

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 40, N.º 1, 2025

NICKEL Y ASG

*Consideraciones de sostenibilidad
para la producción de níquel*

*Dra. Veronique Steukers
Presidenta del Nickel Institute*

*El níquel en el acero inoxidable:
un enfoque equilibrado*





ESTUDIO DE CASO 33

LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE KUHBERG



HYDRO-ELEKTRIK GMBH

- Tres pilares de acero inoxidable soportan el techo de cada depósito construidos con tubos DN250 de 12,5 mm de espesor (10" SCH80S) utilizando acero inoxidable 1.4404/316L.
 - Los fondos de los depósitos y los 6,4 metros inferiores de la coraza se fabricaron con acero inoxidable dúplex lean 1.4162/UNS S32101, seleccionado por su alta resistencia mecánica y su excelente resistencia a la corrosión. 3 mm de espesor para las placas inferiores y 4 mm para la coraza inferior.
- La coraza superior y el techo son de acero inoxidable dúplex 1.4462/S32205.

El proyecto de Kuhberg es ahora la mayor instalación de almacenamiento de agua potable de acero inoxidable de Europa, con 12 000 m³. Situado en Ulm (Alemania), este enorme depósito de agua fue construido por Hydro-Elektrik GmbH. Construido principalmente con acero inoxidable 316L (UNS S31603), dúplex lean (magro) y dúplex estándar, está diseñado para mejorar la eficiencia, mantener la calidad del agua y reducir el mantenimiento a largo plazo.

El sector del almacenamiento de agua ha evolucionado considerablemente en las últimas cinco décadas, pasando de depósitos de hormigón revestidos de acero inoxidable a depósitos totalmente de acero inoxidable con sistemas de limpieza integrados. Las tres corazas de los depósitos se fabricaron mediante el proceso de bobinado en espiral de Hydro-Elektrik GmbH, que desenrolla chapas metálicas a partir de bobinas de 10 toneladas para conformarlas en espiral. Cada depósito se compone de unas 21 toneladas de dúplex lean, 30 toneladas de dúplex estándar y 0,3 toneladas de 316L para los pilares.

El resultado son depósitos de gran

diámetro con menos soldaduras, lo que mejora la integridad estructural y permite un control preciso del grosor y el diámetro. La selección estratégica de materiales aborda retos como el dióxido de cloro en el agua potable entrante, que requiere calidades resistentes.

Hydro-Elektrik GmbH estableció nuevos estándares de diseño, sostenibilidad y longevidad en la instalación de almacenamiento de agua potable de Kuhberg aprovechando las propiedades del acero inoxidable y una ingeniería innovadora.

La instalación comenzó a funcionar a finales de 2023.

Adaptado de un artículo publicado en Stainless Steel World. 

EDITORIAL:

PRINCIPIOS AMBIENTALES, SOCIALES Y DE GOBERNANZA (ASG)

La industria del níquel se encuentra en un momento crucial. Las tensiones geopolíticas y el traslado de la producción a Indonesia han puesto al níquel en el centro de atención, mientras los países se apresuran a garantizar el acceso a metales críticos. Al mismo tiempo, la industria debe producir níquel de forma sostenible.

En esta edición de *Nickel Magazine*, examinamos el níquel a través de la lente de los principios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG). Aunque algunos sectores de la industria son objeto de críticas, también se observan avances significativos. Es posible mitigar el impacto de la extracción y producción de níquel en los trabajadores, las comunidades y el medio ambiente. El Nickel Institute, entre otros, proporciona numerosas herramientas y estudios para ayudar a la industria a alcanzar unos altos estándares ASG.

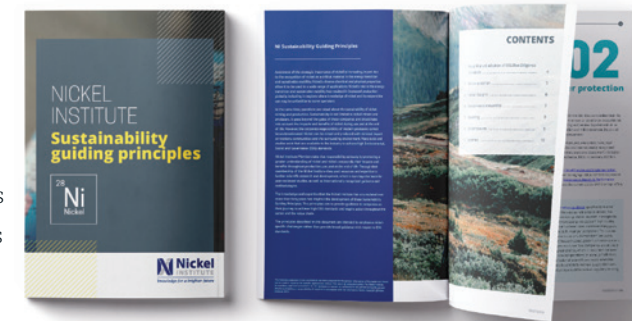
La sostenibilidad va más allá de los mineros y productores de níquel, ya que tiene en cuenta los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida del níquel. Los miembros del Nickel Institute se toman muy en serio esta responsabilidad, y promueven un mayor conocimiento de las ventajas del níquel y su uso responsable. Al aunar recursos y conocimientos, contribuyen al avance de la investigación científica, los estudios revisados por expertos y las mejores prácticas internacionales.

El níquel desempeña un papel vital en el apoyo a las comunidades, el crecimiento económico y la transición energética. La misión del Nickel Institute es abogar por el suministro sostenible de níquel y el desarrollo sostenible de la industria del níquel. Sin embargo, no podemos hacerlo solos. Instamos a todos los agentes de la industria a que respeten las normas más estrictas de sostenibilidad y gobernanza y a los usuarios finales del níquel a que exijan a sus proveedores que apliquen las normas, para que las comunidades, la industria y el medio ambiente salgan ganando.

Clare Richardson
Editora, *Nickel*



La portada y la imagen superior muestran la plantación de plantones de árboles en una antigua explotación minera de níquel en Célebes Meridional, Indonesia, para destacar los esfuerzos esenciales por restaurar y rehabilitar el terreno.



Los Principios rectores de sostenibilidad del Nickel Institute proporcionan una hoja de ruta para las empresas en su camino hacia el logro de altos estándares ASG, inspirando la acción en todo el sector y la cadena de valor.

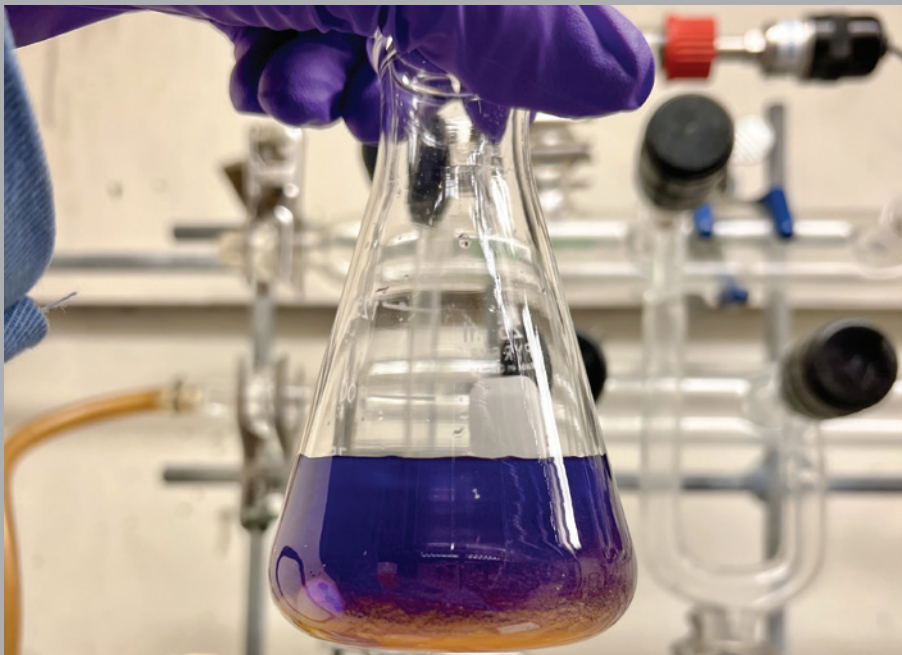
ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 33**
La instalación de almacenamiento de agua potable de Kuhberg
- 03 **Editorial**
Principios ambientales, sociales y de gobernanza
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Procesamiento del níquel**
Consideraciones de sostenibilidad para la producción de níquel
- 08 **La presidenta del Nickel Institute, la Dra. Veronique Steukers**
Al frente del Nickel Institute
- 10 **Sostenibilidad y níquel en el acero inoxidable**
un enfoque equilibrado.
- 12 **Charla sobre baterías**
con el Dr. Mark McArthur
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas.**
- 15 **¿Por qué el níquel?**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **The Calling**
escultura de colimbo de Andy Scott

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute
www.nickelinstitute.org
Dra. Veronique Steukers, Presidenta
Clare Richardson, Editora
communications@nickelinstitute.org
Colaboradores: Parvin Adeli, Gary Coates, Mark Mistry, Geir Moe, Kim Oakes, Pablo Rodríguez Domínguez, Frank Smith, Lyle Trytten, Odette Ziezold
Diseño: Constructive Communications
Este material ha sido elaborado para proporcionar información general al lector y no debe utilizarse ni tomarse como base para aplicaciones específicas sin antes obtener asesoramiento. Aunque se considera que el material es técnicamente correcto, el Nickel Institute, sus miembros, personal y consultores no afirman ni garantizan que sea adecuado para ningún uso general o específico, ni asumen ningún tipo de obligación o responsabilidad respecto a la información aquí contenida.
ISSN 0829-8351
Impreso en papel reciclado en Canadá por Hayes Print Group
Créditos de imágenes de Stock:
Portada: Getty©SOPA Images, pág. 3 Getty©NurPhoto, pág. 6 Getty©NurPhoto, pág. 10 iStock©CHUNYIP WONG, pág. 11 iStock©PhonlamaiPhoto
pág. 15 VectorStock©Sklyaksun, composición Constructive Communications

NICKEL

ACTUALIDADES

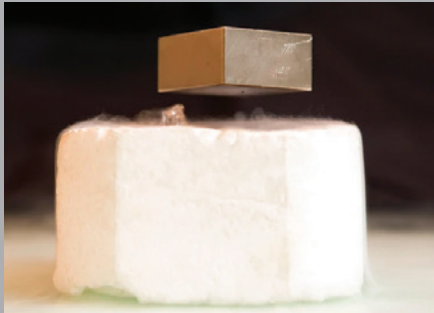


Más verde y más limpio

Investigadores respaldados por el programa Centros para la Innovación Química de la Fundación Nacional de la Ciencia de EE. UU. han sido pioneros en una nueva forma de separar el cobalto y el níquel de minerales o materiales reciclados utilizando amoníaco y carbonato. Este método de extracción más eficaz, que permite obtener ambos metales con una pureza del 99 %, podría mejorar el uso sostenible de los residuos electrónicos y contribuir a mitigar su posible escasez. El cobalto y el níquel son elementos críticos en las tecnologías que funcionan con baterías. "Este enfoque aborda las tecnologías de los productos químicos de purificación tradicionales y crea un mayor valor para las baterías desechadas", dice Eric Schelter, el químico que dirigió el equipo de investigación de la Universidad de Pensilvania junto con colaboradores de la Universidad Northwestern.

Superdescubrimiento

Físicos de la Southern University of Science and Technology (SUSTech) de Shenzhen (China) han creado un nuevo superconductor de alta temperatura basado en níquel a presión ambiente. El avance, utilizando una fina película de óxido de níquel que habían hecho crecer en el laboratorio, logró la superconductividad por encima de -233 °C (-387 °F) a "presión normal". Solo los cupratos y los materiales basados en el hierro habían demostrado anteriormente este logro. "Hay grandes esperanzas de que podamos

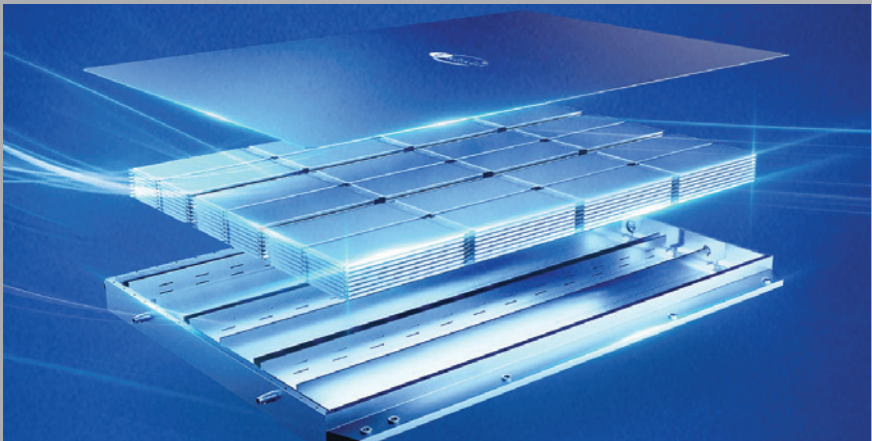


aumentar la temperatura crítica y hacer que [estos materiales] sean más útiles para las aplicaciones", afirma el investigador Danfeng Li. Este descubrimiento abarataría y haría más eficientes tecnologías como la resonancia magnética. Los hallazgos se publicaron en la revista *Nature*.

PATRICK GAILLARDIN/LOOK AT SCIENCES/PL

Progreso sólido

La empresa china Farasis Energy ha anunciado que su batería de estado sólido (ASSB, por sus siglas en inglés), con una densidad energética de más de 400 Wh/kg, ha entrado en la fase de pruebas reales con ciclos estables de las celdas. Construidas a partir de un sistema basado en sulfuros, con un cátodo ternario de alto contenido de níquel y un ánodo con alto contenido de silicio, estas celdas con electrolitos en estado sólido han superado las pruebas de perforación, cizalladura y caja caliente, y cuentan con capacidad de autoapagado por fuga térmica a nivel de celda. Farasis Energy también ha avanzado en la construcción de baterías de estado sólido basadas en sistemas de óxido y polímero, utilizando ánodo de metal de litio y cátodo de alto contenido en níquel con una densidad energética de hasta 500 Wh/kg. En conjunto, las ventajas que se persiguen con estas ASSB más ligeras son una mayor seguridad, una mayor densidad energética y una carga más rápida. Es otro paso adelante en el mundo de los vehículos eléctricos.



FARASIS ENERGY



KAROLINE HEALY

Una joya de idea

Hasta donde sabemos, el primer objeto fabricado con metales extraídos mediante fitominería, un proceso en el que plantas hiperacumuladoras absorben metales de la tierra. El anillo, obra de la investigadora de materiales y diseñadora Karoline Healy, de H₂ERG¹, presenta una mezcla de polvo metálico encapsulado en una esfera transparente, que incluye níquel, plata, cobre y zinc. Los metales utilizados en el anillo se obtuvieron con la ayuda de la start-up de biominería Phyona, que se dedica a desarrollar métodos de extracción de metales de base biológica y bajas emisiones de carbono. Los metales del anillo proceden de una antigua mina de carbón del norte de Inglaterra. Las plantas ayudan a eliminar los contaminantes del suelo, un proceso conocido como biorremediación.

INDUSTRIA DEL NÍQUEL - CUARTA PARTE: CONSIDERACIONES SOBRE SOSTENIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE NÍQUEL

En la cuarta parte de esta serie, analizamos las repercusiones de la producción de níquel y cómo mitigarlas.

En la industria minera, hay tres grandes categorías de cuestiones de sostenibilidad: impactos ambientales, impactos sociales y cuestiones de gobernanza. Analicémoslas un poco más a fondo, sin olvidar que la industria del níquel está evolucionando: las prácticas de la década de 1950 no son las de hoy.

Los principales problemas medioambientales del níquel son similares a los de la mayoría de las operaciones con metales básicos: impactos en la tierra, el aire, el agua y los ecosistemas derivados de las actividades emprendidas y los residuos producidos.

Tierra

Los depósitos superficiales tropicales (lateritas) pueden afectar significativamente a la tierra y a la biodiversidad, sobre todo en lugares insulares con especies únicas y localizadas, lo que supone un riesgo de extinción. En las zonas continentales templadas, los riesgos de la minería de superficie son menores debido a la amplia distribución de las especies.

Los yacimientos subterráneos de sulfuros de alta ley minimizan la alteración de la superficie.

La restauración de los paisajes a las condiciones reales anteriores a la minería es a menudo imposible debido a los cambios en la forma del terreno. Los suelos ricos en níquel influyen en los tipos de plantas, y la eliminación del níquel puede favorecer una vegetación diferente, ni mejor ni peor, solo diferente. La restauración debe tener como objetivo la utilidad ecológica o económica, planificada en consulta con las comunidades y los organismos reguladores. Los planes deben seguir siendo flexibles para adaptarse a la evolución de los objetivos de la



Trabajadores plantan árboles en antiguas zonas mineras que han sido recuperadas por PT Vale Indonesia en Soroako, Luwu Oriental, Indonesia.

comunidad y a los efectos del cambio climático.

Aire y agua

La contaminación del aire es un problema mayor para el procesamiento que para la minería. Las emisiones de la flota minera (procedentes de la combustión de combustibles en equipos móviles) son relativamente pequeñas. La extracción de minerales sulfurosos puede requerir un uso intensivo de energía, con emisiones ligadas a centrales eléctricas fósiles cautivas. La ubicación remota de las minas reduce algunos impactos contaminantes sobre las personas.

La fundición de minerales lateríticos requiere mucha energía y emite CO₂ y contaminantes, mientras que la fundición de sulfuros genera dióxido de azufre, a menudo capturado como ácido sulfúrico, a menos que la distribución desde lugares remotos sea poco práctica. La lixiviación ácida ofrece una alternativa de procesamiento más limpia.

La contaminación del agua se debe a la erosión y a los metales pesados de las minas tropicales, mientras que las minas de sulfuro pueden provocar el drenaje ácido de las minas. Los efluentes de los procesos también pueden contener metales. Es esencial un tratamiento adecuado del drenaje y los efluentes.

Residuos sólidos

Como en toda actividad minera, la minería y el procesamiento del níquel también implican problemas relacionados con los residuos sólidos, ya sea en forma de relaves de minerales sulfurados de níquel (a menudo ganga silicatada con algo de sulfuros de hierro residuales), escoria procedente de la fundición de lateritas o sulfuros de níquel, o residuos de precipitados químicos generados por la lixiviación ácida de lateritas o por el refinado de concentrados o mata de níquel. La aplicación de buenas prácticas reconocidas, como la norma del sector sobre relaves del ICMM, es fundamental para reducir los riesgos asociados a estos residuos sólidos.

Cuestiones sociales y de gobernanza

Las cuestiones sociales implican un trato responsable de los trabajadores y las comunidades locales. La mano de obra cualificada es esencial en la

minería y el procesamiento, por lo que las empresas líderes dan prioridad a la capacitación, las herramientas adecuadas y la seguridad en el lugar de trabajo.

El actual debate mundial sobre el consentimiento libre, previo e informado (CLPI) pone de relieve la necesidad de una licencia social para operar. Las comunidades afectadas por las actividades —positiva o negativamente— deben ser informadas y dar su consentimiento. La madurez de este debate varía según el país, pero no conseguir y mantener el consentimiento puede ser catastrófico para los productores.

La gobernanza en la minería del níquel es un reflejo de otras industrias de recursos. Internamente, los procesos de toma de decisiones deben ser transparentes, inclusivos y estar bien informados. Externamente, las empresas deben fomentar un compromiso constructivo con los gobiernos, los organismos reguladores y la sociedad, garantizando al mismo tiempo que las distintas voces conformen las políticas y prácticas sin ejercer una influencia indebida sobre la sociedad civil.

Avances

Hay muchos sistemas de gestión en uso en todo el mundo que abordan una serie de las cuestiones anteriores. La Iniciativa para la Consolidación de las Normas Mineras, una colaboración entre The Copper Mark (que incluye The Nickel Mark), el Consejo Internacional de Minería y Metales, la Asociación Minera de Canadá y el Consejo Mundial del Oro, tiene como objetivo consolidar sus cuatro normas de minería responsable en una norma global que abarque aspectos ambientales, sociales y de gobernanza. El uso de técnicas como el análisis del ciclo de vida puede señalar los puntos críticos de cada instalación y de toda la industria en relación con muchos atributos ambientales, para ayudar a las empresas a orientar sus esfuerzos de sostenibilidad. Pero siempre es necesario tener cuidado con la interpretación. En futuros artículos de esta serie se examinará cómo los nuevos enfoques pueden ayudar a reducir el impacto de la producción de níquel.

Ni

Una buena regulación de los impactos ecológicos requiere una buena información. Los miembros del Nickel Institute apoyan el trabajo de NiPERA, dirigiendo estudios científicos críticos para obtener datos creíbles.

LA NUEVA PRESIDENTA DEL NICKEL INSTITUTE, LA DRA. VERONIQUE STEUKERS.



Veronique Steukers
Presidenta, Nickel Institute

Ciudadana belga

Doctora en química orgánica por la Universidad de Exeter, Reino Unido

Más de 25 años de experiencia en asuntos reglamentarios y gubernamentales

Más de 16 años en el sector privado con Umicore y Albemarle

Se incorporó al Nickel Institute en 2012 como Directora de Políticas Públicas y Sostenibilidad

Fue nombrada presidenta el 1 de enero de 2025

En enero de 2025, la Dra. Veronique Steukers asumió el cargo de Presidenta del Nickel Institute, aportando una amplia experiencia y un gran entusiasmo por los metales. Con una sólida formación en química, liderazgo empresarial e incidencia política, está comprometida con el impulso de la sostenibilidad, la innovación y el abastecimiento responsable en la industria del níquel.

Al frente del Nickel Institute

Reconociendo el papel fundamental del níquel en la tecnología moderna y el desarrollo sostenible, Steukers se centra en garantizar que las empresas puedan seguir beneficiándose del Nickel Institute como recurso indispensable en la industria. "El níquel es un mineral estratégico con inmensos beneficios sociales, pero también retos que deben gestionarse de forma responsable", explica. "El Nickel Institute aporta una experiencia única y ejerce labores de incidencia para apoyar a la industria, los organismos reguladores y otras partes interesadas en la toma de decisiones informadas".

Su principal prioridad es reforzar la estructura, la financiación y la afiliación del Instituto para afrontar con eficacia los retos de todo el sector. Destaca que la acción colectiva a través del Instituto permite a los miembros enfrentar desafíos que las empresas, actuando por separado, no podrían abordar y que podrían repercutir negativamente en el futuro del níquel. El Instituto permite a los agentes responsables del sector poner en común sus conocimientos, compartir riesgos e impulsar el progreso hacia una industria sostenible del níquel.

El papel del níquel en la sostenibilidad mundial

"El níquel es indispensable para la economía baja en carbono", afirma Steukers. "Se utiliza en todas las tecnologías de energías renovables, baterías y almacenamiento de energía y es una parte esencial de nuestra respuesta al cambio climático". También contribuye a la distribución de agua potable y cadenas de suministro de alimentos, equipos médicos higiénicos, así como infraestructuras duraderas e incluso bellas obras de arte público. Estas aplicaciones apoyan comunidades sanas y sostenibles.

"Pero la sostenibilidad empieza en la fuente. Es nuestra responsabilidad colectiva garantizar que el níquel siga estando disponible para las generaciones futuras", insiste.

Con este fin, el Instituto ha establecido los *Principios rectores de sostenibilidad* para ayudar a las empresas a desarrollar su hoja de ruta hacia la integración de consideraciones ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en sus operaciones.

Avances en el abastecimiento responsable

Veronique Steukers considera que el abastecimiento responsable es un paso fundamental para las empresas en su camino hacia el cumplimiento de los criterios ASG. "Una norma de abastecimiento responsable ayuda



a las empresas a identificar las áreas críticas, subsanar las lagunas de datos y generar confianza entre los inversores y otras partes interesadas", afirma. El Nickel Institute ha desarrollado conjuntamente la Ni Mark con la ya establecida Cu Mark, un marco de abastecimiento responsable basado en las directrices de la OCDE, que ofrece la flexibilidad necesaria para que tanto las grandes empresas como los nuevos productores puedan seguir el proceso y someterse a auditoría.

Innovación

Como líder del pensamiento, el Nickel Institute impulsa la innovación en la ciencia de la regulación, el desarrollo del mercado y las nuevas aplicaciones. La Dra. Steukers destaca su labor de desarrollo de mercado en aplicaciones pioneras del acero inoxidable, como los sistemas de distribución de agua resistentes a terremotos que evitan grandes pérdidas de agua. La durabilidad y reciclabilidad del níquel lo convierten en un factor clave en las infraestructuras sostenibles.

De cara al futuro, cree que las aleaciones con alto contenido de níquel desempeñarán un papel cada vez más importante en la tecnología espacial, gracias a su gran resistencia y capacidad para soportar temperaturas extremas. Aunque las baterías acaparan gran parte de la atención, el potencial del níquel va mucho más allá del almacenamiento de energía.

Incidencia y educación

Con una reputación como socio global de confianza, el Nickel Institute desempeña un papel crucial en la educación de responsables

políticos, fabricantes y consumidores. "Nuestros expertos aportan conocimientos únicos en áreas que van desde la salud humana y la ciencia ambiental hasta la regulación, las aplicaciones comerciales y la sostenibilidad", señala. "Garantizamos que una información precisa y basada en la ciencia sirva como fundamento para la toma de decisiones a todos los niveles".

Pasión por los metales, la música y el liderazgo

La carrera de Steukers comenzó en la química orgánica antes de hacer la transición hacia la defensa de los metales. Después de ocupar cargos en Umicore y Albemarle Corporation, se incorporó al Nickel Institute hace 13 años, donde llegó a dirigir la oficina de Bruselas. "Una vez que los metales te atrapan, es difícil alejarse", dice con una sonrisa.

Pero los metales no son su única pasión. En su tiempo libre, Veronique es una gran aficionada a la música. Es una pianista consumada y aporta su ética de trabajo en equipo como clarinetista en un exitoso conjunto de viento en su Bélgica natal. También forma parte de la junta directiva de la orquesta belga Casco Phil.

Y como nueva *directora de orquesta* del Nickel Institute, tiene muy claro qué diferencia a la organización. "Pasión, experiencia, profesionalidad, trabajo en equipo y diversión", afirma. "Fomentamos el respeto, la colaboración y la confianza —tanto dentro de nuestro equipo como con nuestros miembros— garantizando un futuro fuerte y sostenible para el níquel". 

"El níquel es un mineral estratégico con inmensos beneficios sociales, pero también retos que deben gestionarse de forma responsable".

SOSTENIBILIDAD Y NÍQUEL EN EL ACERO INOXIDABLE

UN ENFOQUE EQUILIBRADO



El acero inoxidable con níquel puede tener una huella de producción más alta, pero ofrece longevidad, eficiencia y reciclabilidad. La sostenibilidad se evalúa mediante análisis del ciclo de vida completo, incluidos los factores sociales y económicos.

En el mundo actual, la sostenibilidad es más que una palabra de moda: es un principio rector que determina las industrias, las políticas y las decisiones de los consumidores. En el sector del acero inoxidable, el níquel desempeña un papel importante en la mejora del rendimiento de los materiales, la longevidad y el apoyo a los objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Pero, ¿qué significa realmente sostenibilidad en este contexto y cómo podemos medirla eficazmente?

En esencia, la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Requiere equilibrar el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. El desarrollo sostenible, por su parte, es la hoja de ruta para lograrlo: un proceso continuo de mejora de tecnologías, prácticas y políticas. ¿Se puede comparar la sostenibilidad de los materiales? Sí, pero es complejo. Desde la década de 1990, científicos y expertos de la industria han trabajado para definir métodos de evaluación de materiales basados

en la sostenibilidad. Mientras que los aspectos medioambientales y económicos están bien establecidos mediante métodos y herramientas acordados, la dimensión social está evolucionando. Evaluar los materiales va más allá de la huella de carbono o el consumo de energía: implica comprender el impacto de todo su ciclo de vida teniendo en cuenta el medio ambiente, la economía y los aspectos sociales. Herramientas como el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ofrecen un enfoque estructurado para evaluar el impacto ambiental de un material desde su origen hasta su disposición

final. Definidos por las normas ISO, los ACV ayudan a evaluar el rendimiento medioambiental del acero inoxidable que contiene níquel a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima hasta el reciclado al final de su vida útil. Métodos complementarios como el cálculo del costo del ciclo de vida (CCV) y el ACV social (ACVs) amplían esta evaluación a las repercusiones económicas y sociales, proporcionando una evaluación más completa de la sostenibilidad. Estas herramientas ponen de relieve no solo los beneficios medioambientales, sino también la eficiencia económica y la responsabilidad social.

El contexto importa

Ningún material es sostenible por sí mismo: su impacto depende de cómo se produce, utiliza y gestiona al final de su vida útil. Tomemos como ejemplo el acero inoxidable fabricado completamente con chatarra reciclada y usando energía hidroeléctrica. Aunque esto parezca altamente sostenible, si acaba como pieza decorativa en un dispositivo electrónico de corta duración que se desecha de forma inadecuada y no se recicla, su sostenibilidad se ve comprometida.

Por el contrario, el uso de acero inoxidable con níquel en aplicaciones duraderas —como infraestructuras o procesos químicos— maximiza su valor y reduce el impacto ambiental a lo largo del tiempo.

El acero inoxidable reciclado suele tener una menor huella de carbono y medioambiental que el producido a partir de materias primas primarias. Sin embargo, para evaluar la sostenibilidad hay que tener en cuenta las dimensiones económica y social, además de todo el ciclo de vida del producto.

¿Y reciclar es siempre más sostenible? No necesariamente. Si el acero inoxidable reciclado se utiliza en un producto de corta duración que no se beneficia de sus propiedades de robustez ni se vuelve a reciclar, su sostenibilidad podría ser menor que la del acero inoxidable primario utilizado en una aplicación duradera y totalmente reciclada.

Desde una perspectiva social, la

producción primaria en zonas con infraestructuras limitadas puede crear más puestos de trabajo y beneficios económicos que los procesos de reciclado altamente eficientes en regiones más ricas que emplean a menos personas.

Los datos cuantitativos del ACV, el CCV y el ACVs son, por tanto, herramientas esenciales para evaluar los materiales y los sistemas de productos de forma holística, lo que permite tomar decisiones informadas en todas las dimensiones de la sostenibilidad.

Mirando al futuro: construir un futuro sostenible con níquel

El papel del níquel en el acero inoxidable es fundamental. El níquel tiene un alto valor económico, lo que garantiza que tanto los fabricantes en las etapas finales de la cadena de producción como los usuarios finales evalúen cuidadosamente si conviene utilizar productos que contienen níquel o buscar alternativas sin níquel. El níquel se utiliza cuando la rentabilidad está justificada por una mejor funcionalidad, una vida útil más larga y una mayor eficiencia, lo que también genera importantes beneficios para el medio ambiente. Además, los recicladores de acero inoxidable se benefician del hecho de que la chatarra de acero inoxidable que contiene níquel tiene un mayor valor económico, lo que impulsa unos índices de recogida mucho más elevados.

Su durabilidad, resistencia a la corrosión y capacidad de reciclaje lo convierten en un material de primera para aplicaciones sostenibles. La inversión continuada en estudios de ACV y CCV permite a la industria destacar el valor a largo plazo del níquel al tiempo que perfecciona las prácticas para reducir su huella medioambiental. La labor del Nickel Institute ayuda a comprender la relevancia socioeconómica del níquel y sus cadenas de valor en diversas regiones productoras y consumidoras de níquel a nivel mundial, complementando la dimensión medioambiental y económica con aspectos sociales.

Ni



A medida que las industrias de todo el mundo adoptan prácticas más ecológicas, la integración cuidadosa del níquel en el acero inoxidable contribuirá a lograr un equilibrio entre el éxito económico, la protección del medio ambiente y la responsabilidad social: un verdadero reflejo de la sostenibilidad.

CHARLA SOBRE BATERÍAS

ENTREVISTA CON EL DR. MARK MCARTHUR



El Dr. Mark McArthur y su equipo se centran en descubrir y desarrollar materiales y métodos de producción útiles para el ecosistema del almacenamiento de energía. Desde 2020, el Dr. McArthur ha dirigido el equipo de cátodos de NOVONIX en el desarrollo y la ampliación de su tecnología patentada de síntesis de cátodos totalmente seca y sin residuos, que se espera que reduzca significativamente los costes y el impacto ambiental de la producción de cátodos a base de níquel.

Antes de su puesto en NOVONIX, el Dr. McArthur trabajó en Tesla, donde descubrió nuevos materiales y tecnologías de baterías de iones de litio, dirigidos a los sectores de los vehículos eléctricos (VE) y los sistemas de almacenamiento de energía. Realizó su doctorado en Ingeniería Química en la Universidad McGill sobre materiales de almacenamiento de energía y su Maestría en Física en la Universidad Dalhousie bajo la supervisión del profesor Jeff Dahn.

El Dr. Mark McArthur es director de I+D de NOVONIX en Nueva Escocia (Canadá). El Dr. Parvin Adeli, experto en baterías del Nickel Institute, se reunió con él para hablar de la tecnología patentada de síntesis de cátodos de NOVONIX, totalmente seca y sin residuos, que se espera reduzca significativamente los costes y el impacto medioambiental de la producción de cátodos a base de níquel.

Háblenos de NOVONIX

NOVONIX es una empresa de materiales, tecnología y servicios para baterías fundada en 2013. NOVONIX, empresa derivada de la Universidad de Dalhousie, comenzó con el desarrollo de equipos de ensayo de baterías de altísima precisión. Desde entonces, hemos seguido expandiéndonos y ahora ofrecemos servicios de investigación y desarrollo. Nuestro equipo de I+D puede construir y probar celdas de batería utilizando nuestras líneas de prototipado de celdas y proporcionar desarrollo y caracterización de materiales. En 2017, fundamos NOVONIX Anode Materials en Chattanooga, Tennessee (EE. UU.) y desarrollamos grafito de alto rendimiento para la industria. Mi equipo de materiales catódicos se creó hace cinco años para centrarse en la comercialización de nuestra tecnología patentada de producción de cátodos totalmente seca y sin residuos, desarrollada inicialmente en la Universidad Dalhousie en el laboratorio de materiales para baterías del Dr. Mark Obrovac.

¿En qué se centra la tecnología de proceso totalmente seco y sin residuos?

Nuestra tecnología se centra en la síntesis de materiales catódicos de

níquel, manganeso y cobalto (NMC) de forma escalable, sostenible y rentable.

¿Qué la distingue de otras tecnologías?

En el proceso estándar, los materiales de cátodo NMC se producen formando primero un precursor del material activo catódico (pCAM, por sus siglas en inglés) mediante coprecipitación acuosa de sulfatos de níquel, manganeso y cobalto. Este proceso genera aguas residuales y subproductos como el sulfato de sodio. Se mezcla un compuesto de litio con el pCAM, que, tras la calcinación, se convierte en polvo de material activo catódico (CAM, por sus siglas en inglés).

En NOVONIX, nos centramos en fabricar los mismos materiales de alta calidad, pero mediante un proceso mejor. Hemos demostrado que podemos lograr un rendimiento competitivo con los polvos de cátodo NMC fabricados convencionalmente para una gama de composiciones químicas de níquel (60-95 % Ni). Nuestro proceso es sencillo, pero la fabricación del producto final no lo es. Combinamos varios metales —principalmente polvos metálicos, óxidos o carbonatos— con litio y dopantes, y lo calcinamos todo.

La magia está en cómo combinamos las materias primas en un estado completamente seco, sin reactivos especializados, y refinando la estructura cristalina mediante un calentamiento preciso. El resultado es similar al polvo NMC convencional, utilizando el mismo equipo de una forma nueva y diferente.

¿Cuáles son las ventajas del proceso totalmente seco y sin residuos?

Al adoptar un proceso completamente en seco, se pueden lograr ahorros de hasta un 30% en gastos de capital (CAPEX) y un 50% en gastos operativos (OPEX), respectivamente.¹ Fabricamos polvo CAM de calidad sin generar residuos. No hay que preocuparse por los residuos de sulfato sódico ni necesitamos sistemas especializados de eliminación de residuos. Y es fácil convertir una instalación para que utilice la tecnología NOVONIX. Fabricando el mismo material, se reducen los costes, se eliminan los residuos y se reduce la huella de la planta. Se trata de una combinación ganadora para los fabricantes de CAM.

¿Cuáles han sido los retos?

El problema con los CAM ternarios, como el NMC, es que los insumos que se combinan tienen diferentes estados de oxidación. "Obligar a todos los niños de la fiesta a llevarse bien" resulta complicado, y el manganeso es realmente el elemento que desentona. No se mezcla bien con el níquel ni con el cobalto. El primer desafío que enfrentamos fue superar la mezcla no homogénea de cationes dentro de las partículas. Aparecerían

"islas" localizadas de manganeso en lugar de una hermosa estructura cristalina bien entremezclada. Tuvimos que desarrollar un proceso más allá del laboratorio y aprender a controlar la combinación de distintos insumos. Nos llevó tiempo. Y lo que aprendimos es que cada composición química tiene una estrategia distinta para superar esa falta de homogeneidad.

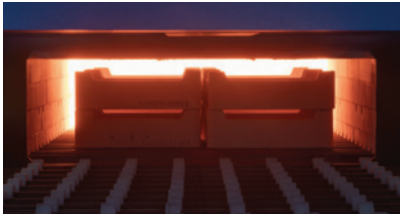
¿Cuáles son los próximos pasos para la expansión y la producción a gran escala?

Conocemos los retos que plantea la producción a gran escala de materiales para baterías. Mientras seguimos avanzando en ingeniería y aprovechando nuestras instalaciones piloto de 10 000 tpa para definir una vía de implantación, también estamos estudiando opciones para ampliar esta tecnología y verla en el mercado. Estamos centrados en establecer asociaciones con empresas fuertes que puedan ayudar en esa industrialización final a escala.

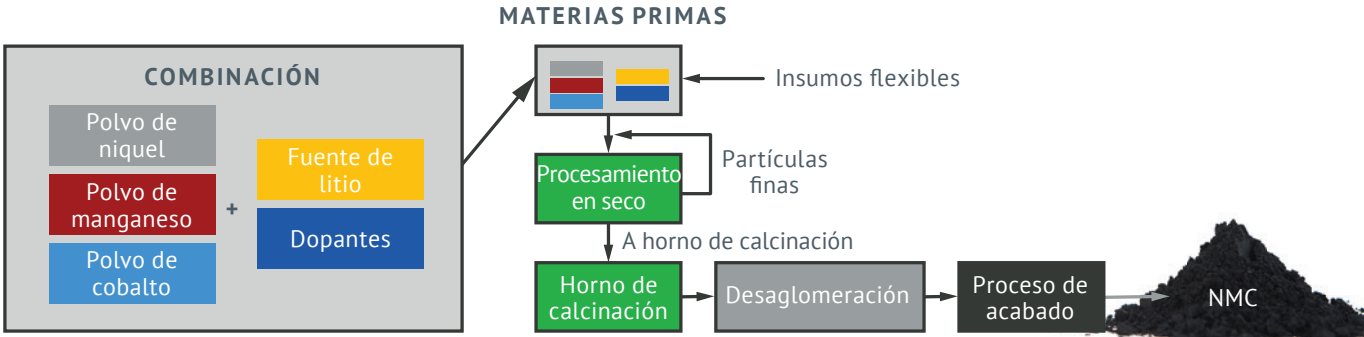
Existe la posibilidad de asociarse con un fabricante de materiales que proporcione una instalación para producir CAM a la manera NOVONIX o construirla nosotros mismos. Por ahora, nos inclinamos por la vía de la asociación y la concesión de licencias como el mejor camino para que esta tecnología tenga un impacto positivo en el mercado.

Lea la entrevista ampliada en *Chronickels*, el blog del Nickel Institute.

Horno de solera de rodillos (RHK) NOVONIX de 13,5 m de longitud, con las cubiertas aislantes retiradas, mostrando el sistema de manejo de gases y las cubiertas de los rodillos/calefactores.



"En NOVONIX, nos centramos en fabricar los mismos materiales de alta calidad, pero mediante un proceso mejor".





El ingeniero Geir Moe es el coordinador del Servicio de consultas técnicas en el Nickel Institute. Junto con otros especialistas en materiales de todo el mundo, Geir ayuda a los usuarios finales y a los especificadores de materiales que contienen níquel que buscan asistencia técnica. El equipo está disponible para brindar asesoramiento técnico gratuito sobre una amplia gama de aplicaciones como el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y el niquelado para permitir el uso del níquel con confianza. <https://inquiries.nickelinstitute.org/>

PREGÚNTELE A UN EXPERTO

PREGUNTAS MÁS FRECUENTES DE LA LÍNEA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO DEL NICKEL INSTITUTE

P: Noto que mis soldaduras en 304L (UNS S30403) y 316L (S31603) son ligeramente atraídas por un imán y he leído que la ferrita es importante en las soldaduras. Por favor, explíquelo.

R: La microestructura de todos los aceros inoxidables viene determinada por su composición química. Los aceros inoxidables que contienen níquel de la serie 300 poseen una microestructura austenítica. Los aceros inoxidables de la serie 400 que carecen prácticamente de níquel son ferríticos, mientras que los aceros inoxidables dúplex con cantidades aproximadamente iguales de ferrita y austenita poseen contenidos de níquel intermedios entre los de las series 300 y 400.

Desafortunadamente, las soldaduras que se solidifican con una microestructura 100 % austenítica son susceptibles de agrietarse en caliente, debido a que el coeficiente de expansión térmica de la austenita es mayor que el de la microestructura ferrítica y, por tanto, cuando la soldadura se enfría, la tensión de tracción a lo ancho de la soldadura puede provocar grietas longitudinales. Esta susceptibilidad a la fisuración en caliente se ve exacerbada por el azufre y otros contaminantes que tienen una solubilidad limitada en la austenita y se concentran en los límites de grano a medida que la soldadura se solidifica, reduciendo aún más la resistencia a la tracción en el límite de grano, lo que hace que las fisuras en caliente sean aún más probables. Para evitar el agrietamiento en caliente, es necesario un menor aporte de calor y, por tanto, una velocidad de soldadura más lenta para reducir la velocidad de enfriamiento de la soldadura, lo que repercute negativamente en la productividad.

Una microestructura ferrítica tiene un menor coeficiente de dilatación y una mayor solubilidad para el azufre y otros contaminantes que la austenita. Por lo tanto, la composición química de los electrodos de soldadura, como los de 304L (308L) y 316L, se ajusta para introducir algo de ferrita en el metal de soldadura que imparte resistencia al agrietamiento en caliente, lo que permite una mayor tasa de deposición.

Normalmente, se prefiere un 4-10 % de ferrita (o FN) para evitar el agrietamiento en caliente de las soldaduras 308L y 316L. El porcentaje de ferrita o el número de ferrita (FN) se indicarán normalmente en el certificado del material del electrodo de soldadura, si se informa de la composición química real. FN es un cálculo basado en la composición real. (Algunos proveedores solo proporcionan un análisis químico típico, no el real). La cantidad real de ferrita en una soldadura terminada rara vez será igual a la que se indica en el certificado del material, ya que las soldaduras son una mezcla del electrodo de soldadura y el metal base. Además, durante el proceso de soldadura, el nitrógeno —que es un estabilizador de la austenita— puede incorporarse a la soldadura desde el aire, y la velocidad de enfriamiento también influye en el contenido final de ferrita.

Finalmente, la ferrita es ferromagnética y esta pequeña cantidad de ferrita en la soldadura es suficiente para sentir una atracción magnética. 

El níquel puede encontrarse en muchas formas, desde nanocables hasta aleaciones de acero inoxidable. Pero, ¿cuáles son las propiedades del níquel que lo convierten en un elemento esencial en los objetos cotidianos?

¿Por qué el níquel?

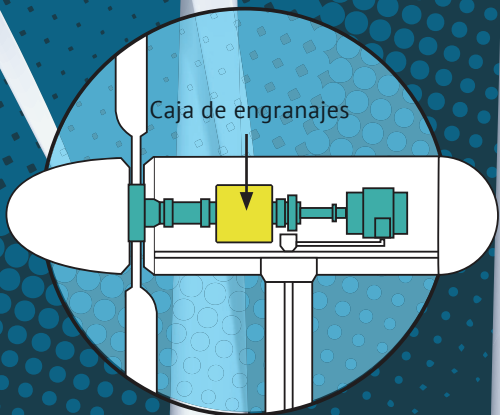
EL NÍQUEL EN LAS TURBINAS EÓLICAS

Cuando se observa una turbina eólica parada en un campo, lo más probable es que no se vea el níquel. Sin embargo, el níquel es fundamental para garantizar que las turbinas eólicas funcionen de forma fiable y tengan un buen rendimiento durante décadas.

Entonces, ¿dónde está el níquel? En el interior de la góndola —la caja situada en la parte superior de la torre— se encuentra la caja de engranajes que transforma la energía mecánica en electricidad y donde el níquel es esencial.

La caja de engranajes convierte la velocidad de rotación de las palas de 8-20 rpm a un eje que girará a 1000-1800 rpm, lo que permite una generación eficiente de electricidad. Los metales de la caja de engranajes deben resistir el desgaste, las vibraciones y las temperaturas extremas. Las cajas de engranajes pueden pesar más de 40 toneladas y están fabricadas con aleaciones de acero de gran resistencia que contienen alrededor de un 1,5 % de níquel, junto con cromo y molibdeno.

Aunque los tres elementos de aleación aumentan la resistencia, solo el níquel evita la fragilidad en condiciones de frío extremo. Una caja de engranajes averiada significa que no se genera electricidad. El níquel es vital para el rendimiento de las turbinas eólicas.



NICKEL

EN LÍNEA

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

SUSCRÍBASE gratis a la revista *Nickel*. Recibirá un ejemplar impreso o un aviso por correo electrónico cada vez que se publique un nuevo número. www.nickelinstitute.org

LEA la revista digital *Nickel* en varios idiomas. www.nickelinstitute.org/library/

CONSULTE LOS NÚMEROS ANTERIORES de la revista *Nickel*, desde julio de 2009, en nuestra hemeroteca digital. www.nickelinstitute.org/library/

CONÉCTESE en LinkedIn: visite la página del Nickel Institute 

VEA videos sobre el níquel en el canal del Nickel Institute en YouTube 
www.youtube.com/user/NickelInstitute

DETALLES UNS

Composición química (en porcentaje del peso) de las aleaciones y los aceros inoxidables mencionados en este número de la revista *Nickel*.

UNS	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
S30403 pág. 14, 16	0,030 máx.	18,0- 20,0	-	bal.	2,00 máx.	-	-	8,0- 12,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
S31603 pág. 2, 14	0,030 máx.	16,0- 18,0	-	bal.	2,00 máx.	2,00- 3,00	-	10,0- 14,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
S32101 pág. 2	0,04 máx.	21,0 22,0	0,10 0,80	bal.	4,00- 6,00	0,10 0,80	0,20- 0,25	1,35- 1,70	0,040 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
S32205 pág. 2	0,030 máx.	22,0- 23,0	-	bal.	2,00 máx.	3,00- 3,50	0,14- 0,20	4,50- 6,50	0,030 máx.	0,020 máx.	1,00 máx.



SCULPTOR ANDY SCOTT LLC



Para conseguir un aspecto brillante y duradero, las "plumas" se cortaron a partir de placas de acero inoxidable 304L (UNS S30403) de 6 mm de grosor. El atractivo acabado de la superficie se consiguió mediante chorro de arena seguido de granallado.

THE CALLING

ESCULTURA DE COLIMBO DE ACERO INOXIDABLE

Con una estética llamativa y etérea y la cabeza arqueada hacia atrás, *The Calling* se inspira en el ave emblemática del estado de Minnesota, el colimbo. Construida con más de 5000 piezas de acero inoxidable, esta emblemática escultura fue encargada por la McGuire Family Foundation para la urbanización United Village en el estadio Allianz Field del Minnesota United Football Club.

Andy Scott, famoso por su escultura Kelpies en Escocia (Reino Unido), se asoció con la empresa de fabricación Dyson and Womack. El proyecto comenzó en su taller. Scott explica: "Construí una maqueta a escala de un tercio en acero dulce, que mis colegas ampliaron a escala real. Hicieron un trabajo excepcional utilizando técnicas similares a las que se usaban tradicionalmente en la construcción de barcos: una estructura de acero revestida con planchas

de acero que se fijaban y soldaban a mano, una por una".

Las 65 secciones se transportaron en un convoy de trece semirremolques de 17 m y se montaron in situ en diez días. Con una altura de 11 m y una envergadura de 30 m, la escultura pesa aproximadamente 25 toneladas.

Situada en un lugar destacado del paisaje urbano, forma parte de una importante regeneración de esa zona de St. Paul, Minnesota (EE. UU.).

NI