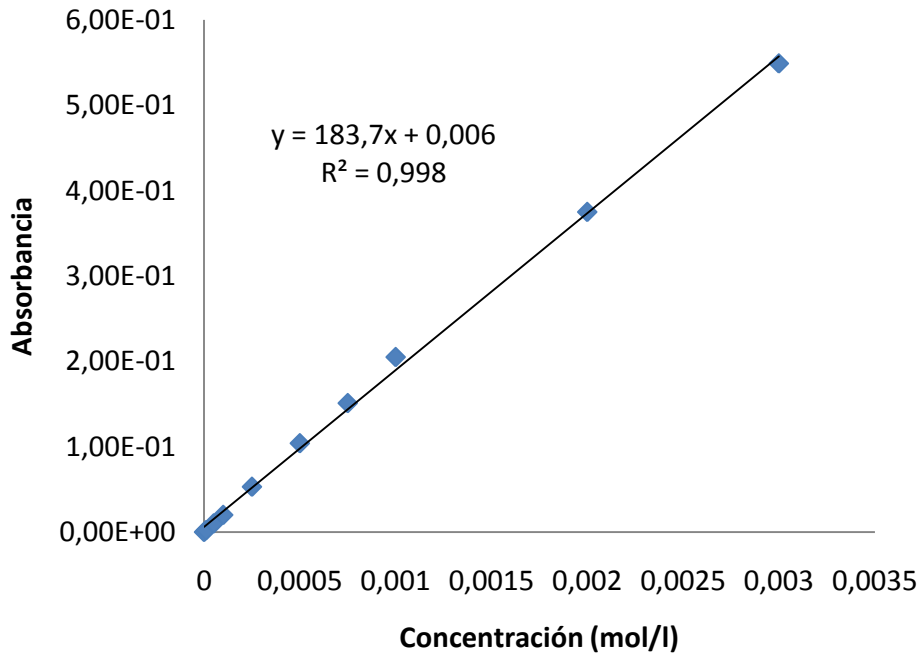


Gráfico.A.16: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=2 y I=0,25A

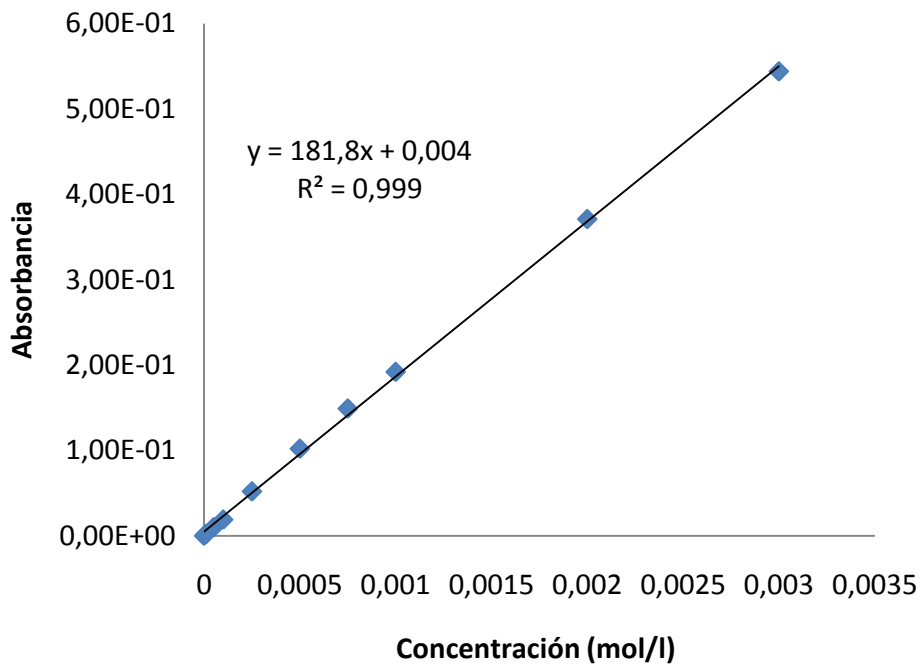


Gráfico.A.17: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=2 y I=0,4A

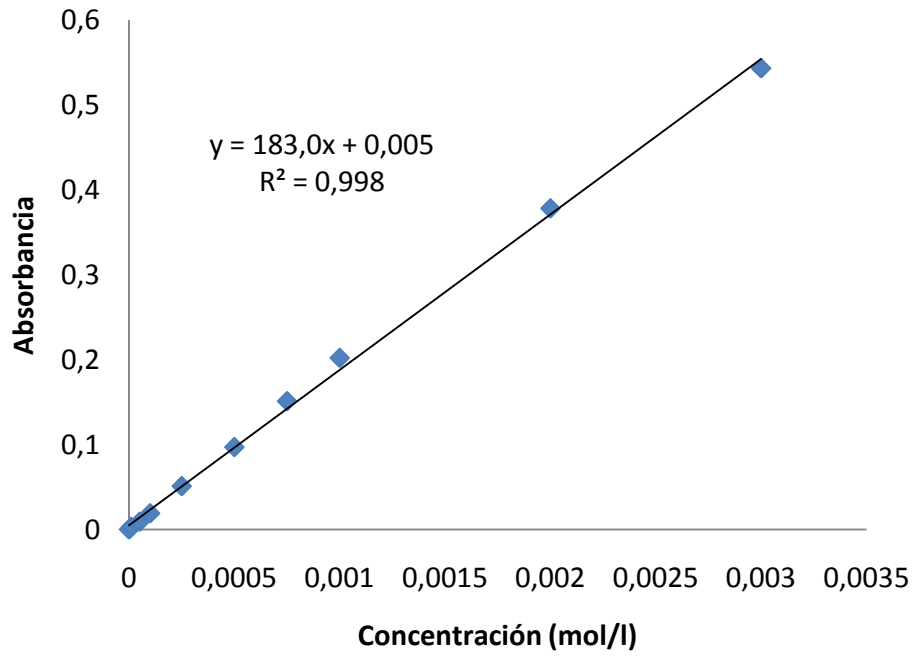


Gráfico.A.18: Recta de calibrado del níquel para ensayos con $n=4$ y $I=0,25A$

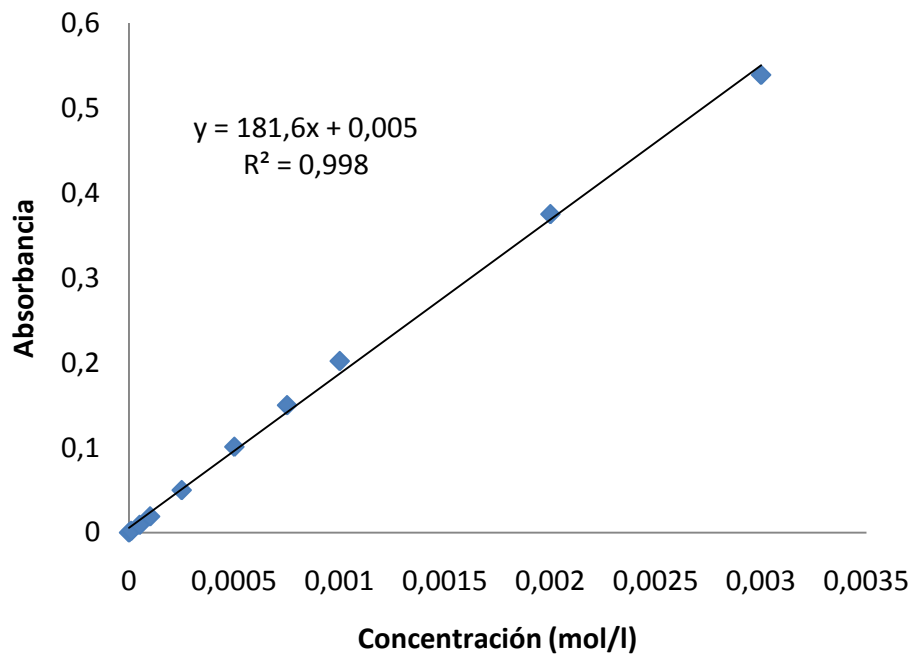


Gráfico.A.19: Recta de calibrado del níquel para ensayos con $n=4$ y $I=0,4A$

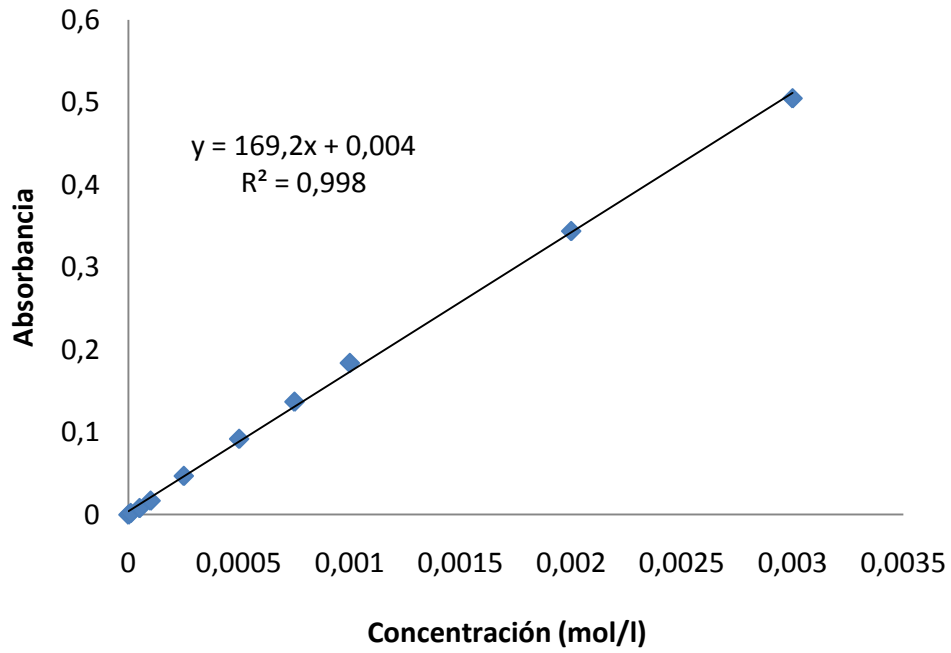


Gráfico.A.20: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=6 y l=0,25A

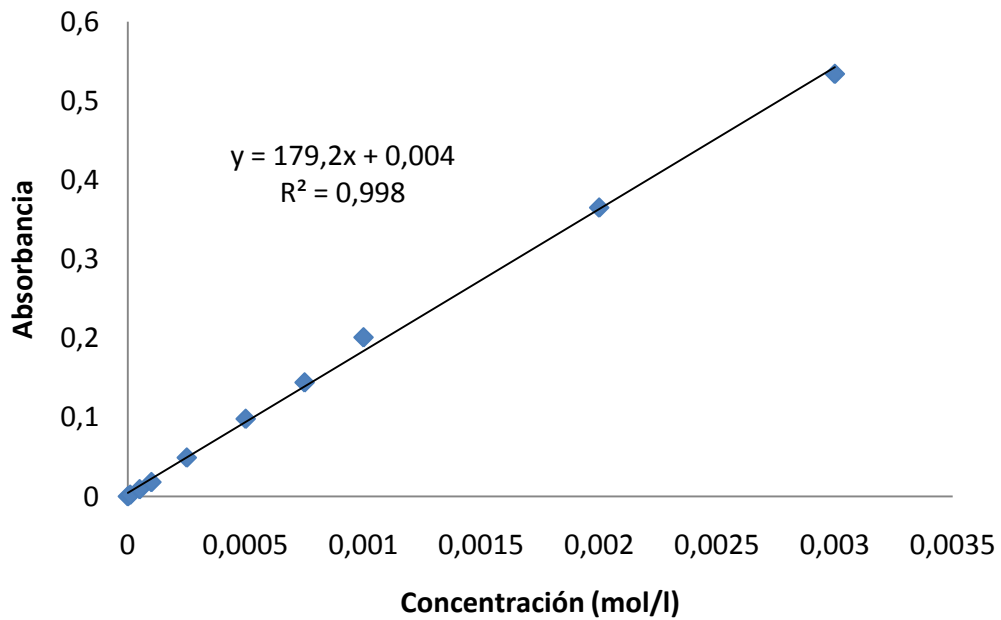


Gráfico.A.21: Recta de calibrado del níquel para ensayos con n=6 y l=0,4A

ANEXO 3: FICHAS DE SEGURIDAD



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 17.05.2011

Versión 17.0

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	100227
Denominación	Cromo(VI) óxido purís.
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico, Producción química Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merck-chemicals.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	EQ-RS * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Sólido comburente, Categoría 1, H271
Carcinogenicidad, Categoría 1A, H350
Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340
Toxicidad para la reproducción, Categoría 2, H361f
Toxicidad aguda, Categoría 2, Inhalación, H330
Toxicidad aguda, Categoría 3, Cutáneo, H311
Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301
Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372
Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314
Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334
Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317
Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400
Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE)

O	Comburente	R9
Carc.Cat.1	Carcinógeno de categoría 1	R45
Mut.Cat.2	Mutágeno de la categoría 2	R46
Repr.Cat.3	Tóxico para la reproducción, categoría 3	R62
T+	Muy tóxico	R26
T	Tóxico	R24/25 - 48/23

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

C Corrosivo R35
R42/43
N Peligroso para el medio ambiente R50/53

El texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H271 Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
H350 Puede provocar cáncer.
H340 Puede provocar defectos genéticos.
H361f Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
H330 Mortal en caso de inhalación.
H301 + H311 Tóxico si se ingiere o por contacto con la piel.
H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H335 Puede irritar las vías respiratorias.
H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.
P273 Evitar su liberación al medio ambiente.
P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.
P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P309 + P310 EN CASO DE exposición o malestar: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Indicaciones de peligro

H271 Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
H350 Puede provocar cáncer.
H340 Puede provocar defectos genéticos.
H361f Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
H330 Mortal en caso de inhalación.
H301 + H311 Tóxico si se ingiere o por contacto con la piel.
H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.




Consejos de prudencia

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.
P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.
P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P309 + P310 EN CASO DE exposición o malestar: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

No. Índice 024-001-00-0

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)




<i>Símbolo(s)</i>	 O  T+  N	Comburente Muy tóxico Peligroso para el medio ambiente
<i>Frase(s) - R</i>	45-46-9-24/25-26-35-42/43-48/23-50/53-62	Puede causar cáncer. Puede causar alteraciones genéticas hereditarias. Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles. También tóxico en contacto con la piel y por ingestión. También muy tóxico por inhalación. Provoca quemaduras graves. Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel. También tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
<i>Frase(s) - S</i>	53-45-60-61	Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta). Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Otros datos

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

No. CE 215-607-8 Etiqueta CE

Etiquetado reducido (≤125 ml)

<i>Símbolo(s)</i>	 O  T+  N	Comburente Muy tóxico Peligroso para el medio ambiente
<i>Frase(s) - R</i>	45-46-24/25-26-35-42/43-48/23-62	Puede causar cáncer. Puede causar alteraciones genéticas hereditarias. También tóxico en contacto con la piel y por ingestión.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Frase(s) - S 53-45

También muy tóxico por inhalación. Provoca quemaduras graves. Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel. También tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

Formula	CrO ₃ (Hill)
No. CAS	1333-82-0
No. Indice	024-001-00-0
No. CE	215-607-8
Masa molar	99,99 g/mol

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a si mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Tras parada respiratoria: Inmediatamente proceder a respiración instrumental. En su caso, aplicar oxígeno. Llamar inmediatamente al médico.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos). Consultar inmediatamente al médico. Solamente en casos excepcionales, si no es posible la asistencia médica dentro de una hora, provocar el vómito (solamente en personas plenamente despiertas y conscientes), administrar carbón activo (20 - 40 g en suspensión al 10%) y consultar al médico lo más rápidamente posible.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Reacciones alérgicas
Irritación y corrosión
¡Riesgo de ceguera!

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

El cromo(VI) es muy tóxico. Se absorbe tanto por los pulmones como por el tracto gastrointestinal. Los cromatos y los dicromatos, como enérgicos oxidantes, pueden producir quemaduras y ulceraciones sobre la piel y las mucosas así como irritaciones en las vías respiratorias superiores. Tras penetración del compuesto en heridas aparecen ulceraciones de difícil curación. Sensibilización y reacciones alérgicas de las vías respiratorias (¡riesgo de neumonía!) y lesiones en las mucosas nasales (ocasionalmente perforaciones). Tras ingestión de la sustancia: fuertes trastornos en el tracto gastrointestinal y diarreas sangrientas, vómito (¡neumonía aspiratoria!), espasmos, paro circulatorio, pérdida del conocimiento. Formación de methemoglobina. Tras absorción, pueden producirse lesiones hepáticas y renales. La inhalación de compuestos de cromo(VI) resultaron indudablemente cancerígenos en ensayos sobre animales. Dosis letal (humanos): 0,5 g. Antídotos: formadores de quelatos, p.ej. EDTA, DMPS (Demaval).

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

Favorece la formación de incendios por desprendimiento de oxígeno.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

Otros datos

Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Indispensable evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7.2 o 10.5)
Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Bien cerrado. Seco. Alejado de sustancias inflamables, de fuentes de ignición y de calor.
Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Valor Límite Máximo; Observaciones
<i>trióxido de cromo (1333-82-0)</i> VLA			Incluido en la regulación pero sin valores de datos. Véase la regulación para más detalles
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,05 mg/m ³	Expresado como: como Cr

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.
Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa.
Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

prendas de protección

Protección respiratoria

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro P 3

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No tirar los residuos por el desagüe.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico	sólido
Color	rojo oscuro
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	< 1 a 100 g/l 20 °C

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Punto de fusión	197 °C
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	no aplicable
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	no aplicable
Límite de explosión, superior	no aplicable
Presión de vapor	no aplicable
Densidad relativa del vapor	no aplicable
Densidad relativa	2,7 g/cm ³ a 20 °C
Solubilidad en agua	1.854 g/l a 20 °C
Coefficiente de reparto n- octanol/agua	No hay información disponible.
Temperatura de auto- inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	sobre punto de fusión
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No hay información disponible.
Propiedades comburentes	Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	no aplicable
Densidad aparente	aprox.900 kg/m ³

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

oxidante enérgico

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

inflamables orgánicos, Metales alcalinos, Amoníaco, no metales, halogenuros de halógeno, hidracina y derivados, nitratos, Agentes reductores, Ácido nítrico

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 rata: 50 mg/kg (IUCLID)

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago.

absorción

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 rata: 0,217 mg/l; 4 h (IUCLID)

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles; perjudica las vías respiratorias

absorción

Toxicidad cutánea aguda

DL50 rata: aprox. 55 mg/kg (IUCLID)

absorción

Irritación de la piel

conejo

Resultado: Provoca quemaduras.

(IUCLID)

Provoca quemaduras graves.

Irritación ocular

conejo

Resultado: Provoca quemaduras.

(IUCLID)

Provoca lesiones oculares graves. ¡Riesgo de ceguera!

Sensibilización

Test de parches: hombre

Resultado: positivo

(IUCLID)

Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

Genotoxicidad in vitro

Prueba de Ames

Resultado: positivo

(IUCLID)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

Efectos CMR

Carcinogenicidad:

Puede provocar cáncer.

Mutagenicidad:

Puede provocar defectos genéticos.

Toxicidad para la reproducción:

Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

|| Puede irritar las vías respiratorias.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Peligro de aspiración

Los datos disponibles no permiten efectuar una clasificación.

11.2 Otros datos

El cromo(VI) es muy tóxico. Se absorbe tanto por los pulmones como por el tracto gastrointestinal. Los cromatos y los dicromatos, como enérgicos oxidantes, pueden producir quemaduras y ulceraciones sobre la piel y las mucosas así como irritaciones en las vías respiratorias superiores. Tras penetración del compuesto en heridas aparecen ulceraciones de difícil curación. Sensibilización y reacciones alérgicas de las vías respiratorias (¡riesgo de neumonía!) y lesiones en las mucosas nasales (ocasionalmente perforaciones). Tras ingestión de la sustancia: fuertes trastornos en el tracto gastrointestinal y diarreas sangrientas, vómito (¡neumonía aspiratoria!), espasmos, paro circulatorio, pérdida del conocimiento. Formación de methemoglobina. Tras absorción, pueden producirse lesiones hepáticas y renales. La inhalación de compuestos de cromo(VI) resultaron indudablemente cancerígenos en ensayos sobre animales. Dosis letal (humanos): 0,5 g. Antídotos: formadores de quelatos, p.ej. EDTA, DMPS (Demaval).

Otras indicaciones:

El producto debe manejarse con especial cuidado.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos.

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 0,162 mg/l; 48 h (Base de datos ECOTOX)

12.2 Persistencia y degradabilidad

No hay información disponible.

12.3 Potencial de bioacumulación

No hay información disponible.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

Efectos biológicos:

Efecto perjudicial por desviación del pH.

Información complementaria sobre la ecología

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

ADR/RID

UN 1463 Trióxido de cromo anhidro, 5.1 (6.1, 8), II

IATA

UN 1463 CHROMIUM TRIOXIDE, ANHYDROUS, 5.1 (6.1, 8), II

IMDG

UN 1463 CHROMIUM TRIOXIDE, ANHYDROUS, 5.1 (6.1, 8), II

EmS F-A S-Q

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo a la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania. Pueden existir posibles diferencias a nivel nacional en otros países comunitarios.

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de 96/82/EC
Accidente Importante Muy tóxico
Alemán 1
Cantidad 1: 5 t
Cantidad 2: 20 t

96/82/EC
Comburente
3
Cantidad 1: 50 t
Cantidad 2: 200 t

96/82/EC
Peligroso para el medio ambiente
9a
Cantidad 1: 100 t
Cantidad 2: 200 t

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Tomar nota de la Directiva 92/85/CEE sobre la seguridad y la salud de las mujeres embarazadas en el trabajo.

Clase de almacenamiento 5.1 B

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100227
Denominación Cromo(VI) óxido purís.

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H271	Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente.
H301	Tóxico en caso de ingestión.
H311	Tóxico en contacto con la piel.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H330	Mortal en caso de inhalación.
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H340	Puede provocar defectos genéticos.
H350	Puede provocar cáncer.
H361f	Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
H372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3

R 9	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
R24/25	Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
R26	Muy tóxico por inhalación.
R35	Provoca quemaduras graves.
R42/43	Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel.
R45	Puede causar cáncer.
R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
R48/23	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

VWR International Eurolab S.L | C/ de la Tecnología, 5-17 | A7-Llinars Park | 08450 Llinars del Vallés | Tel.: +34 902 222 897 | Fax: +34 902 430 657

Merck, S.L. | María de Molina, 40 | 28006 Madrid | España | Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com | www.merck.es

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100227
Denominación	Cromo(VI) óxido purís.

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 15.08.2012

Versión 6.4

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	109982
Denominación	Ácido sulfúrico for 1000 ml, c(H ₂ SO ₄) = 0.005 mol/l (0.01 N) Titrisol®
Número de registro REACH	Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merck-chemicals.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	EQ-RS * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)
No es una sustancia peligrosa según SGA.

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)

Conforme a las directrices de la CE o las leyes nacionales respectivas, el producto no necesita ser ni clasificado, ni etiquetado.

2.3 Otros peligros

Ninguna conocida.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

Naturaleza química Solución acuoso-sulfúrica.

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Observaciones Ningún ingrediente peligroso según la Reglamento (CE) No. 1907/2006

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/l}$ (0.01 N) Titrisol®

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), en caso de malestar consultar al médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

No nos constan datos de toxicidad sobre este ácido sulfúrico muy diluido. Tras contacto con la piel: el contacto repetido puede provocar según el caso una dermatitis o puede tener irritaciones como consecuencia. Tras contacto con los ojos: posibles irritaciones tras exposición intensa.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No son necesarias medidas especiales.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemizorb® H⁺ (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/l}$ (0.01 N) Titrisol®

Observar las indicaciones de la etiqueta.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Bien cerrado.

Almacenar entre +15°C y +25°C.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Medidas de higiene

Sustituir la ropa contaminada. Es recomendable una protección preventiva de la piel. Lavar las manos al término del trabajo.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de perforación:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
Tiempo de perforación:	> 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/l}$ (0.01 N) Titrisol®

Protección respiratoria
necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Controles de exposición medioambiental
No son necesarias medidas especiales.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incolore
Olor	inodoro
Umbral olfativo	no aplicable
pH	aprox. 1,1 a 20 °C
Punto de fusión	No hay información disponible.
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	No hay información disponible.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	No hay información disponible.
Límite de explosión, superior	No hay información disponible.
Presión de vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa	aprox. 1,01 g/cm ³ a 20 °C
Solubilidad en agua	a 20 °C soluble
Coefficiente de reparto n- octanol/agua	No hay información disponible.
Temperatura de auto- inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/l}$ (0.01 N) Titrisol®

Propiedades comburentes ningún

9.2 Otros datos

ningún

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Los reaccionantes con agua habituales.

10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

La sustancia o mezcla no se clasifica como tóxica específica de órganos blanco, exposición única.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

La sustancia o mezcla no se clasifica como tóxica específica de órganos blanco, exposición repetida.

Peligro de aspiración

Los datos disponibles no permiten efectuar una clasificación.

11.2 Otros datos

No nos constan datos de toxicidad sobre este ácido sulfúrico muy diluido. Tras contacto con la piel: el contacto repetido puede provocar según el caso una dermatitis o puede tener irritaciones como consecuencia. Tras contacto con los ojos: posibles irritaciones tras exposición intensa.

Otras indicaciones:

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

No hay información disponible.

12.2 Persistencia y degradabilidad

No hay información disponible.

12.3 Potencial de bioacumulación

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/l}$ (0.01 N) Titrisol®

No hay información disponible.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al echo de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no deben esperarse problemas ecológicos.

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 3264
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Líquido inorgánico corrosivo, ácido, n.e.p. (SULPHURIC ACID SOLUTION)
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 Número ONU	UN 3264
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	CORROSIVE LIQUID, ACIDIC, INORGANIC, N.O.S. (SULPHURIC ACID SOLUTION)
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

Transporte marítimo (IMDG)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109982
Denominación Ácido sulfúrico for 1000 ml, c(H₂SO₄) = 0.005 mol/l (0.01 N) Titrisol®

14.1 Número ONU UN 3264
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas CORROSIVE LIQUID, ACIDIC, INORGANIC, N.O.S. (SULPHURIC ACID SOLUTION)
14.3 Clase 8
14.4 Grupo de embalaje III
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si
EmS F-A S-B
14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de 96/82/EC
Accidente Importante La directiva 96/82/EC no se aplica
Alemania

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 8B

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

VWR International Eurolab S.L | C/ de la Tecnología, 5-17 | A7-Llinars Park | 08450 Llinars del Vallés | Tel.: +34 902 222 897 | Fax: +34 902 430 657

Merck, S.L. | María de Molina, 40 | 28006 Madrid | España | Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com | www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 17.04.2014

Versión 13.0

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	106727
Denominación	Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.
No. CAS	10101-97-0

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merck-chemicals.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	EQ-RS * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302
Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332
Irritación cutáneas, Categoría 2, H315
Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334
Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317
Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341
Carcinogenicidad, Categoría 1A, Inhalación, H350i
Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360D
Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372
Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400
Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410
Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE)

Carc.Cat.1	Carcinógeno de categoría 1	R49
Mut.Cat.3	Mutágeno de la categoría 3	R68
Repr.Cat.2	Tóxico para la reproducción, categoría 2	R61
T	Tóxico	R48/23
Xn	Nocivo	R20/22
Xi	Irritante	R38
		R42/43

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

N Peligroso para el medio ambiente R50/53

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H350i Puede provocar cáncer por inhalación.

H360D Puede dañar al feto.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H315 Provoca irritación cutánea.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H332 Nocivo en caso de inhalación.

H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar guantes de protección.

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P308 + P313 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H350i Puede provocar cáncer por inhalación.

H360D Puede dañar al feto.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.

H341 Se sospecha que provoca defectos genéticos.

H372 Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Consejos de prudencia

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P280 Llevar guantes de protección.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P308 + P313 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

No. Índice 028-009-00-5

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula	NiSO ₄ * 6 H ₂ O	NiO ₄ S * 6 H ₂ O (Hill)
No. Índice	028-009-00-5	
No. CE	232-104-9	
Masa molar	262,86 g/mol	

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS Número de registro Clasificación

nickel sulphate hexahydrate (<= 100 %)

10101-97-0 *)

Toxicidad aguda, Categoría 4, H302

Toxicidad aguda, Categoría 4, H332

Irritación cutánea, Categoría 2, H315

Sensibilización respiratoria, Categoría 1, H334

Sensibilización cutánea, Categoría 1, H317

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 2, H341

Carcinogenicidad, Categoría 1A, H350i

Toxicidad para la reproducción, Categoría 1B, H360D

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372

Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400

Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Factor-M: 1

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Componentes peligrosos (1999/45/CE)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS Clasificación

nickel sulphate hexahydrate (<= 100 %)

10101-97-0 Carc.Cat.1; R49

Mut.Cat.3; R68

Repr.Cat.2; R61

Xn, Nocivo; R20/22

Xi, Irritante; R38

R42/43

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

T, Tóxico; R48/23
N, Peligroso para el medio ambiente; R50/53
Factor-M: 1

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

3.2 Mezcla

no aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a si mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. En caso necesario, llamar al oftalmólogo.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Asma, Reacciones alérgicas, Dificultades respiratorias, Trastornos del estómago/intestinales

Para compuestos solubles de níquel en general: Níquel inorgánico tiene efectos astringentes sobre las mucosas. Sensibilización con manifestaciones alérgicas en humanos son posibles. Ocasionalmente se produce una dermatitis de níquel. En dependencia de la hidrosolubilidad del compuesto con níquel, existe un efecto más o menos cancerígeno por inhalación. Los compuestos más solubles presentan menor efecto.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

Óxidos de azufre

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

Otros datos

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia. Evitar la inhalación de polvo. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Bien cerrado. Seco. Manténgase el recipiente en un lugar bien ventilado. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Observaciones
<i>nickel sulphate hexahydrate (10101-97-0)</i>			
VLA	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,2 mg/m ³	Expresado como: como Ni
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,1 mg/m ³	Expresado como: como Ni
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,1 mg/m ³	Expresado como: como Ni
			vease Apartado 8 (Agentes químicos Cancerígenos y Mutágenos)
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,2 mg/m ³	Expresado como: como Ni
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	0,1 mg/m ³	Expresado como: como Ni

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

prendas de protección

Protección respiratoria

necesaria en presencia de polvo.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro P 3

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No tirar los residuos por el desagüe.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	cristales
Color	verde
Olor	inodoro
Umbral olfativo	no aplicable
pH	4,3 - 4,7 a 100 g/l 20 °C
Punto de fusión	No hay información disponible.
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	no aplicable
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	El producto no es inflamable.
Límite de explosión, inferior	no aplicable
Límite de explosión, superior	no aplicable
Presión de vapor	no aplicable
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	2,07 g/cm ³ a 20 °C

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	650 g/l a 20 °C 3.407 g/l a 100 °C
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	no aplicable
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	aprox.103 °C Eliminación del agua de la cristalización
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	no aplicable
Densidad aparente	aprox.1.000 kg/m ³

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

10.2 Estabilidad química

Eliminación del agua de la cristalización

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

capacidad de reacción potenciada con:

Ácidos fuertes

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 rata: 361 mg/kg
OECD TG 425

absorción

Síntomas: Trastornos del estómago/intestinales, Irritaciones de las mucosas en la boca, garganta, esófago y tracto estomago-intestinal.

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 rata: 2,48 mg/l; aerosol
Directrices de ensayo 403 del OECD

absorción

Síntomas: Irritaciones en las vías respiratorias.

Toxicidad cutánea aguda

Esta información no está disponible.

Irritación de la piel

Provoca irritación cutánea.

Irritación ocular

Consecuencias posibles: ligera irritación

Sensibilización

Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vitro

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero):

Resultado: positivo

(National Toxicology Program)

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

(National Toxicology Program)

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Efectos CMR

Carcinogenicidad:

Puede provocar cáncer por inhalación. Evidencia positiva de los estudios epidemiológicos en humanos.

Mutagenicidad:

Se sospecha que provoca defectos genéticos.

Teratogenicidad:

Puede dañar al feto.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Para compuestos solubles de níquel en general: Níquel inorgánico tiene efectos astringentes sobre las mucosas. Sensibilización con manifestaciones alérgicas en humanos son posibles. Ocasionalmente se produce una dermatitis de níquel. En dependencia de la hidrosolubilidad del compuesto con níquel, existe un efecto más o menos cancerígeno por inhalación. Los compuestos más solubles presentan menor efecto. El producto debe manejarse con especial cuidado.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

CL50 Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada): 1,28 mg/l; 96 h (sustancia anhidra) (Base de datos ECOTOX)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 1 mg/l; 48 h
OECD TG 202 (sustancia anhidra)

Toxicidad para las algas

IC50 Pseudokirchneriella subcapitata (alga verde): 0,75 mg/l; 72 h
OECD TG 201 (sustancia anhidra)

12.2 Persistencia y degradabilidad

No hay información disponible.

12.3 Potencial de bioacumulación

Coefficiente de reparto n-octanol/agua

no aplicable

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 3077
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Sustancia sólida potencialmente peligrosas para el medio ambiente, n.e.p. (NICKEL(II) SULFATE HEXAHYDRATE)
14.3 Clase	9
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 Número ONU	UN 3077
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S. (NICKEL(II) SULFATE HEXAHYDRATE)
14.3 Clase	9
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 3077
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S. (NICKEL(II) SULFATE HEXAHYDRATE)
14.3 Clase	9
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	si
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

EmS F-A S-F

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de 96/82/EC
Accidente Importante Tóxico
Aleman 2
Cantidad 1: 50 t
Cantidad 2: 200 t

96/82/EC
Peligroso para el medio ambiente
9a
Cantidad 1: 100 t
Cantidad 2: 200 t

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones más rigurosas nacionales.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Reglamento (CE) No 689/2008 relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ($\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 6.1D

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H302	Nocivo en caso de ingestión.
H315	Provoca irritación cutánea.
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos.
H350i	Puede provocar cáncer por inhalación.
H360D	Puede dañar al feto.
H372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.



El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3

R20/22	Nocivo por inhalación y por ingestión.
R38	Irrita la piel.
R42/43	Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel.
R48/23	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R49	Puede causar cáncer por inhalación.
R50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
R68	Posibilidad de efectos irreversibles.

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)


<i>Símbolo(s)</i>	 T  N	Tóxico Peligroso para el medio ambiente
<i>Frase(s) - R</i>	49-61-20/22-48/23- 38-68-42/43-50/53	Puede causar cáncer por inhalación. Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. También tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Irrita la piel. Posibilidad de efectos irreversibles. Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
<i>Frase(s) - S</i>	53-45-60-61	Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta). Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 106727
Denominación Níquel(II) sulfato hexahidrato p.a. EMSURE® ACS

Otros datos

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

No. CE	232-104-9	Etiqueta CE
Etiquetado reducido (≤125 ml)		
Símbolo(s)	 T N	Tóxico Peligroso para el medio ambiente
Frase(s) - R	49-61-20/22-48/23-68-42/43	Puede causar cáncer por inhalación. Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. También tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. Posibilidad de efectos irreversibles. Posibilidad de sensibilización por inhalación y por contacto con la piel.
Frase(s) - S	53-45	Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad
Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

VWR International Eurolab S.L | C/ de la Tecnología, 5-17 | A7-Llinars Park | 08450 Llinars del Vallés | Tel.: +34 902 222 897 | Fax: +34 902 430 657

Merck, S.L. | María de Molina, 40 | 28006 Madrid | España | Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com | www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

Documento II: Presupuesto

INDICE DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

1.	Introducción	167
2.	Cuadro de Precios de Materiales y Equipos	167
2.1.	Material de Laboratorio	167
2.1.1.	Reactivos	167
2.1.2.	Material Auxiliar de Laboratorio	168
2.1.3.	Dispositivos de Medida Auxiliares.....	168
2.1.4.	Coste Total del Material de Laboratorio	168
3.	Equipos Empleados	169
3.1.1.	Equipo Empleado en la Electrodeposición	169
3.1.2.	Equipo Empleado para las Técnicas de Análisis	169
4.	Cuadro de Precios de la Mano de Obra	170
5.	Gestión de Residuos Tóxicos y Peligrosos.....	170
6.	Presupuesto total	171

1. Introducción

El objetivo del presupuesto es indicar tanto el coste de los distintos materiales e instrumentos de los que se hace uso en el presente Trabajo Final de Grado para llevarlo a cabo, como el coste de los trabajos realizados para la correcta ejecución del mismo.

Para que el presupuesto sea coherente y completo, se han confeccionado por separado los cuadros de precios de materiales y mano de obra, dividiéndolos en las distintas actividades desarrolladas para facilitar la comprensión del mismo. La gestión de residuos generados también debe considerarse en el presupuesto, por tanto se estudia en un capítulo del mismo.

El presupuesto queda dividido en los siguientes capítulos; cuadro de precios de materiales y equipos, cuadro de precios de mano de obra, gestión de residuos tóxicos y peligrosos y por último presupuesto total.

2. Cuadro de Precios de Materiales y Equipos

En primer lugar, cabe destacar que el precio asignado a los elementos que no han sido adquiridos específicamente para este Trabajo Final de Grado (que aparecen marcados con un asterisco), es el precio de amortización de tales bienes considerados como maquinaria (amortización en un plazo de diez años), teniendo en cuenta su precio por su uso temporal.

2.1. Material de Laboratorio

2.1.1. Reactivos

Reactivos				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
0,0825	ud.	500 gramos de CrO ₃	60,34	4,98
0,0081	ud.	1000 gramos de NiSO ₄	84,90	0,68
0,0416	ud.	2,5 L de H ₂ SO ₄	73,87	3,07
10	L	Agua desionizada	7,5	75,00
TOTAL Reactivos				83,73

2.1.2. Material Auxiliar de Laboratorio

Material auxiliar de laboratorio				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
7	ud.	Matraz aforado de 10mL AFORA	10,53	73,71
7	ud.	Matraz aforado de 25mL AFORA	10,84	75,88
14	ud.	Matraz aforado de 50mL AFORA	11,00	154,00
1	ud.	Matraz aforado de 2000mL AFORA	19,40	19,40
2	ud.	Matraz aforado de 1000mL AFORA	15,70	31,40
1	ud.	Vaso de precipitados de 50ml AFORA	3,99	3,99
1	ud.	Vaso de precipitados de 100mL AFORA	4,55	4,55
1	ud.	Vaso de precipitados de 250mL AFORA	6,10	6,10
3	ud.	Pinza universal "Minimax" AFORA	8,36	25,08
4	ud.	Nuez trevi	4,00	16,00
1	ud.	Micropipeta LLG	55,00	55,00
1	ud.	Varilla de vidrio	0,72	0,72
2	ud.	Soporte vertical de laboratorio	6,70	13,40
3	ud.	Soporte agitador	2,50	7,50
TOTAL Material auxiliar				486,73

2.1.3. Dispositivos de Medida Auxiliares

Dispositivos de medida auxiliares				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
3	día	Balanza electrónica BP110S	6,95	20,85
2	día	Balanza electrónica NJW-300	5,55	11,10
8	día	pH-metro micropH 20000 CRISON	9,67	55,76
1	ud.	Electrodo combinado de pH	105,00	105,00
TOTAL Dispositivos de medida auxiliares				192,71

2.1.4. Coste Total del Material de Laboratorio

Coste total del material de laboratorio		
Capítulo	CONCEPTO	IMPORTE €
1.1.1	Material auxiliar de laboratorio	486,73
1.1.2	Dispositivos de medida auxiliares	192,71
1.1.3	Reactivos	83,73
TOTAL Material de laboratorio		763,17

3. Equipos Empleados

3.1.1. Equipo Empleado en la Electrodeposición

Equipo empleado en la electrodeposición				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
2	ud.	Celda de PVC	224	448,00
1	ud.	Soporte cerámico microporoso	12,00	12,00
4	ud.	Membrana cerámica microporosa impregnada con óxidos de zirconio	25,00	100,00
1	ud.	Membrana auxiliar Nafión 117	75,00	75,00
4	ud.	Membranas de silicona reductoras del área de paso	0,50	2,00
1	ud.	Goma para sujeción de las membranas	0,50	1,00
8	ud.	Sujeción de celdas (tornillos de 5mm de diámetro y 8mm de longitud y tuerca)	0,40	3,20
13	día	Potenciostato-galvanostato PGSTAT 302N*	7,40	96,20
1	Ud.	Sistema de adquisición de datos	49,00	49,00
20	ud.	Electrodo de grafito (170 x d=7mm)	1,81	36,20
2	Ud.	Electrodo de referencia Ag/AgCl	181,76	363,56
2	Ud.	Capilar Haber-Luggin	0,60	1,20
4	m	Cable electrico	1,88	7,52
4	Ud.	Conexión banana	0,86	3,44
1	ud.	Electrodo combinado de pH	105,00	105,00
TOTAL Equipo empleado en la electrodeposición				1303,32

3.1.2. Equipo Empleado para las Técnicas de Análisis

Equipo empleado en las técnicas de análisis				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
8	día	Espectrómetro AAnalyst 100 AA de Perkin Elmer*	5,00	40,00
TOTAL Equipo empleado en las técnicas de análisis				40,00

4. Cuadro de Precios de la Mano de Obra

Cuadro de precios de mano de obra				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
160	h	Ingeniero Químico	30,00	4800,00
10	h	Técnico de laboratorio	20,00	200,00
TOTAL Mano de obra				5000,00

5. Gestión de Residuos Tóxicos y Peligrosos

Gestión de residuos tóxicos y peligrosos				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
5,07	kg	Gestión de residuo	0,677	3,43
TOTAL Gestión de residuos				3,43

6. Presupuesto total

Capítulo	CONCEPTO	IMPORTE (€)
2.1	Material de laboratorio	763,17
2.2	Equipo empleado	1343,32
3	Mano de obra	5000,00
4	Gestión de residuos	3,43
TOTAL Presupuesto de Ejecución Material		7109,92

TOTAL Presupuesto de Ejecución Material	€
20 % Gastos generales y cargas fiscales	1421,98 €
6 % Beneficio industrial	426,59 €
SUMA	8958,49 €
21 % IVA	1881,28 €
PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN	10839,77 €

Asciende el presupuesto total de inversión, IVA incluido, a la cantidad de DIEZ MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y NUEVE CON SETENTA Y SIETE

