

ALUMINIA®

No. 49, febrero - mayo 2025

ISSN 2992-8729

R
E
V
I
S
T
A

Aplicaciones Innovadoras del Aluminio



Breve reseña de aplicaciones
innovadoras de aluminio y
sus aleaciones
del Dr. Alejandro Manzano

Refinadores de grano: importancia
del contenido de Ti y Ti/B
del Dr. IQM J. Alejandro Hinojosa, M. en I.
Gabriela González F., Leopoldo Arzate O.
y M. en I. Agustín G. Ruiz T.

Descubriendo el Aluminio con
Inteligencia Artificial: Innovación y
Nuevas Perspectivas
de Yessika Lozada

ARZYZ[®]

LA EMPRESA DE **ALUMINIO** EN MÉXICO[®]

AÑOS DE

DE LA EMPRESA DE **ALUMINIO**
EN MÉXICO

Desde 1980

Desde 1980

Mayo 2025

Editorial



Querido Lector:

¡Bienvenido a la edición 49! En esta nueva edición coincidimos con muchos cambios en nuestra industria y en todos los ámbitos lo cual ha mantenido muy activa la participación del **IMEDAL** con nuestras autoridades para poder hacer frente a todas las amenazas de comercio exterior.

No obstante, en **ALUMINIA** tenemos en esta ocasión un tema que no es de comercio pero que involucra aspectos del presente y futuro de la industria. La incursión del aluminio en aplicaciones innovadoras nos dimos a la tarea, en conjunto con nuestros autores de ver mas allá de las aplicaciones cotidianas y resaltar en dónde nuestro valioso metal está participando. Es por eso que en el contenido de esta edición mostramos a través de varios de los artículos, cómo está presente en lo más inesperado como nuestro artículo principal a cargo de uno de nuestros articulistas consentido, nos referimos al Dr. Alejandro Manzano, quien nos muestra desde el CINESTAV QRO el artículo *“Breve reseña de aplicaciones innovadoras de aluminio y sus aleaciones”* que nos comparte para la edición, como el artículo de los Mtro. Javier Covarrubias y Diana Vite, *“Al infinito y más allá “El aluminio ayudando al entendimiento del inicio de la vida”* sumándose a las aplicaciones innovadoras el artículo de Yessika Lozada con el tema *“Descubriendo el Aluminio con Inteligencia Artificial: Innovación y Nuevas Perspectivas”* sin dejar atrás el resto de los temas que acompañan la edición como *“Reducción aluminotérmica: Una alternativa para el reciclaje de baterías alcalinas recicladas para la fabricación de aleaciones de Aluminio”* por Alejandra Aranda al igual que la investigación de nuestros articulistas de la Facultad de Química de la UNAM: Dr. José A. García Hinojosa, M. en I. Gabriela González, Leopoldo Arzate O. y M. en I. Agustín G. Ruiz nos comparten el tema *“Refinadores de grano: importancia del contenido de Ti y Ti/B en el potencial de refinación”*. David Brito nos explica un tema en tendencia como es *“El Ciclo Eficiente: Reciclabilidad y Nuevas Aplicaciones del Aluminio en la Industria Moderna”* conozcamos lo que nos ofrece en el texto y terminando con 2 temas que nos dejarán reflexionando: Mauricio Ruiz Morales *“Aplicaciones Contemporáneas del Aluminio en la Construcción: Una Visión desde el Concepto”* y el artículo de José Luis A. Ortiz que en esta ocasión nos escribe acerca de *“Incremento su productividad, calidad de vida y bienestar, mediante el coaching”* con ese enfoque importante de cómo pulir nuestras habilidades y sobre todo, darle la importancia a la calidad de vida y bienestar, tan olvidado en los últimos días...

Esta edición integra información relevante de los cambios también ocurridos en nuestra última Asamblea con el cambio de Presidente y Consejo Directivo. En donde damos las gracias por su gestión de estos 2 años al **Lic. Eugenio Salinas Morales**, por su extraordinario trabajo en conjunto con su Consejo Directivo. Y damos la bienvenida al **Ing. Eugenio Clariond Rangel** como el nuevo presidente del **IMEDAL** deseando que su gestión nuevamente deje huella en la Industria. Querido lector aquí encontrarás la reseña y galería de lo que vivimos.

Como siempre esta edición refleja el trabajo de todo el equipo que conformamos **ALUMINIA**. Invitando como en cada edición a que nos compartas comentarios de los temas que podemos abordar en las siguientes ediciones. Como siempre en **IMEDAL** ocupados preparando lo mejor de los eventos del aluminio para toda la industria y ya estamos más que listos para **ALUMEXICO SUMMIT & EXPO 2025** en Cintermex Monterrey prometiendo ser la mejor edición ahora con **3 días** completos de exposición y más de 3,000 m² de exposición donde podrás encontrar todo en un solo evento... y obviamente manteniendo lo que siempre encuentras en nuestros eventos, el networking y facilidad para hacer negocios ¿Ya lo agendaste? Te esperamos del **9 al 11 de septiembre** en Monterrey ¡No te lo puedes perder!

¡Se cómplice de ALUMINIA!

Disfruta de esta entrega,

¡Que sea un deleite esta lectura!

¡Nos leemos en el futuro! en la edición 50 con más temas interesantes.



CONSEJO DIRECTIVO

Ing. Eugenio Clariond Rangel
Presidente

CONSEJO EJECUTIVO

Propietario	Cargo	Suplente	Empresa
Eugenio Clariond Rangel Fernando Artemio García Martínez Felipe Martínez Guajardo Marcelo Ortiz Vazquez Mauricio Morales Zambrano Mario Sergio Ramirez Zablah Limón Francisco Javier Ruíz Maldonado	Presidente Vicepresidente De Operaciones IMEDAL Vicepresidente De Extrusión Vicepresidente De Die Castings Vicepresidente De Aluminio Plano Vicepresidente De Materias Primas Vicepresidente De Enlace Miembros	Gustavo Talancón Gómez Benjamín González Tovar Juan Morales Zambrano Alejandro de Jesús Martín Guerra Leonel Rivera Medina	CUPRUM IMEDAL INDALUM NEMAK GALVAPRIME ARZYZ FRACSA ALLOYS MÉXICO
Miguel Angel Luna Rodríguez Rodrigo Sanchez Revilla Artemisa Alba Aguilar	Tesorero Secretario Directora Ejecutiva		AZINSA ALUMINIO ALYEX ALUMINUM IMEDAL

CONSEJO DIRECTIVO

Propietario	Cargo	Suplente	Empresa
Carla Adriana Suárez Flores Jaime Puente Sánchez Arnulfo Muzquiz Cantú Carl Albert Grobrien Suárez Joaquín González Sánchez Hugo Gomez Sierra Jose Valencia Castrejón Fernando Elizondo Moran	Consejero Consejero Consejero Consejero Consejero Consejero Consejero Consejero	David Garza Herrera Ezequiel Vivas O'Connor Javier Alejandro Ruiz Alanis Carlos Eduardo Puente Tostado Rubén Mario Chávez González Victor Villalobos Ruiz Ivette Autrique Ruiz Susana Elizondo Anaya	VIALUTEK BOCAR SERVICIOS CUPRUM KLOECKNER SPECIALTY METALS DE MÉXICO GRUPO OCCIDENTE CONALUM PROMOTORA INDUSTRIAL GIM VASCONIA BRANDS

COMITÉ EDITORIAL IMEDAL

Artemisa C. Alba Aguilar
Fernando Artemio García Martínez
Brigni Amairani Ceron Rangel
Felipe Soria Lugo
Inbar Bustani Cueto
Karina Navarrete Nájera



ALUMINIA, año 17, No. 48, febrero - mayo 2025, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Mexicano del Aluminio A.C., calle Francisco Petrarca, 133 Piso 9, Col. Polanco, Alcaldía Miguel Hidalgo, C.P. 11560, Tel: (55) 5531-7892, www.imedal.org, imedal@imedal.org Editor responsable: Ing. Artemisa Alba Aguilar. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-081817081400-102 otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2992-8729. Responsable de la última actualización de este Número, Directora Ejecutiva, Ing. Artemisa Alba Aguilar calle Francisco Petrarca, 133 Piso 9, Col. Polanco, Alcaldía Miguel Hidalgo, C.P. 11560, fecha de última modificación, 28 de mayo de 2025.

Su opinión es muy importante para nosotros
Favor de dirigir sus sugerencias a: imedal@imedal.org

Los artículos publicados expresan la opinión del autor sin que esta tenga que coincidir con la del IMEDAL sobre el tema tratando cuando se exprese la opinión del IMEDAL se especificará claramente.

-Prohibida cualquier reproducción sin autorización expresa de los editores o autoridades.
-Distribución IMEDAL: Todos los derechos reservados

Carta del Presidente



Estimados colegas y amigos,

Como todos saben, las disposiciones arancelarias impuestas por Estados Unidos en los últimos meses, han provocado un clima de gran inquietud e incertidumbre en todo el mundo, ante lo cual México no ha quedado inmune. Sin embargo, las amenazas iniciales de imponer aranceles del 25% a todas las exportaciones de México por el tema de migración y tráfico de fentanilo se ha ido desvaneciendo gracias a la buena estrategia del gobierno mexicano de no responder con aranceles recíprocos sino privilegiar las negociaciones, y también a la efectividad demostrada de las medidas tomadas a ambos temas.

Debemos mencionar que el beneficio obtenido con estas negociaciones, es decir la exención para el pago de este 25%, aplica solo a los productos que cumplen los requisitos de origen establecidos en el TMEC, por lo que insistimos por este medio a revisar procesos y contenidos para poder alcanzar este beneficio.

Sin embargo, en el tema que afecta directamente a nuestra industria, el 25% de arancel impuesto a todos los productos de aluminio, sigue vigente hasta la fecha, con lo cual hemos perdido el 10% de ventaja que teníamos con la versión anterior de la sección 232. Afortunadamente, las negociaciones siguen y el Secretario M. Ebrard se ha mostrado optimista de conseguir una condición favorable para nuestro país en las próximas semanas.

Otros productos que también siguen en proceso de negociación son automóviles y autopartes, en los que los productos de aluminio también tienen participación activa. Hasta ahora se ha conseguido que autopartes que cumplan requisitos de origen de TMEC quedan exentas, sin embargo, para automóviles solo quedaría exento el contenido de Estados Unidos en la estructura de costos del producto. Este tema es de la mayor importancia, dada la relevancia que tiene este sector en nuestras exportaciones y en general la actividad económica y el empleo.

Por otro lado, de acuerdo con recientes declaraciones del presidente Trump, parece inminente la renegociación del TMEC en los próximos meses, y no sería solo una simple revisión como se había anticipado, sino parece que será una renegociación con requisitos de origen más estrictos.

En otro tema, ante las restricciones impuestas a productos asiáticos para acceder al mercado norteamericano, debemos estar atentos y vigilantes, pues es claro que estos países buscarán acceder con mayores volúmenes y precios bajos al mercado mexicano.

En el ámbito interno, destacar que, de manera inesperada, contraria a los pronósticos previos, que anticipaban una recesión el primer trimestre del año, la actividad económica reportó un crecimiento del 0.2% respecto al trimestre anterior, por lo que, por lo pronto la amenaza se desvanece, aunque la preocupación hacia el futuro prevalece, pues la inflación no cede.

En fin, estamos ante un ambiente de grandes retos, ante los cuales tendremos que estar atentos, y de ser necesario, revisar nuestra estrategia integral de negocio.

Con el afectuoso saludo de siempre.



Ing. Eugenio Clariond Rangel
Presidente IMEDAL

CONTENIDO

3

Carta Editorial

4

Consejo Directivo

5

Carta del Presidente

8

Últimas Noticias

18

Empresas asociadas

21

Breve reseña de aplicaciones innovadoras de aluminio y sus aleaciones
Alejandro Manzano Ramírez

24

Al infinito y más allá "El aluminio ayudando al entendimiento del inicio de la vida"
M. en I. Diana Karen Vite Ávila y M. en C. Javier Covarrubias Garcia

27

Incremento su productividad, calidad de vida y bienestar, mediante el coaching
José Luis Ortiz

30

Descubriendo el Aluminio con Inteligencia Artificial: Innovación y Nuevas Perspectivas
Yessika Lozada

37

Refinadores de grano: importancia del contenido de Ti y Ti/B en el potencial de refinación
Dr. IQM J. Alejandro García Hinojosa, M. en I. Gabriela González, Leopoldo Arzate O. y M. en I. Agustín G. Ruiz

40

Aplicaciones Contemporáneas del Aluminio en la Construcción: Una Visión desde el Concepto de 'Ordware'
Dr. Mauricio Ruiz Morales

44

El Ciclo Eficiente: Reciclabilidad y Nuevas Aplicaciones del Aluminio en la Industria Moderna
David Brito

49

Reducción aluminotérmica: Una alternativa para el reciclaje de baterías alcalinas recicladas para la fabricación de aleaciones de Aluminio
Dr. Jesús Torres Torres, Dr. Alfredo Flores Valdés y Alejandra Aranda Bautista

52

Asamblea General Ordinaria 2025

57

Toys

ÚLTIMAS NOTICIAS

EN MÉXICO Y EN EL MUNDO

Hornos de precalentamiento energéticamente eficientes para una extrusión más sostenible

Neuman Aluminium Strangpresswerk GmbH reduce el consumo de gas natural cambiando a hornos de precalentamiento eléctricos, impulsando así una producción sostenible.



Neuman Aluminium Strangpresswerk GmbH transformó el primer horno de precalentamiento de gas a eléctrico. Actualmente se encuentra en fase de prueba.

Avances hacia la producción sostenible: Al cambiar de funcionamiento de gas a eléctrico un horno de convección para precalentar palanquillas de extrusión, Neuman Aluminium Strangpresswerk GmbH busca reducir el consumo de gas natural por tonelada de aluminio. Esta medida forma parte de una estrategia más amplia hacia una producción más sostenible y fuentes de energía energéticamente eficientes.

Eficiencia energética en lugar de combustibles fósiles

Neuman Aluminium Strangpresswerk GmbH está ejecutando un programa de renovación de varias etapas en su planta de Marktl, Baja Austria. Este programa incluye la instalación de iluminación LED en las naves de la fábrica, sistemas de refrigeración con agua de pozo, la detección automatizada de perfiles en la salida de la prensa y la refrigeración asociada mediante ventiladores. La empresa anuncia su último hito: la conversión del primer horno de precalentamiento de gas a eléctrico. Se están invirtiendo varios millones de euros en todo el proyecto.

A pesar de la difícil situación económica actual, es importante para nosotros perseguir objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Con esta inversión, podemos dar otro paso importante hacia la descarbonización e impulsar la reducción del uso de combustibles fósiles en nuestra producción. Como empresa con raíces regionales, tenemos una responsabilidad especial, especialmente con el medio ambiente y las generaciones futuras, afirma Thomas Eutebach, director general de Neuman Aluminium Strangpresswerk GmbH.

Reducción de las emisiones de CO2

La fase inicial del proyecto de conversión concluyó a finales de 2024 con la entrada en funcionamiento de prueba del primer horno eléctrico. Esta iniciativa, destinada a procesar un volumen anual de 12.500 toneladas de perfiles, prevé un ahorro de 535 toneladas de CO2 al año, equivalente a las emisiones de 357 automóviles. Esta reducción se consigue sustituyendo 2.634 MWh de gas por 1.600 MWh de electricidad certificada procedente de fuentes renovables, lo que

supone un ahorro del 40 % gracias a procesos térmicos más eficientes. Se prevén nuevas medidas de conversión a lo largo del año.

Sostenibilidad en el Grupo Neuman Aluminium

La sostenibilidad es un elemento fundamental de la estrategia corporativa de Neuman Aluminium Group. Un elemento clave de este enfoque es el uso de aproximadamente 22.400 toneladas anuales de aluminio secundario para mejorar el flujo de reciclaje en la producción de aluminio. El grupo también monitoriza el consumo energético para identificar oportunidades de ahorro adicionales. Se están realizando inversiones en tecnologías respetuosas con el medio ambiente en cada planta, incluyendo sistemas fotovoltaicos y electricidad procedente de centrales hidroeléctricas locales, lo que contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂ a largo plazo. (tp)

Para saber más: <https://www.aluminium-journal.com/energy-efficient-preheating-furnaces-for-more-sustainable-extrusion>

El acceso abierto a energías renovables del aluminio indio como parte de las industrias pesadas para beneficiar los objetivos de cero emisiones netas

En el dinámico panorama industrial de la India, industrias pesadas como la del aluminio, el acero y el cemento están a punto de una revolución renovable. Tradicionalmente dependientes de la generación de carbón cautivo, estos sectores se enfrentan ahora a una oportunidad transformadora de 20 GW de acceso abierto a la energía solar, una perspectiva que promete reducir drásticamente los costes de producción y las emisiones de carbono en hasta 29 millones de toneladas anuales. Por ejemplo, solo el sector siderúrgico, que aporta alrededor de 9,4 GW a este mercado, podría ver reducidos los costes de producción hasta un 10 % en instalaciones como hornos de arco autónomos, gracias a la transición de la costosa red eléctrica a la energía solar de acceso abierto. Mientras tanto, el cemento y el aluminio, a pesar de su conti-

nua dependencia del carbón cautivo, añaden otros 11 GW a este potencial



El aluminio, piedra angular del sector energético indio, se utiliza ampliamente en conductores aéreos, cables de alimentación, aeronaves, materiales de construcción e incluso electrodomésticos como refrigeradores. Sin embargo, el camino hacia la descarbonización de la producción de aluminio presenta numerosos desafíos financieros y técnicos.

Según el Consejo de Energía, Medio Ambiente y Agua (CEEW), lograr emisiones netas casi nulas en las plantas de aluminio existentes requerirá una inversión de capital de aproximadamente 29 000 millones de dólares estadounidenses (USD) y un gasto operativo anual adicional de aproximadamente 3500 millones de dólares estadounidenses (INR). El estudio del CEEW revela además que el uso de energías renovables puede reducir el 49 % de las emisiones, equivalente a 38 millones de toneladas de CO₂, aunque el aluminio con emisiones netas casi nulas es casi un 61 % más caro que su equivalente convencional.

En una nota más positiva, las mejoras incrementales a través de una mayor eficiencia energética en el procesamiento de alúmina y la producción de aluminio, junto con medidas como la recuperación de calor residual de los gases de escape de la electrólisis, pueden reducir los costos de producción en aproximadamente un 1,2%.

El estudio también describe estrategias alternativas. Por ejemplo, mediante la incorporación de combustibles alternativos como la biomasa en el refinado de

alúmina y la modernización con ánodos inertes en la fundición, es posible reducir la intensidad de las emisiones a 16,13 toneladas de CO₂ por tonelada de aluminio, lo que supone una reducción del 23 %, con un aumento de costes inferior al 1 %.

Sin embargo, para una descarbonización más profunda, la transición a energías renovables resultaría en un aumento del 18% en los costos, a la vez que reduciría casi la mitad de las emisiones. Por el contrario, si no se adoptan las energías renovables y, en su lugar, se implementa la captura y almacenamiento de carbono (CAC) a 50 USD por tonelada de CO₂, el aluminio con cero emisiones netas costaría aproximadamente un 21% más que el precio base convencional. En un escenario cercano a cero emisiones netas, la industria requeriría aproximadamente 3,85 GW de capacidad de energía renovable las 24 horas.

Gran parte de esta promesa solar se concentra en los estados de Chhattisgarh y Odisha, que juntos representan casi el 40% del mercado solar de acceso abierto evaluado. Estas regiones, ya reconocidas por sus ricas reservas minerales y su arraigado legado industrial, están ahora preparadas para convertirse en centros de fabricación ecológica. En Odisha, por ejemplo, la visión de los parques industriales ecológicos está cobrando forma rápidamente, sentando las bases para un futuro con bajas emisiones de carbono y orientado a la exportación.

No obstante, persisten los desafíos. Obtener hasta el 50 % de la electricidad a partir de energías renovables variables ya es competitivo en costos para la industria pesada. Sin embargo, lograr un suministro de energía renovable 24/7 requiere enfoques innovadores, ya que los modelos sugieren que asegurar energía limpia las 24 horas podría costar entre 8 y 11 INR por kWh, aproximadamente 3,5 veces el costo de la energía solar, y el almacenamiento en baterías por sí solo representa el 60 % de este gasto.

Las energías renovables ya son una solución rentable para las industrias indias, y la energía limpia 24/7 es el referente para el futuro de la adquisición de energías

renovables. Este informe destaca que las empresas pueden lograr avances significativos hacia el suministro de energías renovables las 24 horas del día, con mayor innovación en almacenamiento, demanda flexible y diseño de mercado, necesaria para lograr una cobertura completa 24/7 a precios competitivos», afirmó Killian Daly, director ejecutivo de EnergyTag.

A pesar de estos obstáculos, el impulso hacia la adquisición de energías renovables 24/7 es claro, respaldado tanto por incentivos económicos como por la creciente demanda mundial de aluminio bajo en carbono. Principales mercados de exportación como Corea del Sur (281.301 toneladas), Malasia (224.383 toneladas), Turquía (211.109 toneladas), México (144.103 toneladas), Rusia (139.191 toneladas), Japón (133.371 toneladas) y Estados Unidos (122.440 toneladas) priorizan cada vez más los productos bajos en carbono, lo que indica que la persistente dependencia del aluminio alimentado con carbón podría comprometer pronto la competitividad de la India en el comercio internacional.

En esta era de transformación industrial, el camino hacia una industria del aluminio más limpia y ecológica encierra tanto desafíos formidables como oportunidades prometedoras. Con inversiones estratégicas, un enfoque en la eficiencia energética y un compromiso con la innovación en energías renovables, las industrias pesadas de la India no solo se están adaptando al cambio, sino que están transformando activamente el futuro de la manufactura a nivel global.

Para saber más: <https://www.alcircle.com/news/indian-aluminiums-re-open-access-as-a-part-of-heavy-industries-to-benefit-net-zero-goals-113745>

Planes de expansión para el año fiscal 2026: los gigantes metalúrgicos indios buscan formas de reorientar el flujo comercial

Según informes, los gigantes del aluminio, entre otras empresas metalúrgicas de la India, planean

expandirse rápida y vigorosamente para impulsar la demanda interna. La transformación de la estrategia comercial de estos productores de metales se produce en medio de dos factores importantes: el arancel estadounidense, que genera volatilidad en los precios internacionales, y la creciente demanda del mercado interno indio. Tanto las empresas de aluminio como las de acero se enfrentan al obstáculo de un arancel del 25 % impuesto a todas las importaciones de aluminio y acero a Estados Unidos. Productores como Vedanta, Nalco y Hindalco están considerando una reorientación a través del comercio en el mercado interno, considerando la posibilidad de contener cualquier posible deterioro empresarial.



Actores clave como Vedanta, NALCO y Hindalco están reajustando sus prioridades comerciales para amortiguar las consecuencias de la volatilidad de los precios internacionales impulsada por los aranceles. Este cambio se produce en un momento en que se prevé que la demanda de aluminio de la India se duplique cada cinco años, impulsada por la enorme asignación gubernamental de 11,21 billones de INR (135 000 millones de USD) para el desarrollo de infraestructura en el presupuesto 2025-26. Las estimaciones de la industria también sitúan el crecimiento de la demanda de aluminio en una tasa de crecimiento anual compuesta (TCAC) del 7,2 % hasta 2030.

Inicialmente, el anuncio de aranceles provocó una ola de ventas en las acciones de metales. Sin embargo, la situación podría cambiar a favor de aquellas con una fuerte presencia nacional.

La fuerte caída generalizada de las acciones de metales fue una reacción instintiva. De cara al futuro, el mercado favorecerá a las empresas que obtienen la mayor parte de sus ingresos de sus operaciones nacionales. En este sentido, destacan empresas como Vedanta, Hindustan Zinc y NALCO, centradas principalmente en el mercado indio, y sus ingresos se verán impulsados por el crecimiento de este país. Por lo tanto, prevemos un mejor rendimiento de las acciones de estas empresas en el futuro, declaró un analista de una importante casa de bolsa nacional a un medio de comunicación nacional.

Vedanta Limited, cuya actividad abarca desde el aluminio hasta el petróleo, ha puesto en marcha ambiciosos planes de expansión alineados con los sectores de infraestructura, automoción, ferrocarriles y defensa de la India. Actualmente, la empresa vende casi el 50 % de su producción de aluminio en la India.

Vedanta Aluminium está aumentando su capacidad de producción a 3 millones de toneladas y ha adquirido una de las minas de bauxita de alta calidad más grandes de Odisha para respaldar esta expansión. La expansión de su fundición BALCO está a punto de completarse, con puesta en marcha prevista para el año fiscal 2026. La compañía también aspira a aumentar su cuota de mercado en productos de aluminio con valor añadido del 60 % actual a más del 90 %, aprovechando el auge de los sectores de la construcción y los vehículos eléctricos en India.

Mientras tanto, Hindalco Industries, otro gigante del aluminio, anunció en su reciente día del inversor que espera poner en marcha proyectos en cobre, reciclaje de residuos electrónicos y varillas de cobre coladas de forma continua durante este año fiscal.

<https://www.alcircle.com/news/fy26-expansion-plans-indian-metal-giants-look-for-ways-to-pivot-business-flow-113748>

Alcanzar cero emisiones netas mediante tecnología de plasma

Reducción de las emisiones de CO₂ en la industria del aluminio: sobre la perspectiva de utilizar tecnología de plasma libre de emisiones en el reciclaje para producir aluminio verde.



El aluminio representa un material único en la economía circular: el 75% del producido todavía se encuentra en circulación.

El aluminio ya ha cobrado protagonismo por su impresionante relación resistencia-peso, su versatilidad y su resistencia a la corrosión. Su peso reducido aumenta la eficiencia de combustible en aeronaves y automóviles, lo que se traduce en un menor consumo de combustible y, por consiguiente, en menores emisiones. Las empresas aeroespaciales, comprometidas con la reducción de sus emisiones de carbono, han incrementado significativamente el uso de aluminio reciclado para reducir su impacto ambiental. Su ligereza también implica que los envases de alimentos y bebidas, así como los componentes de la electrónica de consumo, se transportan con una menor huella de carbono. Organizaciones de electrónica de consumo como Apple, Microsoft, HP, Dell, Google y otras se han comprometido a utilizar aluminio reciclado en sus productos.

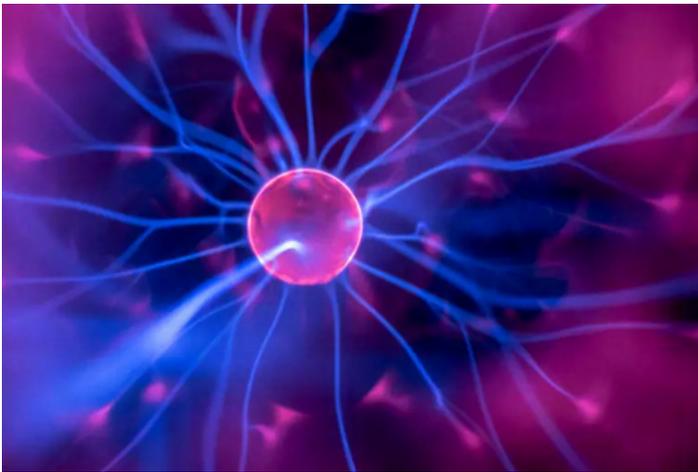
La otra cualidad preciada del aluminio tiene un efecto multiplicador en su capacidad para reducir el impacto ambiental de una organización. Representa un material único en la economía circular gracias a su excepcional reciclabilidad (alrededor del 75 % del

aluminio jamás producido sigue en circulación) y a su mínima degradación durante el reprocesamiento. Mientras que los procesos secundarios o de reciclaje consumen entre el 5 % y el 10 % de la energía de la producción primaria de aluminio, el reciclaje tradicional aún implica procesos de alto consumo energético que dependen principalmente de combustibles fósiles directamente (gas natural o propano) o de electricidad generada a partir de ellos.

Diversos sectores industriales colaboran con proveedores, científicos de materiales e instituciones de investigación para desarrollar nuevas técnicas que permitan incorporar aluminio reciclado y otros materiales sostenibles en los componentes, sin comprometer la seguridad ni el rendimiento. La aparición de nuevas tecnologías de reciclaje, como el plasma, presenta un enfoque transformador para los procesos de reciclaje de aluminio.



La producción primaria de aluminio implica procesos de alto consumo energético, como Bayer y Hall-Héroult, que utilizan entre 15 y 20 MWh de electricidad por tonelada métrica de material procesado y emiten alrededor de 15 toneladas de CO₂, según el Instituto Internacional del Aluminio. Esto incluye la extracción de la materia prima —un proceso en sí mismo peligroso para el medio ambiente—, así como las emisiones directas e indirectas del proceso de producción. Dado que la mayor parte de la producción se realiza en países de Oriente Medio como Dubái y los Emiratos Árabes Unidos, se generan emisiones adicionales de CO₂ derivadas del transporte a larga distancia tanto de la materia prima como del aluminio procesado. Por ello, existe un gran interés en la posibilidad de utilizar tecnología de plasma sin emisiones para producir aluminio con cero emisiones de CO₂, o «aluminio verde».



plasma genera una columna térmica al pasar una corriente eléctrica entre un electrodo frontal y uno posterior. Esto genera suficiente calor para alcanzar las temperaturas necesarias para fundir el aluminio y mantener la temperatura necesaria para su colada en los moldes que pasan por debajo de hornos de 20 a 40 toneladas. El plasma se genera mediante electricidad, y el calentamiento eléctrico es mucho más eficiente que los sistemas de calefacción basados en combustibles fósiles, que suelen perder entre el 20 % y el 50 % de su calor al descargar los gases de combustión que generan.

Las nuevas tecnologías de reciclaje, como el plasma, presentan un enfoque transformador para los procesos de reciclaje de aluminio. Plasma para 'aluminio verde'

Descrito como el cuarto estado de la materia, el plasma es un gas con carga eléctrica o ionizado. Se encuentra de forma natural en el medio ambiente, en rayos, chispas de electricidad estática y en las auroras boreales. El plasma se utiliza ampliamente en pantallas de televisión, iluminación fluorescente y soldadura por arco. La tecnología de plasma también se emplea para generar las altas temperaturas requeridas en procesos difíciles de abatir en la fabricación de cemento, vidrio, acero y hierro, utilizando mucha menos energía que la calefacción convencional. Esto lo hace ideal para el reciclaje de aluminio, que depende del calor.

Además de ser más eficientes que incluso los quemadores más avanzados, las antorchas de plasma eliminan la necesidad de precalentar el aire y de utilizar sistemas de calentamiento regenerativo. El plasma no depende de la combustión, por lo que no produce dióxido de carbono. Una menor oxidación del aluminio a alúmina ofrece el potencial de una mejor recuperación técnica. Además, la química del plasma puede controlarse para reducir la formación de NOx contaminantes.

Aluminio verde por razones ESG y económicas

Existe un interés por alternativas ecológicas en las industrias que dependen del aluminio. No solo por motivos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). Existe una sólida justificación económica para hacerlo. Reemplazar los quemadores tradicionales por antorchas de arco de plasma sin transferencia reduce significativamente la energía (kWh) requerida hasta en un 20-30 % y produce un mayor rendimiento del metal con la misma cantidad de energía. El importante ahorro en costes energéticos y emisiones también disminuye el impuesto al carbono que se paga sobre los productos terminados. Además, en algunos lugares del mundo, se informa que la calefacción eléctrica renovable es más barata que la térmica en MWh.



El plasma funciona ionizando gases a altas temperaturas. En las antorchas de arco no transferido, el

El uso de tecnología avanzada de plasma para reciclar aluminio multiplica los beneficios de la descarboni-

zación cuando la energía utilizada para alimentar las antorchas de plasma proviene de fuentes renovables. Esto se reconoce como un gran avance en la descarbonización de un material que desempeña un papel vital en el camino hacia las cero emisiones netas.

<https://www.aluminium-journal.com/meeting-net-zero-emissions-using-plasma-technology>

Los 5 principales exportadores de latas de aluminio a EE. UU. — Y por qué Estados Unidos todavía importa



Estados Unidos produce una gran cantidad de latas de bebidas a nivel nacional. Sin embargo, esta cantidad no es suficiente para satisfacer las necesidades del país. Las importaciones representan una parte importante del comercio de aluminio en Estados Unidos. Entre estas importaciones se encuentran las latas de aluminio, un componente esencial de la gastronomía estadounidense y de la industria de bebidas. Dado que los nuevos aranceles forman parte de una agresiva política arancelaria del presidente estadounidense Donald Trump que ha impactado el sistema global de comercio internacional, la Oficina de Industria y Seguridad (BIS) anunció la inclusión de dos productos en los aranceles adicionales del 25% de la Sección 232 sobre productos derivados del aluminio. Estos productos se clasifican de la siguiente manera: HTSUS 7612.90.10 (latas de aluminio vacías) y HTSUS 2203.00.00 (cerveza).



El artículo recién añadido a la lista, una lata de aluminio vacía, tiene un enorme mercado de producción en Estados Unidos. Sin embargo, en este escenario, la demanda supera la oferta. A continuación, se enumeran los cinco mayores exportadores de latas de aluminio vacías a Estados Unidos en 2024:

1. México

Según datos de 2024, México exportó un total de latas de aluminio con un valor de 135 millones de dólares a Estados Unidos.

Tres importantes empresas productoras contribuyen considerablemente a las cifras de exportación. En 2024, las seis plantas de latas de bebidas de Crown Holding en México produjeron en conjunto aproximadamente 6.850 millones de latas de aluminio para bebidas. Simultáneamente, la planta de latas de bebidas de dos líneas de Ball Corporation (planta de Monterrey) inició su producción a finales de 2016. Si bien Ball no desglosa los volúmenes solo en México, la compañía envió 52.000 millones de envases de aluminio para bebidas a América del Norte y Central en 2022 (incluyendo Canadá, Estados Unidos y México).

México es uno de los mercados de más rápido crecimiento de Ball en la región, y los volúmenes de América del Norte y Central aumentaron aún más en 2024, lo que subraya que la planta de Monterrey está funcionando con varios miles de millones de latas al año.

Se estima que la planta de Envases Universales (Grupo Envases) en Yucatán (inaugurada en 2016) producirá 2 mil millones de latas al año, mientras que, a partir de este año, la planta del estado de Hidalgo (en construcción, entrada en operaciones en 2025) está diseñada para 2 mil millones de latas al año.

La frontera terrestre compartida con México reduce drásticamente los tiempos y costos de envío, lo que permite entregas justo a tiempo para clientes con grandes volúmenes de bebidas. Incluso frente a los aranceles estadounidenses, muchas empresas se mantienen en México debido a su cercanía geográfica, rutas de tránsito más cortas y menos complicaciones en la cadena de suministro en comparación con el abastecimiento en el extranjero.

2. Canadá

En 2024, Canadá exportó un total acumulado de 28 millones de dólares. Los productores canadienses de aluminio se benefician de menores costos energéticos, en particular gracias a la disponibilidad de energía hidroeléctrica. La electricidad es un componente importante de los costos de producción del aluminio, y los precios energéticos más bajos de Canadá le otorgan una ventaja competitiva frente a los productores estadounidenses, donde los costos energéticos son más altos.

Ninguna de las principales empresas productoras de este segundo mayor país exportador, con líneas de producción en América, desglosa las cifras de Canadá en sus informes públicos. Los envíos de latas de bebidas de Ball Corporation (Canadá) a Norteamérica y Centroamérica ascendieron a aproximadamente 52 000 millones de latas en 2022, y la empresa informa que los volúmenes seguirán aumentando en 2024. Suponiendo que Canadá represente aproximadamente el 10 % de esos volúmenes de Norteamérica y Centroamérica (por proporción de población), esto implica que se producirían aproximadamente 5 000 millones de latas en Canadá en 2024.

Los envíos globales de latas de bebidas de Crown Holdings alcanzaron los 82 000 millones de latas en

2024, de los cuales Norteamérica representó aproximadamente el 40 % (33 000 millones de latas). Si Canadá representa nuevamente el 10 % del volumen norteamericano, esto equivale a aproximadamente 3 000 millones de latas producidas en las plantas canadienses de Crown en 2024.

El volumen global de Ardagh Metal Packaging (AMP) creció un 3 % en 2024, alcanzando una producción estimada de 18 000 millones de latas, de las cuales Norteamérica representa aproximadamente el 20 % (3600 millones de latas). La participación de Canadá en la producción norteamericana de AMP es menor, alrededor del 15 %, lo que sugiere una producción de aproximadamente 500 millones de latas en sus instalaciones canadienses en 2024.

3. China

Durante el último ejercicio fiscal, China exportó 20 millones de dólares en latas vacías a Estados Unidos. Las inversiones en procesamiento de precisión, fundición baja en carbono e infraestructura de reciclaje han mejorado la calidad de las láminas de lata chinas para cumplir con los estrictos estándares estadounidenses para bebidas. Hasta finales de 2024, China ofreció devoluciones de impuestos a la exportación de hasta el 13 % para productos de aluminio, lo que subsidió eficazmente los envíos al exterior y reforzó la competitividad en el extranjero. Si bien estas devoluciones se cancelaron el 1 de diciembre de 2024, su impacto previo ayudó a los productores chinos de láminas de lata a asegurar su cuota de mercado en Estados Unidos.

Entre los principales productores del país exportador se encuentra Henan Airuihai New Materials Co. Ltd, que en 2024, aunque su proyecto de "super latas de refresco" en la ciudad de Gongyi estaba previsto para una producción anual de 30 mil millones de latas de aluminio, lo que la convierte en una de las mayores inversiones en fabricación de latas en China este año.

ORG Development Limited (ORG), una división surgida de CPMC Holdings, opera 11 plantas de fabricación de latas y tapas de bebidas en China y se estima que

produce aproximadamente 15 mil millones de latas de aluminio al año.

Baosteel Packaging (filial de China Baowu Steel Group), en sus instalaciones de Xiamen, puso en funcionamiento en 2024 una línea de fabricación de latas de alta velocidad capaz de producir más de mil millones de latas por año, y ya está planificada una segunda línea para aumentar aún más la capacidad.

Las cifras precisas de 2024 para CPMC Holdings, propiedad estatal, y otros actores regionales no están desglosadas públicamente por planta, pero con los 15 mil millones de ORG y las líneas de rápida escalabilidad de Baosteel, estos tres por sí solos representan casi la mitad de la capacidad de fabricación de latas recientemente agregada de China en 2024.

4. Chile

Chile exportó latas por un valor de USD 16 millones a Estados Unidos durante 2024, según informes iniciales. En Chile, entre los principales fabricantes de latas de aluminio se encuentran Ball Corporation (Ball Chile SA), Condensa y Metalum. Condensa se especializa en envases de aluminio y Metalum, en su reciclaje y procesamiento. Si bien Chile no produce tantas latas como México o China, se centra en envases de aluminio premium de alta calidad para bebidas y exporta una parte significativa de su producción.

5. Alemania

Alemania también exportó latas por valor de 16 millones de dólares a Estados Unidos en 2024. En 2024, las entregas totales de tubos de aluminio y latas de aerosol de Alemania al mercado nacional alcanzaron los 562,5 millones de latas, lo que marca una disminución del 2,3 por ciento en comparación con el año anterior, y el segmento de latas de aerosol mostró un crecimiento en el segundo semestre.



En resumen, las importaciones de latas de aluminio vacías a EE. UU. en el año civil 2024 fueron de aproximadamente USD 268 millones, una caída del 15 por ciento respecto de las cifras de 2023.

El 2 de abril de 2025, la Oficina de Industria y Seguridad del Departamento de Comercio emitió un nuevo aviso en el Registro Federal. Además de otros artículos de embalaje similares, menciona la inclusión de latas de cerveza y latas de aluminio vacías en la lista de productos derivados del aluminio. Por lo tanto, estos productos están sujetos a aranceles en virtud del Artículo 232 de la Ley de Expansión Comercial de 1962.

Según el Observatorio de Complejidad Económica, durante enero de 2025, las importaciones interanuales de latas de aluminio (en general) a EE. UU. disminuyeron un 19,4 %. Esto se debió principalmente a una disminución de las importaciones procedentes de China (-4,63 millones de USD o -64,2 %), Canadá (-3,4 millones de USD o -59,4 %) y el Reino Unido (-444 mil USD o -89,5 %).

A pesar de albergar a algunos de los mayores fabricantes de latas del mundo, Estados Unidos aún importa un volumen significativo de latas de aluminio vacías. He aquí el motivo:

Producción nacional masiva, pero no ilimitada

La industria estadounidense de producción de latas produce aproximadamente 130.700 millones de latas al año, emplea a más de 28.000 personas en 33 esta-

dos (y territorios) y genera cerca de 15.700 millones de dólares en actividad económica directa a través de empresas como Ball, Crown Holdings y Silgan Containers. Al mismo tiempo, el consumo de bebidas en Estados Unidos supera los 106.000 millones de latas al año, y el consumo total de latas (incluidas las de alimentos y de consumo general) se acerca a los 180.000 millones de unidades anuales.

Picos de demanda y limitaciones de capacidad

La pandemia de COVID-19 desencadenó un aumento repentino del consumo de bebidas fuera de los establecimientos: con el cierre de bares y restaurantes, los consumidores optaron por comprar paquetes de seis y cajas para llevar a casa, y el auge de las bebidas carbonatadas (hard seltzers) impulsó aún más la demanda. Los fabricantes nacionales de latas, que ya estaban casi al límite de su capacidad, respondieron aumentando las cantidades mínimas de pedido (por ejemplo, Ball aumentó su mínimo de latas impresas de uno a cinco camiones por SKU) y suspendiendo el almacenamiento para clientes más pequeños, lo que llevó a algunas cervecerías a buscar latas sin imprimir o servicios móviles de enlatado que dependen del aluminio importado.

Desequilibrios de costos y recursos



Si bien Estados Unidos sigue siendo un productor importante de aluminio secundario (reciclado), las fundiciones primarias operan a tan solo el 55 % de

su capacidad, muy por debajo del 95 % de Canadá, debido principalmente a los altos costos de la electricidad, que restan competitividad al metal estadounidense. Mientras tanto, solo alrededor del 43 % de las latas de bebidas estadounidenses se reciclaron en 2023, frente al 57 % de 2014, lo que resultó en pérdidas anuales de más de un millón de toneladas de chatarra de aluminio (con un valor de 1600 millones de dólares estadounidenses) que, de otro modo, podrían alimentar las plantas de latas nacionales.

Del total de importaciones a EE. UU., algunas latas importadas provienen de México y otras plantas que utilizan láminas de aluminio chinas de menor costo, lo que, en la práctica, transfiere metal chino a la cadena de suministro estadounidense. En reconocimiento de esta dependencia, a partir del 2 de abril de 2025, EE. UU. impuso un arancel del 25 % a las latas de aluminio vacías (junto con la cerveza) en virtud de la Sección 232, con el objetivo de igualar las condiciones para los productores nacionales.

Aunque las cifras de importación parecen contundentes, se han mantenido constantes durante los últimos años. Se citan dos factores principales para este resultado: la imposición de aranceles por parte de EE. UU. desde 2018, inicialmente del 10 % y posteriormente del 25 %. Por otro lado, el consumo de bebidas entre los jóvenes estadounidenses ha disminuido drásticamente, convirtiendo la demanda en un punto débil de todo el sector. Ahora, se prevé que la estrategia arancelaria y contraarancelaria impulse el mercado nacional y comparta que la disminución de las cifras de importación es una buena señal. Sin embargo, dado el escenario en el que las plantas de Novelis cierran en Virginia Occidental y las empresas de producción no logran satisfacer la demanda nacional e internacional, la evaluación de viabilidad en este caso dista mucho de ser la situación ideal.

<https://www.alcircle.com/news/top-5-aluminium-can-exporters-to-the-us-and-why-america-still-imports-113760>

EMPRESAS ASOCIADAS A IMEDAL





Miembros Honorarios - Universidades y Centros de Investigación



BIENVENIDOS

El **Instituto Mexicano del Aluminio**
Da la bienvenida a su nuevo asociado:

ALTEK
AN ENVIRI COMPANY

ALTEK is a technology-based company with specialist expertise in the design, manufacture and installation of aluminium dross and scrap processing systems. We pride ourselves on supplying market-leading equipment to maximize aluminium recoveries and optimize cast houses through our Electromagnetic Stirrer (EMS), Dross Press and Tilt Rotary Furnace (TRF) technologies. We are the only partner than can provide zero waste, 'End-to-End Dross Management', utilising our AluSalt™ salt slag recycling system to recover aluminium, salts and conversion of NMP into high value added products, and RAME™, a new and novel high aluminium recovery, zero-waste primary smelter dross recycling technology and process.

¡Bienvenidos!

IMEDAL
Instituto Mexicano del Aluminio, A.C.

El **Instituto Mexicano del Aluminio**
Da la bienvenida a su nuevo asociado:


COBERLUM
ALUMINUM COMPOSITE PANEL

Somos una empresa mexicana fabricante de panel compuesto de aluminio de la más alta calidad, situados en Monterrey N.L. para todo el territorio Nacional, somos parte de Grupo Printel con más de 30 años de experiencia en el mercado. Nuestros paneles de aluminio COBERLUM, recubiertos con pintura PVDF tienen resistencia superior a condiciones climáticas extremas, son ideales para edificios, comercios, anuncios, estadios, aeropuertos, plazas comerciales, hospitales etc.

¡Bienvenidos!

IMEDAL
Instituto Mexicano del Aluminio, A.C.

El **Instituto Mexicano del Aluminio**
Da la bienvenida a su nuevo asociado:


imssa
GROUP

Somos empresa mexicana de servicios especializados, con una trayectoria de más de 20 años de crecimiento continuo en las diversas actividades que desarrollamos como empresa, entre ellas: extrusión de aluminio, anodizado, aplicación de recubrimiento de pintura e inyección de plástico. Nos ubicados en la frontera de Ciudad Juárez y el paso Texas.

¡Bienvenidos!

IMEDAL
Instituto Mexicano del Aluminio, A.C.



Alejandro Manzano Ramírez

Acerca del Autor

Licenciatura en la Facultad de Química de la UNAM, Maestría y Doctorado por la Universidad de Sheffield, Inglaterra 1989, formando parte del capital humano fundador de la Unidad Saltillo del CINVESTAV-IPN, incorporándome a ella en mayo de 1989. Pionero en el CINVESTAV campus Querétaro, 7 de agosto de 1997. Premio CONCYTEQ, en la modalidad de Ciencia y Tecnología, otorgado el 9 de noviembre de 2018. Segundo lugar en el Premio Alejandrina 2019 en su 35a edición en la modalidad de Carrera Científica, otorgado el 6 de junio de 2019. Hasta la fecha, 91 artículos en revistas internacionales reconocidas y 1626 citas JCR, H-22. Además de 7 libros, diez capítulos de libro, dirigió 9 tesis de licenciatura, 17 tesis de maestría y 12 tesis de doctorado en ciencias. Cinco patentes registradas y otorgadas por el IMPI. Nivel III del Sistema Nacional de Investigadores y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias desde 2018.

Breve

Reseña de

Aplicaciones

Innovadoras

Del aluminio

Y sus

Aleaciones

Abstract:

El presente trabajo expone de manera cronológica algunas de las aplicaciones innovadoras del aluminio y sus aleaciones.

A lo largo del tiempo, se han reconocido ampliamente las ventajas del aluminio: su ligereza, excelente formabilidad, atractiva apariencia, bajo o nulo mantenimiento, notable resistencia estructural y a la corrosión. Por su parte, el Dr. Ellis Rubinstein, presidente emérito de la Academia de Ciencias de Nueva York (NYAS), destaca que la innovación está estrechamente vinculada con la competitividad, el espíritu emprendedor y la generación de nuevos valores sociales. En sus palabras, las investigaciones aisladas, desvinculadas de la industria y de esquemas de inversión de riesgo, tenderán a quedar obsoletas en el futuro cercano, pues una nación competitiva será aquella capaz de generar prosperidad económica sostenible.

¿Entonces qué es innovación? esta se puede definir [2], entre otras, como:



- Innovación científica: impulso de nuevos procesos y metodologías orientadas al desarrollo de materiales con propiedades específicas, capaces de responder a las crecientes necesidades de la industria y la sociedad.

- Innovación tecnológica: creación de nuevos dispositivos y procesos a partir de la mejora o modificación de elementos existentes, promoviendo la competitividad mediante el desarrollo de bienes y servicios de alta calidad.

A continuación, se presentan algunos eventos relevantes en orden cronológico representativos de la innovación en la industria del aluminio:

ALEACIONES TÉRMICAS - endurecimiento por precipitación

- Para 1936, los investigadores habían definido los principales sistemas termotratables: aluminio-magnesio-silicio, aluminio-magnesio-cobre y aluminio-magnesio-zinc.

- Alcoa obtuvo los derechos de la patente de Wilm después de la Primera Guerra Mundial e inició investigaciones que dieron lugar a aleaciones como la 25S (2025) y la 14S (2014).

- La aleación 75S (7075), desarrollada durante la Segunda Guerra Mundial, proporcionó la alta resistencia que no ofrecían las aleaciones de aluminio-magnesio-cobre. Las modificaciones en la composición de la aleación base resultaron en una mayor tenacidad (aleaciones 7175 y 7475), mientras que los tempers T7 aliviaron los problemas de corrosión bajo tensión y exfoliación inherentes al temper T6.

Con su mayor resistencia, el aluminio desempeñó un papel clave en el desarrollo de aleaciones de aluminio-cobre (2xxx) de alto rendimiento para aeronaves.



LATA DE BEBIDA DE DOS PIEZAS

En 1951, justo después de la finalización de la planta de Alcoa en Davenport, Coors Brewing Company se extruyeron por impacto lingotes de 1xxx-O, y posteriormente láminas relativamente gruesas de 3xxx-O. Reynolds Aluminum desarrolló la tecnología de estirado para el uso de tempers duros (H18 y H19).

En 1967 el desarrollo de la aleación de alta resistencia 5182 permitió reducir el espesor de la tapa para que el costo del aluminio fuera competitivo con el del

acero. Cuando el mercado impulsó la necesidad de encontrar economías de escala en la producción de láminas, la industria del aluminio reinventó el proceso de laminación, por lo que se necesitaron laminadores de cuatro y posteriormente, de seis alturas para proporcionar tolerancias de espesor ajustadas.



Los laminadores de latas actuales suelen ser muy eficientes, lo que permite producir grandes volúmenes de producto consistente para el cuerpo de la lata o la tapa.

Se han desarrollado varias aleaciones 3xxx y 5xxx (aluminio-magnesio-manganeso) altamente especializadas para satisfacer las demandas de la industria de las latas. Paralelamente, las tecnologías de reciclaje se han perfeccionado para atender las exigencias de este mercado.

- En 1974 el nacimiento del proceso de Rheocasting generalmente asociado a R. Mehrabian et. al.[3], cuyos trabajos versaron sobre la agitación vigorosa de aleaciones en el estado semisólido a predeterminadas y controladas fracciones de sólido. Para esto el conocimiento de la temperatura de liquidus y solidus fue importante así como del rango de solidificación en este proceso.

- En 1995 se otorga la patente del proceso de soldadura por fricción. La soldadura por fricción-agitación (FS) no produce microestructura gruesa en el material recién fundido ni segregación de solutos en las soldaduras porque es un proceso de estado sólido [4].

- Algunos de los principales beneficios que se obtienen Mishra R.S y Ma Z.Y. [5], indican los siguientes:

- Metalúrgicos: excelente estabilidad dimensional, ausencia de pérdida de elementos de aleación, propiedades superiores en la zona de unión y microestructura fina, sin formación de grietas.

- Ambientales: prescinde de gas protector y limpieza previa, eliminando disolventes necesarios para desengrasar.

- Energéticos: permite unir distintos espesores de material y consumir solo un 2.5 % de la energía requerida para una soldadura láser.

Con base en los ejemplos presentados y considerando las condiciones de sustentabilidad demandadas en este siglo 21, es claro que el ahorro en energía, así como prácticas de economía circular en la incorporación de procesos productivos se convierten en áreas de oportunidad para la innovación en el sector del aluminio y otros.

Referencias:

[1] <https://www.nyas.org/person/ellis-rubinstein/> consultado 22 marzo 2025

[2] <https://www.significados.com/innovacion/> consultado 22 marzo 2025

[3] Mehrabian R., Riek RO. y Flemings M.C., Metal. Trans., 5, 1974, pp. 1899-1905

[4] Thomas W.M., Nicholas E.D., Needham J.C., Murch M.G., Temple-Smith P., and Dawes C.J., Friction stir butt welding, International Patent Application No. PCT/GB92/02203; GB patent Application No. 9125978.8, 1991; US Patent No. 5460317, 1995.

[5] Mishra R.S y Ma Z.Y., Materials Science and Engineering R 50 (2005) 1–78, doi:10.1016/j.mser.2005.07.001, 18 August 2005

[6] Getachew Gebreamlak Yeshitla, Dr. Balkeshwar Singh, Friction Stir Welding and its Applications: A Review, High Technology Letters, Volume 26, Issue 11, 2020, ISSN NO : 1006-6748, <http://www.gjstx-e.cn/>

A

Al infinito y más allá:

E

El aluminio ayudando al entendimiento del inicio de la vida



**M. en I. Diana
Karen Vite Ávila**

Acerca del Autor

Ingeniera egresada del Instituto Politécnico Nacional, con una maestría en Manufactura enfocada en materiales para la industria automotriz. Actualmente forma parte del equipo de POSCO, donde colabora brindando soporte técnico a diferentes OEMs en México.



**M. en C. Javier
Covarrubias Garcia**

Acerca del Autor

Investigador de temas relacionados con Inteligencia Artificial, Deep Learning y Machine Learning enfocados a la industria metalúrgica y de la transformación.

Abstract:

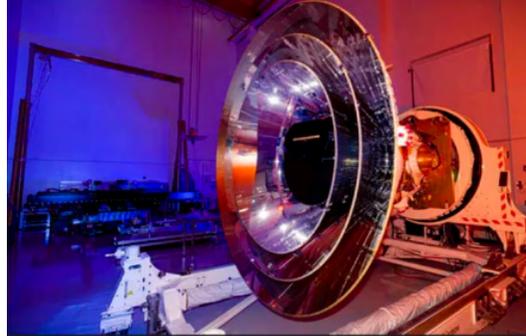
Desde su descubrimiento a inicios del siglo XIX, el aluminio ha evolucionado junto con la humanidad. Gracias a sus propiedades mecánicas, su resistencia a la corrosión y su ligereza, se ha convertido en un material clave para múltiples industrias, especialmente aquellas que requieren componentes resistentes pero livianos. En el ámbito aeroespacial y aeronáutico, el aluminio es protagonista indiscutible. Sin embargo, su papel no se limita a estructuras: también se ha convertido en un elemento crucial en la fabricación de telescopios espaciales.

Desde que Isaac Newton introdujo el uso de espejos en los telescopios, estos han sido objeto de constantes innovaciones, tanto en materiales como en procesos de fabricación. Un punto de inflexión llegó en la década de 1970 con la introducción del **pulido químico**, técnica que permitió considerar al aluminio como una opción viable para espejos de alta precisión en el espacio.

Hoy en día, misiones como **Ariel**, dedicada al estudio de sistemas planetarios, o **SPHEREx**, que mapeará más de 450 millones de galaxias, confían en el aluminio para detectar ondas infrarrojas y ampliar nuestra comprensión sobre el origen del universo.

Hace aproximadamente 13.8 mil millones de años, en una fracción diminuta de segundo después del Big Bang — para ser exactos, en el primer billonésimo de un trillón de un trillón de segundo — el universo se expandió de manera explosiva. A este fenómeno se le conoce como inflación cósmica y aunque sucedió hace tanto tiempo, sus huellas aún pueden detectarse.

¿Dónde están esas pistas? En el cielo, en forma de galaxias. Si pudiéramos construir un mapa tridimensional del universo que incluyera más de 450 millones de galaxias y 100 millones de estrellas de nuestra



propia Vía Láctea, tendríamos una visión mucho más clara de las fuentes de luz cósmicas. Y con ello, una mejor comprensión sobre cómo comenzó todo.

Bajo esta idea, la NASA está lanzando un nuevo telescopio espacial llamado **SPHEREx** (*Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization, and Ices Explorer*). Su misión: estudiar la distribución de materia en el universo usando un espectrofotómetro que captará imágenes en 102 colores infrarrojos.

Ahora bien, ¿qué tiene que ver el **aluminio** con todo esto?

El aluminio ha sido esencial en la evolución de las industrias aeronáutica y aeroespacial. Pero su uso no se limita a estructuras o componentes mecánicos; también juega un papel clave en la óptica espacial, especialmente en los espejos de los telescopios.

Cuando pensamos en espejos, lo primero que nos viene a la mente es el vidrio. Sin embargo, en el espacio, el vidrio no es siempre la mejor opción. Antiguamente se utilizaban tipos como *flint glass* o *crown glass* en telescopios terrestres, pero resultaban costosos, pesados y difíciles de pulir con precisión.

El aluminio comenzó a ganar popularidad gracias a sus excelentes propiedades ópticas y su capacidad de proporcionar un alto rendimiento reflejante especialmente en el rango visible e infrarrojo, además, ofrece la ventaja de ser ligero y resistente a las condiciones del espacio. En telescopios como el **Hubble** o el más reciente **James Webb**, se utilizan espejos de berilio recubiertos con aluminio (o silicio) para mejorar su reflectividad, especialmente en el espectro infrarrojo.

Aunque aún no se conocen todos los detalles estructurales del SPHEREx, es probable que también incorpore **espejos metálicos recubiertos** y es aquí donde el aluminio vuelve a brillar.

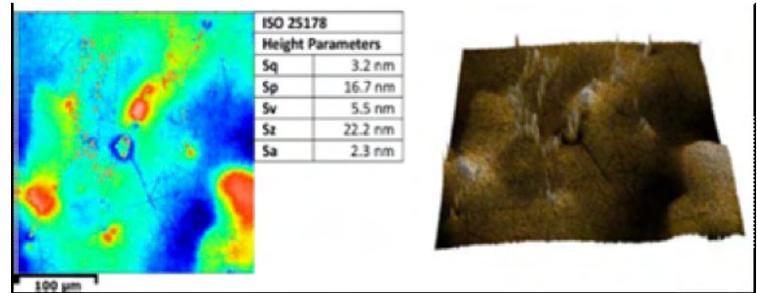
¿Cómo se adapta el aluminio para distintos usos?

Quienes trabajamos en la industria metalúrgica sabemos que transformar el aluminio en componentes tan distintos — desde alas de avión hasta espejos espaciales — depende de dos factores clave: **la composición y la manufactura**.

En el caso de los telescopios, la fabricación de espejos requiere una precisión extrema. A partir de los años 70 comenzaron a utilizarse técnicas avanzadas como el **pulido químico-mecánico (CMP)**, capaces de lograr superficies ópticas ultra lisas.

6. Pulido con punta de diamante (*SPDT*).
7. Repetición paso 4 (ciclo de validación)

Pero no todo fue tan sencillo. El pulido con punta de diamante dejó marcas microscópicas que afectaban la difracción de la luz. Se probaron distintas metodologías de pulido dividiendo este proceso en 3 fases, usando una pulidora Lam Plan y reduciendo la velocidad de remoción en cada una de las etapas.



Mediciones de rugosidad usando Lam Plan

Así que la próxima vez que veas fotografías del espacio sabrás que, en parte, fue gracias al aluminio.



Un gran ejemplo, es el de la misión **Ariel** de la Agencia Espacial Europea (ESA), diseñada para estudiar la atmósfera de mil exoplanetas. Su telescopio trabaja con longitudes de onda de entre 1.95 y 7.8 micrómetros y

opera en condiciones criogénicas. El espejo principal, de 1.1 metros, está hecho de **aleación de aluminio 6061 con tratamiento térmico T651**, conocida por su estabilidad térmica y mecánica.

Para fabricar este espejo, se aplicaron múltiples tratamientos térmicos:

1. Envejecimiento térmico a 175°C por 8 horas.
2. Maquinado de acabado.
3. Repetición del tratamiento térmico.
4. Tres ciclos térmicos de -190°C a 150°C a velocidad controlada.
5. Repetición paso 4.

Referencias:

[1] <https://arielmision.space/>

[2] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10686-022-09852-x>

[3] https://www.researchgate.net/publication/378834813_High_precision_polishing_of_aluminum_alloy_mirrors_through_a_combination_of_magnetorheological_finishing_and_chemical_mechanical_polishing

[4] <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-32-9-15813&id=548990>



José Luis Ortiz

Acerca del Autor

Dr. José Luis Ortiz Rosales, Doctor en Ciencias Químicas. Exdirectivo y exprofesor del Tecnológico de Monterrey. Ph. D. Coach de Desarrollo Personal.

Coach ejecutivo y coach de vida.

Jlortiz@tec.mx

Incrementamente su Productividad, Calidad de Vida y Bienestar, Mediante el Coaching

Abstract:

El coaching es una herramienta poderosa que impulsa el crecimiento personal y profesional, permitiendo a las personas identificar metas claras, superar bloqueos y desarrollar su potencial a través de un proceso estructurado de acompañamiento. Los resultados permiten incrementar su productividad, calidad de vida y bienestar.

Desarrollo

Invertir en usted mismo y en el personal de su empresa, es una de las decisiones más inteligentes que puede tomar, porque le proporciona beneficios a largo plazo que ningún bien material puede igualar.

¿Cuáles son algunas razones para invertir en el desarrollo personal?



1. El conocimiento y las competencias generan más riqueza.

Los bienes materiales generalmente se deprecian y requieren gastos constantes; en cambio, desarrollar competencias personales y organizacionales (como aprender nuevos idiomas, mejorar el liderazgo o especializarse en un área), abre nuevas puertas para generar más ingresos.

Invertir en educación, cursos, coaching o mentorías, seguramente coadyuvará a alcanzar nuevas oportunidades laborales o de negocio.

2. La salud y el bienestar son activos invaluable.

Invertir en bienestar físico, mental y emocional (nutrición, ejercicio, terapia, descanso, conocimientos y desarrollo de competencias personales y profesionales) produce más energía y longevidad para disfrutar de la vida y del trabajo.



3. La mentalidad correcta multiplica el éxito.

La infraestructura y el equipo no hacen a las personas o empresas más exitosas, pero una mentalidad de crecimiento sí.

Los conocimientos, habilidades, actitudes y valores personales y organizacionales incrementan la adaptabilidad y por lo tanto la capacidad de aprovechar cualquier situación económica.



4. La inversión en capital humano se multiplica.

Los activos materiales pueden subir o bajar de valor, normalmente se deprecian.

En cambio, los conocimientos y competencias pueden usarse para generar ingresos recurrentes y mejorar la calidad de vida y el bienestar de manera sostenida.

Por otra parte, es pertinente plantear, de manera somera, la problemática actual sobre el efecto de una inadecuada educación emocional en nuestro desempeño personal y colectivo. En la escuela, generalmente no nos preparan para afrontar los retos de la vida en sus diferentes ámbitos, bajo la óptica de la inteligencia emocional. Tal vez por eso, en muchas ocasiones, la carencia de un sentido de propósito y de reconocimiento y gestión emocional, propicia la baja productividad y falta de sentido existencial en las personas, que viven a la deriva, sin tomar control sobre su vida.

¿Sabía que México es el país con mayor porcentaje de estrés vinculado al trabajo, pues el 75% de los empleados en el país padecen este problema y 25% de los infartos derivan de una enfermedad relacionada con dicho factor, de acuerdo con GNP Seguros?

¿Sabía que la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que en México se registran aproximadamente 75 mil infartos al año, de los cuales 25% están vinculados con alguna enfermedad ocasionada por el estrés laboral?

¿Sabía usted que el 60% de todos los pacientes que acuden a los médicos podrían curarse por sí mismos con sólo liberarse de sus temores y preocupaciones?

La mitad de las camas de los hospitales están ocupadas por pacientes con enfermedades emocionales y mentales, por pacientes que se han derrumbado bajo la abrumadora carga de los acumulados ayer y los

temidos mañanas. Sin embargo, una gran mayoría de estas personas estarían llevando vidas productivas y felices, si hubieran sido acompañados por un profesional del coaching en la ruta que ellos mismos pueden establecer, con el fin de suprimir o al menos reducir sus preocupaciones, el estrés, la depresión y la ansiedad.



Por medio de una serie de intervenciones, no solo es posible prevenir algunas enfermedades crónicas mediante cambios en la actitud, la conducta y la dieta; sino también es posible activar una respuesta curativa desde nuestro interior. El cuerpo humano puede considerarse una gran farmacia de la naturaleza, ya que es capaz de fabricar medicamentos asombrosos como tranquilizantes, somníferos, inmunomoduladores, antihipertensivos, etc.; que pueden producirse en el momento que se requiera y no tienen efectos secundarios.

Usted puede aprender a reconocer sus emociones y gestionarlas adecuadamente, al igual que el estrés que reduce su calidad y tiempo de vida.

Usted puede generar un mayor desarrollo y bienestar personal, familiar, laboral y social.

Mejore su calidad de vida laboral, que se refleje en todos los ámbitos de su desempeño.

Desarrolle al máximo su potencial físico, emocional, intelectual y espiritual.

Desarrolle al líder que hay en usted a través del coaching.

Referencias:

1. Seligman, M. E. (2002). *Authentic happiness: Using the new positive psychology to realize your potential for lasting fulfillment*. Estados Unidos: Simon and Schuster.
2. OECD. (s. f.). *Tu Índice para una Vida Mejor*. OECD Better Life Index. Recuperado 11 de febrero de 2024, de <https://www.oecd-betterlifeindex.org/es/>
3. GNP Seguros, el 75% de los mexicanos padece estrés laboral, recuperado el 7 de abril de 2025, de https://www.expoknews.com/75-de-los-mexicanos-padece-estres-laboral-gnp-seguros-promueve-acciones-para-contrarrestar-sus-efectos/?utm_source=chatgpt.com
4. Carnegie, D. (2014). *Cómo suprimir las preocupaciones y disfrutar de la vida*. Editorial Debate.

Descubriendo El Aluminio Con Inteligencia Artificial: Innovación y Nuevas Perspectivas



Yessika Lozada

Acerca del Autor

Cuenta con más de 20 años de experiencia en tecnología, metodologías ágiles y gestión de proyectos. Ha escrito diversos artículos sobre agilidad, liderazgo y transformación digital, destacando por su capacidad para traducir conceptos complejos en soluciones prácticas. También se ha desempeñado como mentora y ponente en foros especializados, impulsando la innovación y el desarrollo de talento en entornos de cambio.

Abstract:

La Inteligencia Artificial (IA) ha revolucionado múltiples industrias al acelerar el descubrimiento de nuevas aplicaciones para materiales como el aluminio. Este artículo explora cómo la IA puede identificar usos innovadores de este metal en sectores emergentes como la nanotecnología, la biomedicina, el almacenamiento de energía y la exploración espacial. Se detalla el proceso de optimización de consultas o prompts para obtener información más precisa y relevante, demostrando la evolución de un prompt básico a uno avanzado. Además, se presentan aplicaciones disruptivas del aluminio aún no desarrolladas, como filtros de agua basados en nanopartículas, aleaciones inteligentes para almacenamiento de hidrógeno y estructuras autorreparables para la industria aeroespacial. Finalmente, se analizan los desafíos y limitaciones de la IA, incluyendo la necesidad de validación experimental y la dependencia de datos de entrenamiento. Este enfoque ofrece a los productores de aluminio una herramienta poderosa para descubrir oportunidades innovadoras en el mercado.

Hablar del aluminio es mucho más que una simple conversación sobre metales; es adentrarse en un mundo de versatilidad, resistencia y posibilidades infinitas. Si combinamos el aluminio con el poder de la Inteligencia Artificial (IA), transformamos por completo la manera en que exploramos, optimizamos y reinventamos su uso en la industria moderna.

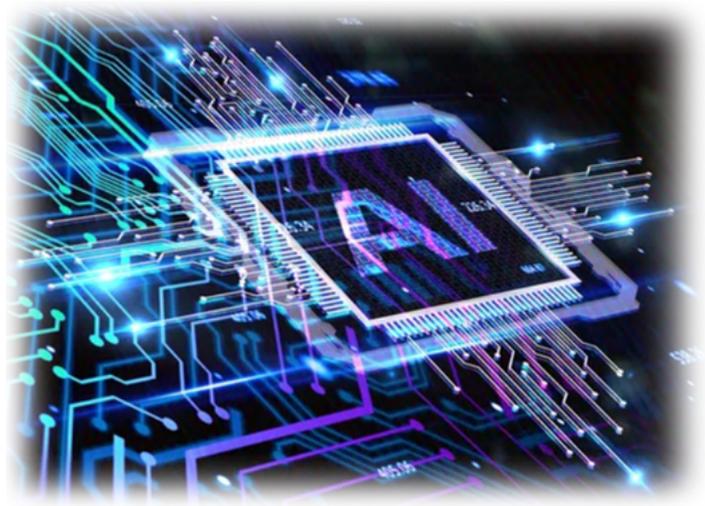
La IA nos permite analizar tendencias, detectar patrones y encontrar aplicaciones innovadoras que antes podían pasar desapercibidas. Desde la optimización en procesos de extrusión hasta la predicción del comportamiento del aluminio en condiciones extremas, las posibilidades son ilimitadas.

¿Qué es la Inteligencia Artificial y cómo se aplica en la industria del aluminio?

La IA es una rama de la computación que permite a las máquinas aprender y tomar decisiones basadas en grandes volúmenes de datos. En la industria del alu-

minio, se está utilizando para:

- Analizar bases de datos científicas y patentes para identificar tendencias emergentes.
- Optimizar procesos de fabricación y aleaciones para mejorar la eficiencia y reducir costos.
- Simular el comportamiento de nuevas aplicaciones del aluminio en entornos extremos.



Descubriendo aplicaciones innovadoras del aluminio con IA

Gracias al poder de la IA, se han identificado nuevas formas de utilizar el aluminio en sectores emergentes:

1. Nanocompuestos de aluminio para dispositivos flexibles

- La IA ha ayudado a desarrollar aleaciones con nanopartículas de aluminio que mejoran la flexibilidad y la conductividad en dispositivos electrónicos.

2. Implantes biomédicos personalizados

- Algoritmos de IA están diseñando implantes de aluminio-titanio adaptados a las necesidades de cada paciente, mejorando la biocompatibilidad y reduciendo el tiempo de recuperación.

3. Baterías de ion-aluminio

- Investigaciones impulsadas por IA han demostrado que el aluminio puede ser clave en baterías de carga rápida, más seguras y con menor impacto ambiental.

4. Estructuras aeroespaciales ultraligeras

- Mediante simulaciones de IA, se han desarrollado aleaciones de aluminio-litio que reducen el peso de aeronaves y naves espaciales sin comprometer la resistencia mecánica.

5. Sistemas de almacenamiento criogénico

- La IA ha permitido optimizar el diseño de tanques

de almacenamiento de hidrógeno y oxígeno con aleaciones de aluminio de alta resistencia a bajas temperaturas.

La IA como Aliada del Aluminio

Uno de los grandes aportes de la IA es su capacidad para procesar enormes volúmenes de información en segundos, lo que ayuda tanto a los especialistas como a los curiosos a descubrir nuevas aplicaciones para el aluminio. Gracias a herramientas como Chat-GPT, podemos obtener rápidamente datos sobre propiedades térmicas, reciclabilidad, resistencia a la corrosión y mucho más. Por ejemplo:

- *¿Cuál es la conductividad térmica del aluminio serie 6000 en comparación con el cobre?*
- *¿Qué técnicas actuales permiten mejorar su reciclabilidad?*

Además, los modelos de IA pueden predecir el impacto ambiental de distintos procesos industriales y sugerir formas de hacerlos más sostenibles.

Cómo Formular Preguntas Eficientes a la IA

Uno de los aspectos clave para aprovechar al máximo la IA es saber cómo formular preguntas de manera efectiva, a través de lo que llamamos "prompts". Un prompt es la instrucción que damos a la IA para obtener un resultado específico. Cuanto más preciso y estructurado sea un prompt, mejores serán los resultados obtenidos. Por ejemplo:

- **Prompt básico:** "Dime algunos usos del aluminio."
- **Prompt mejorado:** "Dame una lista de 10 aplicaciones innovadoras del aluminio en la industria aeroespacial y biomédica, considerando sus propiedades como ligereza, conductividad térmica y resistencia a la corrosión."
- **Prompt avanzado:** "Analiza bases de datos científicas y patentes recientes para identificar aplicaciones disruptivas del aluminio en nanotecnología, biomedicina y almacenamiento de energía. Evalúa las propiedades específicas de diferentes aleaciones (series 1000-8000) y plantea cinco usos innovadores con justificación técnica y su impacto en el mercado."

La diferencia entre estos prompts radica en la especificidad y el contexto que proporcionamos a la IA. A medida que mejoramos nuestras preguntas, obtenemos respuestas más precisas y útiles para el análisis y la toma de decisiones.

Cómo aprovechar la IA en la producción de aluminio

Para los productores de aluminio, la IA representa una herramienta poderosa que puede:

- Reducir costos mediante la optimización de procesos productivos.
- Identificar nuevas oportunidades de mercado al analizar tendencias industriales y científicas.
- Acelerar la innovación con simulaciones avanzadas de materiales y procesos.

Precisión y Validación: El Rol del Conocimiento Humano

Si bien la IA es una herramienta poderosa, no es infalible. Sus respuestas dependen de la calidad de los datos con los que ha sido entrenada y pueden contener imprecisiones. Aquí es donde entra en juego el juicio humano: validar la información con fuentes confiables, contrastar resultados y aplicar el conocimiento experto para asegurar decisiones acertadas. Por ejemplo, un ingeniero metalúrgico podría utilizar IA para explorar nuevas aleaciones de aluminio, pero necesitará pruebas físicas y estudios en laboratorio para confirmar sus propiedades reales. La IA no reemplaza la experiencia, pero sí acelera la investigación y expande las fronteras de lo posible.

Conclusión

El aluminio es un material clave en la industria aeroespacial, automotriz, de la construcción y muchas otras. Con el apoyo de la IA, podemos mejorar sus aplicaciones, reducir desperdicios y desarrollar productos más eficientes y ecológicos. La combinación de conocimiento humano e inteligencia artificial nos permite innovar con precisión y velocidad, generando un impacto positivo en la industria y el medio ambiente.

Si aún no has explorado cómo la IA puede revolucionar el uso del aluminio, empieza hoy. Experimenta



con herramientas de IA, consulta bases de datos científicas y únete a la conversación sobre el futuro de este metal en la industria. **¡Bienvenido a la era de la innovación inteligente!**

Ejemplo de respuestas utilizando ChatGPT

¿Cuáles pueden ser usos del aluminio?

Algunos de sus usos más comunes incluyen:

1. Industria Aeroespacial

- Fabricación de fuselajes y alas de aviones.
- Construcción de cohetes y satélites debido a su relación resistencia-peso.

2. Transporte

- Componentes de automóviles, como chasis, motores y llantas.
- Construcción de trenes y barcos para reducir peso y mejorar eficiencia.
- Bicicletas y motocicletas de alto rendimiento.

3. Construcción y Arquitectura

- Ventanas, puertas y fachadas debido a su resistencia a la corrosión.
- Estructuras ligeras y techos.
- Andamios y barandillas.

4. Industria Eléctrica

- Cables eléctricos y líneas de transmisión, por su alta conductividad.
- Carcasas de dispositivos electrónicos y baterías.

5. Empaque y Embalaje

- Latas de bebidas y alimentos por su capacidad de conservación.
- Papel de aluminio para envolver alimentos.

6. Utensilios y Electrodomésticos

- Ollas, sartenes y utensilios de cocina.
- Refrigeradores y hornos.

7. Medicina y Salud

- Prótesis y dispositivos médicos.
- Envases para medicamentos.

8. Energía Renovable

- Estructuras de paneles solares y turbinas eólicas.

9. Industria Militar y Defensa

- Vehículos blindados y chalecos antibalas.
- Misiles y equipamiento táctico.

10. Uso en la Vida Cotidiana

- Muebles, bicicletas y herramientas.
- Letreros y señalización.

¿Cómo se ha usado el aluminio a lo largo de la historia?

Historia del Uso del Aluminio

El aluminio es un metal relativamente moderno en su uso, ya que no se encuentra en estado puro en la naturaleza y su extracción eficiente solo se logró en el siglo XIX. Sin embargo, ha pasado por varias etapas en su descubrimiento y aplicación:

1. Antigüedad: Usos sin Conocimiento del Metal (Antes del siglo XIX)

Aunque el aluminio puro no era conocido, algunos compuestos de aluminio se usaban en la antigüedad:

Egipto y Mesopotamia: Se utilizaban alumbres (sales de aluminio) para teñir telas y purificar el agua.

Imperio Romano: El alumbre se usaba como mordiente en la tintorería y en medicina.

China (Siglo III d.C.): Se cree que usaban compuestos de aluminio en cerámica y pigmentos.

2. Descubrimiento y Primeros Usos del Aluminio (Siglo XIX)

1825: El químico danés Hans Christian Ørsted aisló aluminio impuro por primera vez.

1827: Friedrich Wöhler refinó el proceso y obtuvo pequeñas cantidades de aluminio puro.

1856: Henri Sainte-Claire Deville desarrolló un método para producir aluminio en mayor cantidad, pero seguía siendo muy costoso, más que el oro.

Primeros usos exclusivos:

Se usó en la joyería y la realeza. Napoleón III tenía cubiertos de aluminio para sus invitados más importantes.

En 1884, se fabricó la punta del Monumento a Washington con aluminio, considerado un material raro y prestigioso.

3. Producción Masiva y Expansión Industrial (Siglo XX)

El desarrollo del proceso Hall-Héroult en 1886 permitió obtener aluminio de manera más barata, lo que revolucionó su uso:

Industria y Construcción

En 1903, los hermanos Wright usaron aluminio en el motor de su primer avión.

Durante la Primera Guerra Mundial, se utilizó en aeronaves y

estructuras militares.

En la Segunda Guerra Mundial, la producción de aluminio se disparó para fabricar aviones, tanques y barcos.

Automóviles y Transporte

En la década de 1950, empezó a usarse en autos y bicicletas por su ligereza.

En 1969, la NASA usó aluminio en la construcción del módulo lunar del Apolo 11.

Vida cotidiana

Surgieron latas de aluminio (1959) para bebidas.

Se popularizó en electrodomésticos y utensilios de cocina.

4. Siglo XXI: Aluminio en la Tecnología Moderna

Hoy en día, el aluminio es indispensable en muchas industrias:

Aviación y Espacio: Se usa en cohetes de SpaceX y satélites.

Tecnología: Carcasas de celulares, laptops y baterías.

Sostenibilidad: Se recicla en grandes cantidades para reducir impacto ambiental.

Soy un fabricante de aluminio con amplia experiencia en la producción, optimización y aplicación de aleaciones de aluminio en diversas industrias. Mi enfoque está en la innovación, la eficiencia energética y la sostenibilidad, buscando soluciones que permitan mejorar la competitividad en el mercado. Necesito identificar 10 aplicaciones innovadoras y disruptivas del aluminio en sectores emergentes como: Nanotecnología Biomedicina Almacenamiento de energía Exploración espacial Estoy buscando ideas respaldadas por investigaciones científicas, patentes recientes y tendencias industriales. Quiero aplicaciones que aprovechen las propiedades del aluminio en sus diferentes aleaciones (series 1000-8000), considerando: Resistencia mecánica Ligereza Conductividad térmica Resistencia a la corrosión

El aluminio, gracias a sus propiedades únicas como ligereza, resistencia mecánica, conductividad térmica y resistencia a la corrosión, se posiciona como un material clave en diversas industrias emergentes. A continuación, se presentan 10 aplicaciones innovadoras del aluminio en sectores como la nanotecnología, biomedicina, almacenamiento de energía y exploración espacial, respaldadas por investigaciones científicas,

patentes recientes y tendencias industriales:

• **Nanocomposites de Aluminio para Electrónica Flexible**
Justificación técnica: La incorporación de nanopartículas de aluminio en matrices poliméricas mejora la conductividad eléctrica y térmica, manteniendo la flexibilidad del material.
Impacto en el mercado: Facilita el desarrollo de dispositivos electrónicos flexibles y portátiles, como pantallas plegables y sensores vestibles, ampliando las posibilidades en la electrónica de consumo.

Referencias y fuentes: Investigaciones en nanotecnología aplicada a la electrónica han demostrado mejoras significativas en las propiedades de los materiales mediante la adición de nanopartículas metálicas. Iberdrola

• **Implantes Biomédicos con Aleaciones de Aluminio-Titanio**
Justificación técnica: Las aleaciones de aluminio y titanio presentan una excelente biocompatibilidad y resistencia mecánica, ideales para implantes ortopédicos y dentales.
Impacto en el mercado: Ofrece soluciones más duraderas y ligeras en el ámbito de la salud, mejorando la calidad de vida de los pacientes y reduciendo los costos asociados a reemplazos frecuentes.

Referencias y fuentes: Estudios recientes han desarrollado aleaciones superelásticas de titanio y aluminio capaces de mantener su flexibilidad en un amplio rango de temperaturas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones médicas. Diario AS

• **Baterías de Ion-Aluminio para Almacenamiento de Energía**
Justificación técnica: Las baterías que emplean aluminio como ánodo ofrecen una alta capacidad de almacenamiento y tiempos de carga rápidos, además de ser más seguras y económicas en comparación con las de iones de litio.
Impacto en el mercado: Proporciona una alternativa eficiente y sostenible para el almacenamiento de energía en dispositivos electrónicos y sistemas de energías renovables.

Referencias y fuentes: Investigaciones en nanociencia y nanotecnología han explorado el uso de materiales avanzados como el aluminio en sistemas de almacenamiento de energía. CIC nanoGUNE

• **Estructuras Aeroespaciales con Aleaciones Aluminio-Litio**
Justificación técnica: Las aleaciones de aluminio-litio combinan ligereza y alta resistencia mecánica, reduciendo el peso de las estructuras sin comprometer su integridad.
Impacto en el mercado: Mejora la eficiencia de combustible y aumenta la capacidad de carga en aeronaves y vehículos espaciales, contribuyendo a la sostenibilidad y reducción de

costos operativos.

Referencias y fuentes: La industria aeroespacial ha incrementado el uso de aluminio en un 25% en la fabricación de aviones debido a sus ventajas de resistencia y peso. Global Growth Insights

- *Revestimientos Nanométricos de Alúmina para Protección contra la Corrosión*

Justificación técnica: La aplicación de capas nanométricas de óxido de aluminio (alúmina) en superficies metálicas crea una barrera protectora que mejora significativamente la resistencia a la corrosión y al desgaste.

Impacto en el mercado: Extiende la vida útil de componentes en industrias como la naval, automotriz y de infraestructura, reduciendo costos de mantenimiento y aumentando la seguridad operativa.

Referencias y fuentes: Aplicaciones industriales de la nanotecnología han demostrado mejoras en la resistencia a la corrosión mediante el uso de nanomateriales. Futuro Electrico+2idepa.es+2lberdrola+2

- *Sistemas de Almacenamiento Criogénico con Aleaciones de Aluminio*

Justificación técnica: Las aleaciones de aluminio mantienen su integridad estructural y tenacidad a bajas temperaturas, siendo ideales para tanques de almacenamiento de gases licuados como el hidrógeno y el oxígeno.

Impacto en el mercado: Facilita el desarrollo de infraestructuras para el almacenamiento y transporte de combustibles criogénicos, esenciales en la industria espacial y en aplicaciones de energía limpia.

Referencias y fuentes: La resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas del aluminio lo hacen adecuado para aplicaciones en sistemas de almacenamiento criogénico.

- *Componentes de Robótica con Aleaciones Superelásticas de Aluminio-Titanio*

Justificación técnica: Las aleaciones superelásticas de aluminio y titanio pueden soportar deformaciones significativas y recuperar su forma original, lo que es esencial para componentes robóticos que requieren alta flexibilidad y durabilidad.

Impacto en el mercado: Permite el desarrollo de robots más ágiles y resistentes, capaces de operar en entornos complejos y realizar tareas precisas, ampliando las aplicaciones de la robótica en sectores como la manufactura y la medicina.

Referencias y fuentes: El desarrollo de aleaciones superelásticas de titanio y aluminio ha demostrado mantener su flexibilidad en un amplio rango de temperaturas extremas,

beneficiando aplicaciones en robótica. Diario AS

- *Materiales de Construcción con Espumas de Aluminio Nanoestructuradas*

Justificación técnica: Las espumas de aluminio con estructuras a nanoescala ofrecen una combinación de baja densidad y alta resistencia mecánica, además de excelentes propiedades de absorción de energía.

Impacto en el mercado: Proporciona materiales de construcción ligeros y resistentes, ideales para edificaciones sismorresistentes y estructuras que requieren aislamiento térmico

Referencias:

- Bastech Filters. (s.f.). Filtración avanzada con nanotecnología. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de <https://bastechfilters.com>

- Maspura. (s.f.). Nanotecnología en la filtración de agua. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de <https://maspurawater.com/nanotecnologia-en-la-filtracion-de-agua>

- Micronics Engineered Filtration Group. (s.f.). Filtración para la industria del aluminio. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de <https://www.micronicsinc.com>

- Silver Institute. (2016). Silver News: Silver-Based Nanoparticles for Water Purification. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de https://www.silverinstitute.org/wp-content/uploads/2016/05/SN_SApr2016.pdf

- SciELO Bolivia. (2023). Aplicaciones de nanotecnología en el tratamiento de aguas residuales. Journal of Science and Applied Research. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de https://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a05.pdf

- Universitam. (s.f.). Desarrollan purificadores de agua usando nanotecnología. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de <https://universitam.com/academicos/noticias/desarrollan-purificadores-de-agua-usando-nanotecnologia>

- OpenAI. (2025). ChatGPT: Generación de contenido basado en inteligencia artificial. Recuperado el 30 de marzo de 2025, de <https://openai.com>

Tradicional Comida de Fin de Año 2025

Este año nuestra cita será el próximo

 **20 de Noviembre**  **12:00 hrs**

 **Hacienda de los Morales**

Regístrate



Organizado por:

IMEDAL[®]

Instituto Mexicano del Aluminio, A.C.

INFORMES

email: imedal@imedal.org

Whatsapp: 55-30-69-4577

Tel: 55-5531-2614



**Dr. IQM J. Alejandro
García Hinojosa¹**



**M. en I. Gabriela
González F.²**



Leopoldo Arzate O.²



M. en I. Agustín G. Ruiz T.²

Refinadores de grano: Importancia del contenido de Ti y Ti/B en el potencial de refinación

Acerca de los Autores

1. Profesor Jubilado del Departamento de Ingeniería Metalúrgica Facultad de Química UNAM, 2. Profesores del Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Fac. Química UNAM.

Correos: jagarcia@unam.mx, gab.glz.flores@gmail.com, agustingrt@quimica.unam.mx, leoar.837@gmail.com

Abstract:

En el presente trabajo se presentan las características de refinadores de grano binarios y ternarios en relación a su potencial de refinación. Se cita la diferencia entre la demanda de refinador de grano entre aleaciones metal-mecánicas y aleaciones para fundición. Se citan los principales refinadores de grano aplicados al aluminio y sus aleaciones. Se destaca la diferencia entre refinadores secundarios Al-Ti y ternarios Al-Ti-B en su potencial de refinación y la importancia de la morfología y presencia de las partículas nucleantes presentes en los refinadores de grano.

Introducción

Los refinadores de grano para aleaciones de aluminio actualmente se utilizan en componentes fabricados por procesos metalmecánicos y procesos de fundición. Usualmente los contenidos en las aleaciones metalmecánicas son menores, mientras que las piezas de fundición permiten concentraciones mayores. Las primeras permiten entre 0.02 hasta 0.10 %Ti, las segundas hasta 0.25 %Ti [1]. Al tratamiento de refinación de grano con aleaciones maestras se le denomina "refinación química".

En el caso de las aleaciones metalmecánicas es importante la refinación química debido a que ayudan a controlar el crecimiento durante los recocidos de recristalización en los procesos de laminación y/o extrusión, además de contribuir a las propiedades mecánicas de los componentes obtenidos por estos procesos.

En las aleaciones para fundición: mejoran las condiciones de alimentación, reducen el tamaño de microrechupes y promueven una distribución más homogénea, se reducen los patrones de segregación, se promueven estructuras más homogéneas y colateralmente se mejoran las propiedades mecánicas.

El control del tamaño de grano en las aleaciones de aluminio se realiza incorporando pequeñas cantida-

des de Ti y/o Ti/B, las aleaciones maestras comerciales tienen diferentes composiciones; las hay binarias como las Al-5Ti y Al-10Ti, así como ternarias, las más comerciales son Al-5Ti-1B, Al-3Ti-1B y algunas otras más, así como las más recientes de Al-Ti-C.

Cada una tiene diferente potencial de refinación de grano dependiendo del contenido, tamaño y morfología de las partículas nucleantes, que reducen o eliminan completamente el sobreenfriamiento para la nucleación de la fase primaria $\alpha(\text{Al})$, la figura 1 muestra las curvas de enfriamiento y la macroestructura para la aleación A356 sin y con refinador de grano [2].

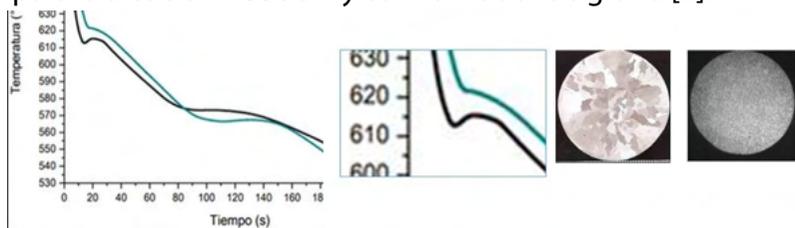


Figura 1. Curva de enfriamiento completa, detalle del sobreenfriamiento y macroestructura de la aleación 356 sin y con tratamiento de refinación de grano.

Refinadores de grano y potencial de refinación

Los refinadores de grano binarios Al-Ti utilizados a nivel industrial, contienen partículas de TiAl_3 , que son las que promueven la nucleación heterogénea durante la solidificación y se obtienen tamaños de grano muy pequeños. La figura 2 muestra la microestructura de la aleación maestra Al-5%Ti con diferentes morfologías de los intermetálicos TiAl_3 .

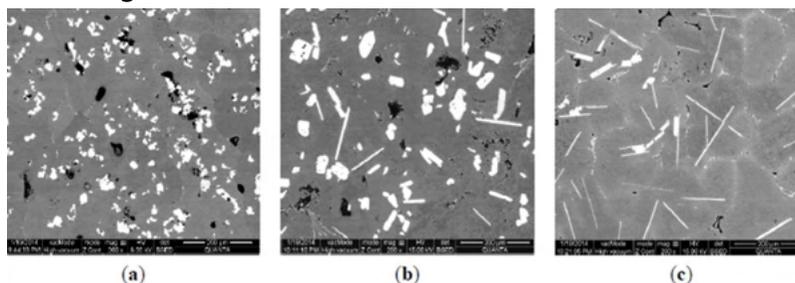


Figura 2. Microestructuras de la aleación maestra Al-5%Ti, mostrando las partículas de TiAl_3 . (a) en forma de bloques, (b) en forma de bloques y agujas, (c) en forma de agujas [3]

El tamaño de grano depende del Ti y/o Ti/B residual que queda en la aleación después del tratamiento, la figura 3 [4], muestra la reducción de tamaño de grano

ASTM en función del contenido residual de titanio, así como la eliminación del sobreenfriamiento.

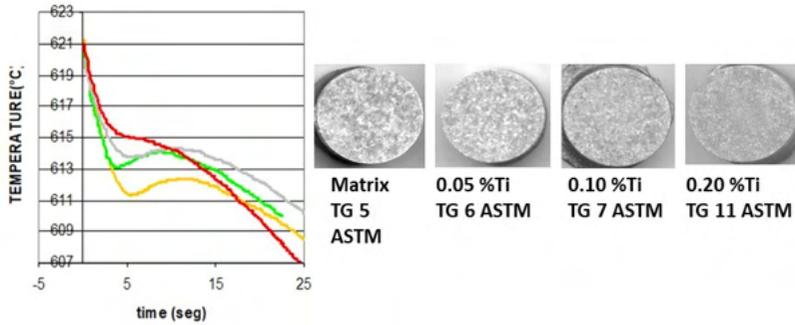


Figura 3. Sobreenfriamiento y tamaño de grano para la aleación 356, en función del contenido de titanio residual: amarillo 0.0 %Ti, Verde 0.05 %Ti, gris 0.10 %Ti y roja 0.15 %Ti.

En el caso de las aleaciones maestras Al-Ti-B, estas contienen dos tipos de partículas que actúan como agentes nucleantes $TiAl_3$ y TiB_2 , las cuales incrementan el potencial de nucleación durante la solidificación. La figura 4, muestra la microestructura de la aleación ternaria Al-Ti-B, mostrando las partículas de $TiAl_3$ y TiB_2 . En general estas tienen potenciales de nucleación más altos por lo que son refinadores más eficientes.

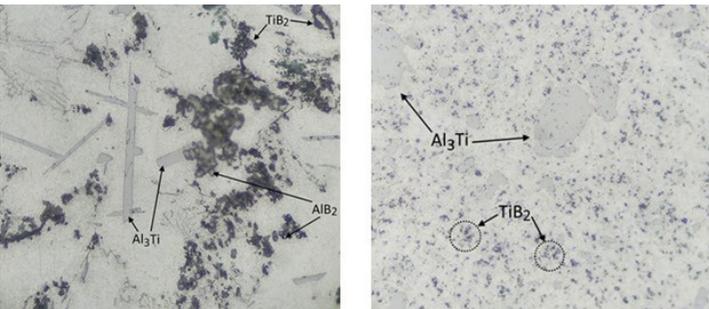
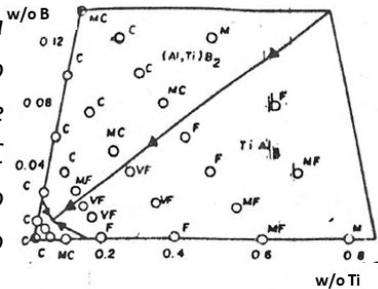


Figura 4. Microestructura de la aleación ternaria Al-5Ti-1B, (a) wafle y (b) barra extruida [4]

La figura 5 muestra una sección del diagrama ternario Al-Ti-B, indicando las relaciones de Ti-B que tienen el mayor poder refinante.

Figura 5. Sección del diagrama ternario Al-Ti-B, mostrando el potencial de refinación de grano, C grano grueso, MC gran medio grueso, M grano medio, F grano fino, VF grano muy fino [5]



Conclusiones y observaciones

En base a lo citado en este trabajo, se concluye lo siguiente:

- Los contenidos residuales de Ti y/o Ti/B son diferentes para la refinación de grano de las aleaciones metalmecánicas y las aleaciones para procesos de fundición.
- El contenido de solo Ti o la combinación de Ti/B es importante en el poder refinante de las aleaciones maestras de aluminio para este propósito.
- Las aleaciones maestras Al-Ti-B muestran un mayor poder refinante que las aleaciones binarias Al-Ti, asociado a la cantidad y tipo de partículas nucleantes que contienen.
- La morfología y distribución de las partículas nucleantes, ya sea solo $TiAl_3$ y/o ambas $TiAl_3$ y TiB_2 , son importantes en el potencial de refinación de grano del aluminio.

Referencias:

1. Designation and Chemical Composition Limits for Aluminum Alloys in the Form of Casting and Ingots, Aluminum Association, December 2015.
2. Manual de Laboratorio de Metalurgia de Aleaciones Coladas de Aluminio, Departamento de Ingeniería Metalúrgica Fac. Química UNAM,
3. Performance Comparison of Al-Ti Master Alloys with Different Microstructures in Grain Refinement of Commercial Purity Aluminum, W. Ding 1,2, X. Xia 1,2,* W. Zhao 1,2. 1School of Materials Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, Gansu, China, 2State Key Laboratory of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials, Lanzhou 730050, Gansu, China, Materials 2014, 7(5), 3663-3676; <https://doi.org/10.3390/ma7053663>
4. Manual de Laboratorio de Interpretación Metalográfica, Departamento de Ingeniería Metalúrgica Fac. Química UNAM.
5. Grain Refinement in Aluminum Alloys with Ti and B, J. Marcantonio, L. F. Mondolfo, Metallurgical Transaction 2, Feb. 1971, 465-471.



**Dr. Mauricio
Ruiz Morales**

Acerca del Autor

Arquitecto por el Tecnológico de Monterrey, maestro en Diseño Arquitectónico por la UNAM y doctor en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos por la UAA. Su trabajo se enfoca en soluciones sustentables en arquitectura y urbanismo con impacto social.

Ha coordinado proyectos estratégicos para INFONAVIT y participado en estudios urbanos y sociales. Dirige el Programa de Arquitectura Bioclimática en la Universidad Politécnica de Aguascalientes y ha sido profesor en diversas universidades del país. Es autor de publicaciones científicas y del libro Casa Sustentable para Comunidades Vulnerables, y ha sido reconocido con premios nacionales por su contribución al diseño sostenible.

Aplicaciones Contemporáneas Del Aluminio en La Construcción: Una Visión desde El Concepto De 'Ordware'

Abstract:

Este artículo explora la relevancia de los procesos constructivos adaptables a los contextos urbanos contemporáneos mediante la aplicación del aluminio en la arquitectura. Basado en el marco conceptual de 'Ordware' desarrollado por el arquitecto brasileño João Filgueiras Lima, conocido como Lelé, el artículo destaca el uso estratégico de componentes industrializados como perfiles de aluminio, para lograr soluciones arquitectónicas rentables, eficientes y de alta calidad.

El enfoque innovador de Lelé buscaba optimizar materiales prefabricados para mejorar tanto la viabilidad económica como la calidad arquitectónica, particularmente en proyectos médicos de gran envergadura como los hospitales de la Red Sarah Kubitschek.

El artículo identifica cinco aplicaciones contemporáneas del aluminio en la construcción—fachadas, carpintería de aluminio, estructuras prefabricadas, sistemas de cubiertas y fachadas dinámicas—y las relaciona con los principios de racionalización y modularidad de Lelé.

Los hallazgos sugieren que la integración del aluminio dentro del marco de 'Ordware' puede contribuir a soluciones arquitectónicas más sostenibles y adaptables a los desafíos urbanos modernos.

Introducción

La arquitectura contemporánea enfrenta el desafío constante de adaptarse a nuevos contextos urbanos caracterizados por la velocidad para edificar, la necesidad de eficiencia energética y la búsqueda de soluciones sostenibles. En este escenario, el aluminio se ha consolidado como un material clave por sus propiedades de ligereza, durabilidad, maleabilidad y reciclabilidad.

Desde la perspectiva de la arquitectura sustentable, es esencial el uso de estrategias bioclimáticas y adoptar

enfoques que permitan la construcción racionalizada y eficiente de espacios habitables. Este principio se refleja en la obra del arquitecto brasileño Joao Filgueiras Lima, conocido como Lelé, quien desarrolló un concepto innovador denominado 'ordware'.

Esta idea se refiere a la organización creativa y eficiente de componentes prefabricados para maximizar su utilidad y reducir costos sin sacrificar calidad arquitectónica. Propone que se utilicen componentes industrializados, que por su volumen de producción pueden ser más económicos, en soluciones constructivas que de otro modo requerirían componentes específicos de alto costo.

El concepto de 'ordware' surge de la necesidad de racionalizar procesos constructivos mediante la prefabricación y la modularidad. Lelé argumentaba que la organización eficiente de componentes prefabricados, podía generar soluciones arquitectónicas económicas y efectivas. Este principio ha encontrado aplicaciones contemporáneas en el uso del aluminio como un material versátil y eficiente en la construcción.

Lelé logró incorporar soluciones económicas a partir de la utilización de componentes industrializados, como perfiles de aluminio y metálicos, en propuestas para concursos. Gracias a este enfoque, obtuvo en diversas ocasiones la oportunidad de desarrollar proyectos de gran envergadura en el área médica, como los Hospitales de la Red Sarah Kubitschek en Brasil.

Su objetivo era desarrollar espacios eficientes utilizando materiales cuyo costo, al ser producidos en grandes volúmenes, resultaba considerablemente más bajo que si se diseñaban específicamente para la solución de un solo componente arquitectónico.

Este concepto se manifiesta claramente con la visión de diseño de Lelé del 'ordware', que prioriza, en la composición arquitectónica, al orden y disposición de componentes dentro de un sistema complejo de relaciones constructivas (Lukiantchuki, 2022).

Algunas aplicaciones contemporáneas del aluminio con “ordware” en la construcción son:

1. Fachadas y Revestimientos: El aluminio se utiliza ampliamente en sistemas de fachadas ligeras, paneles de revestimiento y muros cortina debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y flexibilidad para diseños personalizados. En los hospitales de la Red Sarah, Lelé aplicó el uso de fachadas metálicas que permitían el control de la radiación solar y mejoraban la eficiencia energética de los edificios.

2. Carpintería de Aluminio (Puertas y Ventanas): Este material ofrece excelentes propiedades térmicas y acústicas cuando se combina con sistemas de ruptura de puente térmico, esenciales en edificios de alta eficiencia energética. Lelé utilizó ventanas de aluminio con diseños específicos que permitían una ventilación cruzada eficiente (ver Imagen 1) y facilitaban la iluminación natural, mejorando las condiciones ambientales internas en hospitales y centros de rehabilitación.

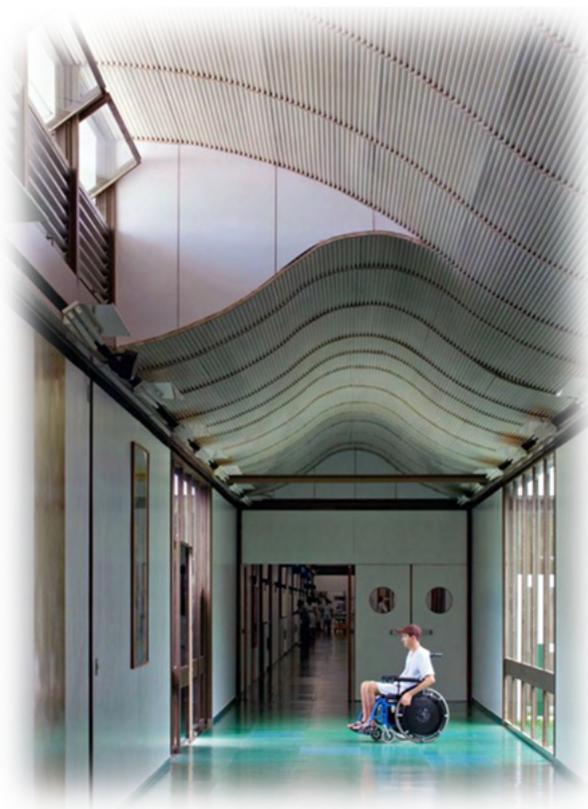


Imagen 1: Interior / Cancelería para ventilación cruzada de Sarah Kubitschek Hospital Salvador, Lelé - Salvador/BA, 1994. Autor: Nelson Kon

3. Estructuras Prefabricadas y Módulos: La ligereza del aluminio facilita su uso en estructuras modulares y prefabricadas, permitiendo ensamblajes rápidos y eficientes (ver Imagen 2). Este enfoque es evidente en la Red Sarah, donde Lelé usó módulos prefabricados de aluminio para agilizar la construcción y facilitar su mantenimiento.

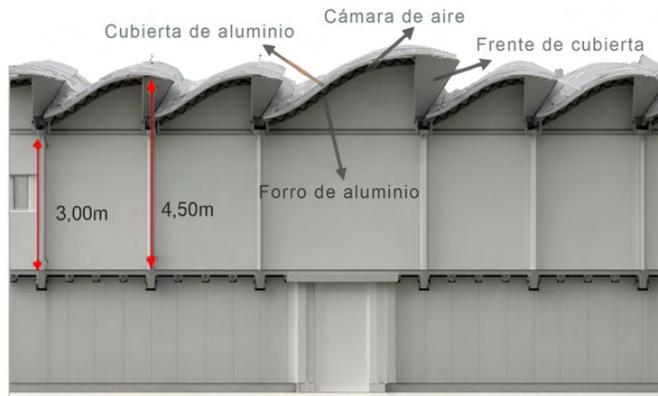


Imagen 2: Corte arquitectónico de Sarah Kubitschek Hospital Salvador, Lelé - Salvador/BA, 1994. Autor: Mauricio Ruiz

4. Cubiertas y Sistemas de Sombreado: Los paneles de aluminio se utilizan en cubiertas y dispositivos de sombreado debido a su resistencia y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, contribuyendo al control climático pasivo. En proyectos como el Hospital Sarah de Salvador, Lelé implementó cubiertas con componentes metálicos que proporcionaban protección solar y facilitaban la ventilación natural (ver imagen 3).



Imagen 3: Fachada de Sarah Kubitschek Hospital Salvador, Lelé - Salvador/BA, 1994. Autor: Nelson Kon

5. Sistemas de Movilidad y Fachadas Dinámicas:

El uso de aluminio en componentes móviles y sistemas cinéticos permite adaptaciones arquitectónicas para responder a diferentes condiciones ambientales y de uso. Lelé incorporó sistemas de particiones móviles y elementos estructurales que facilitaban la flexibilidad espacial en sus hospitales, adaptando áreas según las necesidades específicas de rehabilitación de sus pacientes (ver imagen 4).

En el futuro, la integración de conceptos como el 'ordware' en la utilización del aluminio puede abrir nuevas posibilidades para la arquitectura sustentable, especialmente en entornos urbanos que demandan adaptabilidad y eficiencia.



Imagen 4: Fachada con parteluces de aluminio de Sarah Kubitschek Hospital Salvador, Lelé - Salvador/BA, 1994. Autor: Nelson Kon

Conclusión

El pensamiento de Lelé sobre la organización eficiente de componentes prefabricados, puede servir como base conceptual para el uso racionalizado del aluminio en la construcción contemporánea.

La flexibilidad y adaptabilidad de este material, permite su aplicación en un amplio rango de soluciones arquitectónicas innovadoras, especialmente en proyectos que buscan un balance entre eficiencia, sostenibilidad y economía.

Referencias:

Lukiantchuki, M. (2022). João Filgueiras Lima, Lelé: O conforto ambiental como o principal norteador do projeto de arquitetura. Revista Jatobá, 4, e-74780.

Kon, N. (1985). Hospital Sarah Kubitschek, Salvador [Fotografías]. Nelson Kon Photography. Recuperado el 2 de abril de 2025, de <https://www.nelsonkon.com.br/en/hospital-sarah-kubitschek-salvador/>

El Ciclo eficiente: Reciclabilidad y Nuevas aplicaciones del Aluminio en la Industria Moderna



David Brito

Acerca del Autor

Ingeniero mecánico egresado de ESIME, Instituto Politécnico nacional. Global MBA en ESDEN Madrid. 12 años de experiencia en distintos tipos de industria, 7 años de experiencia en equipos de pruebas no destructivas, entre ellas análisis químico por XRF y LIBS. Aplicaciones en metalurgia, reciclaje, automotriz, minería, oil & gas, entre otros. Actualmente director general de iT3 enfocado en servicios y comercialización de XRF y LIBS.

Abstract:

Este artículo presenta las aplicaciones más innovadoras del aluminio en nuestra época, enfocándose en su potencial de reciclaje y sostenibilidad. Se analizan sectores como automotriz, aeroespacial, energía, artículos de consumo, entre otras. Destacando como las nuevas aleaciones permiten reducir el impacto ambiental sin comprometer el rendimiento y mejorando las condiciones ambientales. También se explora el papel de tecnologías como XRF y LIBS en el análisis preciso del aluminio reciclado.

Introducción

El aluminio es uno de los materiales clave en la transición hacia una industria más sostenible. Su bajo peso, resistencia a la corrosión y alta conductividad lo hacen indispensable en sectores estratégicos como el transporte, la construcción, la energía y el embalaje. Sin embargo, es su **alta reciclabilidad sin pérdida de propiedades** lo que lo convierte en un pilar fundamental de la economía circular.

Importancia del Aluminio en la Economía Circular

En los últimos 5 años se ha tenido un gran avance y una gran tendencia con este tema de economía circular; hablando sobre el aluminio a diferencia de otros metales, éste puede reciclarse indefinidamente con apenas el 5% de la energía que requiere la producción de aluminio primario. Esto ha impulsado una tendencia

creciente a recuperar chatarra de aluminio de diversas fuentes: fundiciones, automóviles fuera de uso, residuos electrónicos e incluso latas de consumo masivo, perfil, scrap industrial en general, entre otros.

Las plantas de reciclaje modernas no solo recuperan metal, sino que clasifican aleaciones específicas gra-

cias a tecnologías avanzadas de análisis elemental, permitiendo su reintroducción en procesos industriales de alto valor agregado.

Hace una década, la clasificación básica era la única opción con analizadores portátiles. Hoy en día, gracias a detectores de rayos X de alto rendimiento y unidades láser, es posible realizar clasificación fina en segundos. SciAps Inc ha desarrollado unidades XRF que miden Mg y Si hasta 10 veces más rápido que otras, permitiendo la clasificación fina entre 1 a 3 segundos. Esto ha mejorado el rendimiento y la precisión del reciclaje de aluminio. Los errores en la clasificación del aluminio reciclado puede tener las siguientes consecuencias:

Pérdidas económicas:

- Las aleaciones de alta calidad pueden venderse a un precio más bajo teniendo pérdidas.
- Mezclas incorrectas de aleación con elementos dañinos para las aleaciones que pueden llevar a rechazos por parte del comprador.

Retrabajo y reprocesamiento:

- El material mal clasificado puede necesitar volver a ser analizado o reprocesado, aumentando costos.

Daño a la reputación del proveedor:

- Entregar material incorrecto puede afectar la confianza del cliente y provocar la pérdida de contratos.

Problemas en la cadena de producción:

- Si el aluminio incorrecto se usa en procesos posteriores (como fundición), puede generar defectos en los productos finales.

Las técnicas de espectrometría como **XRF (Fluorescencia de Rayos X)** o **LIBS (Espectrometría de Emisión Óptica por Láser)** permiten clasificar aleaciones con precisión, incluso en ambientes exigentes o en procesos automatizados de separación.



HOW WE GOT HERE & WHERE WE'RE HEADED



Avances Tecnológicos en Aleaciones Reciclables

Con la creciente tendencia y presión por reducir la huella de carbono, la industria ha desarrollado nuevas aleaciones optimizadas para el reciclaje. Series como las **3xxx, 5xxx, 6xxx y 7xxx** ahora se diseñan no sólo con desempeño mecánico, sino también con **capacidad de separación, fundición y reutilización** como parte integral del ciclo. Estas aleaciones

han sido mejoradas en los últimos 5 años para ciertas aplicaciones en específico siendo orientadas también a mayor eficiencia energética y sostenibilidad.

Estas novedades han impulsado el desarrollo tecnológico en industrias clave como lo son la aeroespacial, la automotriz, la electrónica, la de la construcción y en la de energías renovables.

Aeroespacial: Esta industria ha sido impulsora de la creación de nuevas aleaciones debido al gran impacto de las propiedades del aluminio en la mejora de eficiencia para transbordadores espaciales. Se han creado aleaciones de aluminio-litio de última generación que se emplean en fuselajes y tanques de combustible gracias a su alta resistencia y baja densidad. Asimismo, se han creado aleaciones de serie 7xxx de ultra-alta resistencia que fueron inicialmente

empleadas en aviones militares para incrementar la resistencia a la fatiga con tolerancia al daño.

Automotriz: Se han desarrollado aleaciones de la serie 7xxx, que ha logrado una disminución de hasta 40% el peso de los componentes estructurales, diseñada para partes de seguridad que requieren alta resistencia, incluyendo vehículos eléctricos mejorando la seguridad e incrementando la autonomía de los automóviles, siendo ahora una tendencia para reducir el peso y por tanto el consumo energético.

Industria electrónica y de consumo: Esta industria también ha sido beneficiada especialmente en cuanto a diseño de productos, disipación térmica y sostenibilidad.



Como bien hemos visto en la mercadotécnica, algunos dispositivos de última generación como celulares, laptop, relojes inteligentes, etc. se anuncian que tienen carcasa de aluminio. Esto debido a su alta calidad y vista más atractiva en los acabados y al mismo tiempo es sostenible para las empresas ya que emplean aluminio reciclado en más de un 50% para la fabricación de carcasas y armazones. Pueden tener mayor rigidez y resistencia, menor peso y así se mantiene la integridad de los dispositivos que son de uso frecuente.

En temas de electrónica el aluminio ha sido utilizado para disipar el calor de algunos equipos electrónicos, este material ayuda a mantener una temperatura homogénea en toda la carcasa y que no se enfoque en ciertas piezas como tarjetas electrónicas que pueden

ser dañadas fácilmente. Esto permite tener equipos de mayor potencia que trabajen a mayores temperaturas sin correr el riesgo de que puedan sufrir daños severos. También pueden ser utilizados en cables de alta tensión debido a su relación de peso y conductividad, manteniendo la resistencia y mejorando la evacuación del calor.



Construcción: El sector de la construcción, específicamente en la arquitectura se han utilizado aleaciones especialmente de la serie 6xxx para estructuras, fachadas y soportes ligeros. Siendo un material fácil de manejar y maleable es resistente a cargas internas y fuerzas externas como vientos fuertes. Se ha promovido en edificios modernos sostenibles donde se emplea mayormente aluminio reciclado y de esta manera tiene un mejor impacto ambiental completando un ciclo verdaderamente circular en la industria.

Energías renovables: Las tecnologías renovables y almacenamiento energético también se han visto favorecidas con el desarrollo de nuevas aleaciones en materiales. Los sistemas solares y eólicos, específicamente en turbinas y ciertos componentes, están contruidos en gran parte de este material para tener estructuras de soporte ligeras en el caso de parques eólicos que tienen gran altura y están sometidos a

grandes fuerzas del viento. La resistencia mecánica es clave en este sector

En cuanto al almacenamiento de energía, las baterías de ion-litio contienen aleación de aluminio de la serie 1xxx casi puro, combinadas ligeramente con Fe para mejorar la resistencia a la corrosión en electrolito, permitiendo que estas sean más duraderas. Existen otras aplicaciones en la que la innovación en procesos y aleaciones ha abierto paso a aplicaciones sostenibles como la industria del empaque, envases retornables y reciclables que cumplen con regulaciones ambientales y estándares de seguridad alimentaria.

Rol del Análisis y Caracterización del Aluminio Reciclado

La eficiencia del ciclo del aluminio no sería posible sin una correcta inspección y clasificación del material como se mencionó en el título de economía circular. Aquí, tecnologías como los **espectrómetros portátiles SciAps** han revolucionado la industria al permitir **identificación in situ de aleaciones**, incluso diferenciando entre grados de aluminio críticos en su clasificación como bajo, medio, alto silicio y magnesio.

El uso de analizadores LIBS ha cobrado fuerza por su capacidad para detectar elementos ligeros como **litio, magnesio o silicio**, esenciales en nuevas aleaciones. Esto permite mantener el control de calidad y asegurar que el aluminio reciclado cumpla con las especificaciones requeridas por cada industria.

Desafíos Técnicos y Oportunidades Futuras

A pesar de los avances, persisten desafíos: separación eficiente de metales mezclados, reducción de contaminantes como hierro o plomo que pueden ser no deseados en concentraciones altas para nuestras aleaciones (dependiendo de la aplicación), y estandarización de nuevas aleaciones recicladas. No obstante, el desarrollo de **inteligencia artificial**

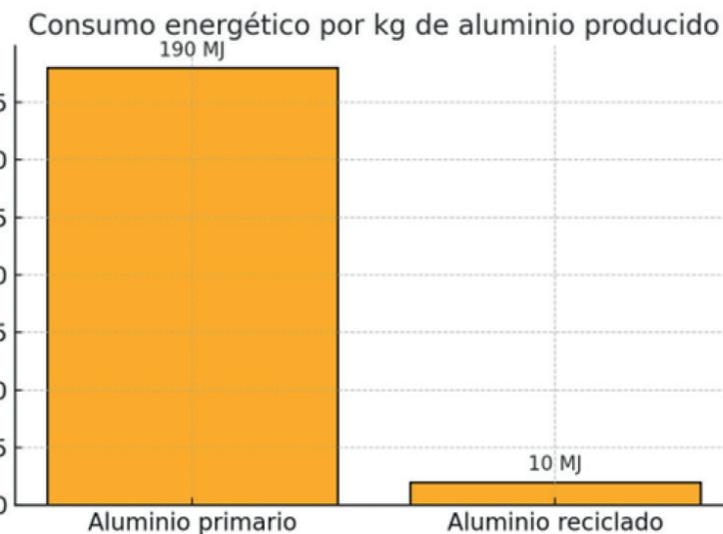
aplicada a sorting, junto con el **análisis portátil y automatizado**, promete cerrar aún más el ciclo.

Además, la integración de procesos de análisis en tiempo real en fundiciones y centros de reciclaje, permitirá mejorar los márgenes de rentabilidad, reducir desperdicios y acelerar los ciclos de producción.

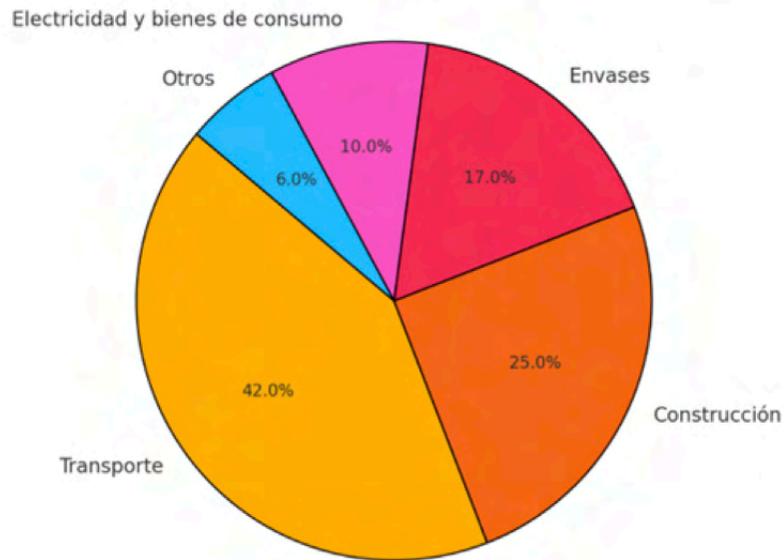
Conclusión

El aluminio representa una de las mayores oportunidades para conjugar innovación técnica con sostenibilidad real, no solo enfocando en sus propiedades técnicas sino también es clave en la transformación que lleva la humanidad en crear conciencia industrial y social.

Conocer sobre las diversas aplicaciones y utilización de este metal, nos hace valorar el impacto ambiental que tenemos las personas en un mundo consumidor. Cada vez que hablamos de utilizar un mejor material para una aplicación innovadora nos lleva hacia una industria más limpia, eficiente y responsable.



Uso del aluminio reciclado por sector (Europa, 2020)



Referencias:

European Aluminium Association. Recycling Aluminium: A Pathway to Sustainability. 2020.[Salto de ajuste de texto]<https://european-aluminium.eu/resource-hub/>

The Aluminum Association. Aluminum Recycling Facts. 2023.[Salto de ajuste de texto]<https://www.aluminum.org/Recycling>

N. Boin, M. Bertram. "Melting Standardized Aluminum Scrap: A Mass Balance Model for Characterizing the Recycling Process." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, Issue 11-12, 2007, pp. 1056–1066.

H. Friedrich, S. Hörsch. *Lightweight Materials for Automotive Applications.* Springer, 2017.

SciAps Inc. LIBS Applications in Aluminum Alloy Analysis: Technical White Paper, 2023.[Salto de ajuste de texto]<https://sciaps.com>

Reducción aluminotérmica: Una alternativa para el reciclaje de baterías Alcalinas recicladas para la fabricación de aleaciones de Aluminio



Dr. Jesús Torres Torres

Acerca del Autor

Investigador Cinvestav 3C. Línea de investigación: Ingeniería de Fundición. Cinética y fisicoquímica de procesos a alta temperatura. Tratamientos térmicos.



Dr. Alfredo Flores Valdés

Acerca del Autor

Investigador Cinvestav 3C. Línea de investigación: Tratamiento de metales líquidos, procesos de refinación de metales, termodinámica y cinética metalúrgicas.



Alejandra Aranda Bautista

Acerca del Autor

Ing. Química Metalúrgica egresada de la Universidad de Colima. Actualmente estudiante de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Metalúrgica y Cerámica en el Cinvestav.

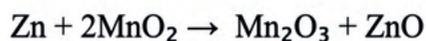
Abstract:

Las baterías son una fuente de energía que se produce a partir de reacciones químicas, pero al finalizar su vida útil se convierten en residuos peligrosos al ser desechadas. Una pila alcalina descargada puede liberar metales tóxicos como manganeso y zinc que, al deteriorarse con la humedad, afectan tanto al ecosistema como a los seres humanos. Por ello, es esencial implementar tecnologías que aseguren su manejo adecuado, como la recolección y confinamiento seguro, o mediante el reciclaje de sus metales. Uno de los métodos destacados es el proceso metalotérmico, que permite recuperar estos metales usando aluminio secundario.

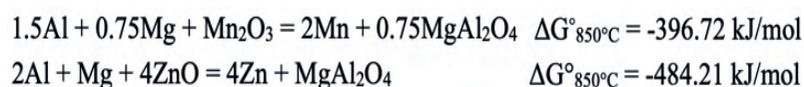
Contaminación por baterías alcalinas

El deterioro del medio ambiente, en mayor parte causado por la actividad humana, ha impulsado el desarrollo de diversos estudios para el manejo de sustancias tóxicas para reducir o eliminar la contaminación. Las pilas alcalinas representan un claro ejemplo, su alta toxicidad sumada al gran volumen que se desechan exige soluciones efectivas para su manejo.

Estas baterías, tienen una duración de tres o más veces mayor que otras pilas comunes, están compuestas por elementos activos contenidos en envases metálicos o plásticos, separadores de papel, cartón y materiales de presentación comercial. Estas baterías usan un sistema electroquímico en el cual el Zn y MnO₂ son el ánodo y el cátodo respectivamente, la reacción global en una pila alcalina se representa por:



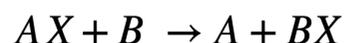
Así, en una pila descargada, los productos son ZnO y Mn₂O₃. Para su recuperación mediante reducción metalotérmica con aluminio secundario y magnesio, se proponen las siguientes reacciones:



Tecnologías aplicadas para el manejo de pilas y baterías

Afortunadamente, se han desarrollado diversas tecnologías para el manejo seguro y responsable de pilas descargadas, tales como la recolección, estabilización, confinamiento, el vitrificado y ceramización así como el reciclaje de componentes mediante procesos como la reducción metalotérmica de óxidos [1].

Este último método consiste en la reducción de sus óxidos o haluros utilizando metales como agentes reductores. Generalmente estas reacciones pueden ser expresadas por la siguiente ecuación [2]:



Donde X es el oxígeno, cloruro o fluoruro mientras que A y B representan los dos metales.

La característica principal de este proceso es que el metal que se está reduciendo se obtiene en forma sólida o líquida, a diferencia de otros procesos que generan productos gaseosos como CO, CO₂ o H₂O. Este proceso es utilizado cuando la reducción con carbón, hidrógeno o por electrólisis de una solución acuosa no es posible. Entre los metales más comunes están el Aluminio, Calcio y Magnesio [2].

Aleaciones de Aluminio a partir del reciclado de latas de aluminio

El aluminio es el segundo material más usado para envases metálicos, después del acero, debido a su ligereza, maleabilidad, resistencia a la oxidación, impermeabilidad a gases y radiaciones. Sin embargo, presenta baja resistencia a ácidos y bases fuertes, a menos que esté protegido con recubrimientos de cera o laca.

Las latas de bebidas han sido optimizadas para reducir costos, minimizar residuos y mejorar su rendimiento mediante el ahorro de material. Su reciclaje permite ahorrar un 95% de la energía necesaria para producir aluminio a partir de la Bauxita. Mientras que la producción primaria requiere cerca de 180 GJ/tonne-

lada, el reciclaje solo consume 8 GJ/tonelada. Por lo tanto, reciclar 1 kg de aluminio evita el uso de 8 kg de bauxita, 4 kg de productos químicos y 14 kW de electricidad [3].

Métodos para la adición de polvos en el proceso metalotérmico

Durante la fusión de aluminio secundario, la adición de polvos es una práctica ampliamente usada para remover impurezas, eliminar escoria y proteger el metal líquido de la oxidación [4, 5]. Existen diferentes métodos para la adición de polvos en metales fundidos, entre los cuales podemos encontrar los siguientes:

Métodos mecánicos: los polvos son adicionados directamente al metal fundido y el baño puede ser agitado mecánicamente. Sin embargo, muchos polvos quedan en la superficie sin reaccionar con el metal, por lo que solo se trata la parte superior del baño. Cuando la agitación es manual, se obtiene una baja reproducibilidad de resultados y un pobre contacto polvo-metal fundido. La Figura 6 muestra un diagrama esquemático de este método de adición [6, 7].

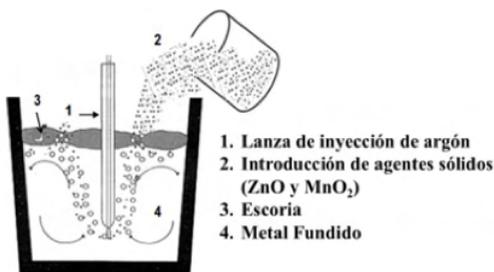
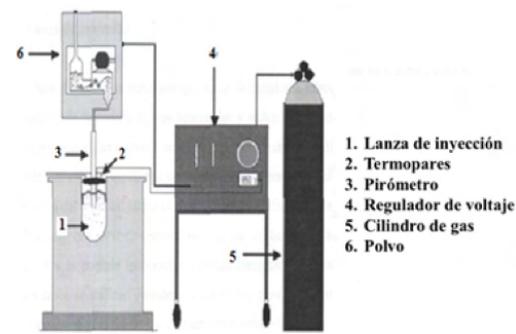


Figura 6. Diagrama esquemático método mecánico de adición de polvos.

Métodos de inyección: consiste en adicionar polvos en el seno del baño fundido utilizando un gas inerte como acarreador (Argón o Nitrógeno) [8, 9]. En estos métodos se obtiene un aumento en la eficiencia y una disminución en el tiempo del tratamiento debido a que se incrementan los tiempos de contacto entre la partícula y el metal fundido. En la Figura 7 se muestra el esquema del equipo utilizado para la inyección de polvos.

Figura 7. Diagrama esquemático del equipo usado para la inyección de polvos [8].



Conclusiones

Este artículo presenta una revisión del estado del arte del reciclaje de baterías alcalinas y de las latas de aluminio mediante reducción aluminotérmica. Este proceso permite el reciclaje de dos materiales: electrodos de baterías alcalinas descargadas y latas para bebida, por lo que es factible la obtención de aleaciones base aluminio Al-Mn y Al-Zn-Mg. La incorporación de los óxidos metálicos como ZnO y Mn₂O₃, puede realizarse mediante agitación mecánica o inyección sumergida. Cabe destacar que este proceso cuenta con una patente registrada en España, lo que respalda su viabilidad técnica.

Referencias:

1. Environment Canada. Report EPS 4/CE/1, 1991.
2. John E. Hatch. Aluminum Properties and Physical/Metallurgy. American Society for Metals USA. 1984, pp. 200-204.
3. Metals Handbook, 9th Edition. Vol. (15). "Nonferrous Molten Metal Process". ASM, U.S.A., 1990, pp. 62-67.
4. St. Louis, Missouri Metal Container Corporation; US Patent 456345, 2005.
5. Tesis Consultores S.C, "Precios de los materiales recuperados a través de la pepena", Instituto Nacional de Ecología, México, 2002.
6. R. Muñiz, F. Valdez. "Mecanismos de Reducción Sólido-Líquido que Ocurre Durante la Remoción de Magnesio de la Chatarra de Aluminio", Tesis de Maestría, Cinvestav-IPN, Unidad Saltillo, México, 2005, pp. 55-60.
7. D. V. Neff. "The Benefits of Flux Injection Combined with Rotor Dispersion for Producing Clean Aluminum Casting Alloys". Proc. Of 3rd International Conference on Molten Aluminum processing. Orlando Florida, USA. 1992, pp. 387-405.
8. J. E. Gruzleski, B. M. Closset. "The Treatment of Liquid Aluminum-Silicon Alloys". A.F.S. USA. 1990, pp. 1-6.
9. J. Szekely and N.J. The. Torres, "Rate Phenomena in Process Metallurgy, Wiley and Sons, Inc. 1971, pp 369-371.



El **Instituto Mexicano del Aluminio**
da la más cordial bienvenida al

Ing. Eugenio Clariond Rangel,
quien asume el cargo de Presidente del
IMEDAL.

Agradecemos al

Lic. Eugenio Salinas Morales
y a su **Consejo Directivo** por su liderazgo,
compromiso y logros alcanzados durante su
gestión en el periodo 2023–2025.

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA 2025 **28 de Abril**

Nuestro día comenzó con un cálido recibimiento por parte del equipo del IMEDAL a los asistentes, quienes realizaron su registro alrededor de las 12:30 horas en el Club Industrial en Sn Pedro N.L., en el “Salón Panorámico”.



Inicio de Sesión. Instaurando la Asamblea en segunda convocatoria. Presidida por el Lic. Eugenio Salinas



Asamblea sesionando en pleno

La jornada inició con un mensaje de bienvenida por parte del presidente del Consejo del Instituto, el Lic. Eugenio Salinas Morales, acto seguido se realizó la designación y aprobación de los escrutadores, Lic. Carla Suárez, C.P. Miguel Ángel Luna, y del secretario de la Asamblea, el Ing. Francisco Ruíz Maldonado.



Informe de Tesorería y Auditoría a cargo del Tesorero C.P. Miguel Ángel Luna

Posteriormente, se llevó a cabo la presentación, discusión y aprobación del informe de Tesorería correspondiente al ejercicio 2024, a cargo del tesorero. La auditora externa, C.P. Ma. Araceli Pérez Aguilar, del Despacho Cardona Vargas y Asociados, S.C., procedió a dar lectura al dictamen correspondiente al periodo

comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2024, informando así a la Asamblea del estatus del Instituto.

Asimismo, se presentó el informe de actividades desarrolladas por el Consejo Directivo durante el periodo 2024- 20.25, iniciando con un video y posterior presentación a cargo de la Directora Artemisa Alba. Seguido de la presentación, discusión y aprobación del presupuesto de ingresos y egresos para el ejercicio 2025-2026, presentado por el Vicepresidente Fernando García.

Con base en el Orden del día, se procedió por parte del Secretario Francisco Ruiz, a la presentación de la propuesta y consideración a votación de la nueva plantilla, para Presidente como Consejo Directivo 2025-2026.



Informe de Auditoría Externa - Despacho Cardona Vargas y Asociados, S.C.

La Asamblea en pleno, votó por unanimidad la propuesta en donde se nombra al Ing. Eugenio Clariond Rangel como nuevo Presidente del IMEDAL.

A continuación se muestra el Consejo Directivo 2025-2026

Consejo Directivo 2025-2026 I M E D A L

CARGO	NOMBRE	EMPRESA
Presidente:	Eugenio Clariond Rangel	Cuprum
Secretario:	Rodrigo Sanchez Revilla	Alyex Aluminum
Tesorero:	Miguel Angel Luna Rodríguez	Azinsa Aluminio
VP (Materias Primas) Suplente:	Mario Sergio Ramirez Zablah Limón Alejandro de Jesus Martin Guerra Moreno	Arzyz Servicios
VP (Extrusión) Suplente:	Felipe Martinez Guajardo Gustavo Talancón Gómez	Indalum
VP ("Die Casting") Suplente:	Marcelo Ortiz Vazquez Benjamín González Tovar	Nemak
VP (Aluminio Plano) Suplente:	Mauricio Morales Zambrano Juan Morales Zambrano	Galvaprime
VP (Enlace Miembros) Suplente:	Francisco Javier Ruíz Maldonado Leonel Rivera Medina	Fracsa Alloys México
Consejero Enlace Institucional: Suplente	Carla Adriana Suárez Flores David Garza Herrera	Vialutek
Consejero I Suplente	Jaime Puente Sánchez Ezequiel Vivas O'Connor	Bocar Servicios
Consejero II Suplente:	Arnulfo Muzquiz Cantú Javier Alejandro Ruiz Alanis	Cuprum
Consejero III Suplente:	Carl Albert Grobien Suárez Carlos Eduardo Puente Tostado	Kloeckner Specialty Metals de México
Consejero IV Suplente:	Joaquín González Sánchez Rubén Mario Chávez González	Grupo Occidente
Consejero V: Suplente	Hugo Gomez Sierra Victor Villalobos Ruiz	Conalum
Consejero VI Suplente	Jose Valencia Castrejón Ivette Autrique Ruiz	Promotora Industrial GIM
Consejero VII Suplente	Fernando Elizondo Moran Susana Elizondo Anaya	Vasconia Brands

Ver Abr 28, 2025.

En IMEDAL hacemos un reconocimiento y agradecemos la gran labor realizada en su gestión al Lic. Eugenio Salinas y damos la más cordial bienvenida al Ing. Eugenio Clariond como Presidente, y estamos seguros de que su gestión dará continuidad al plan de trabajo del IMEDAL, manteniéndolo presente como organismo representativo de nuestra Industria del Aluminio.

De acuerdo a protocolo se procedió a la toma de protesta al nuevo Consejo Directivo, este acto fue encabezado por el Presidente Alejandro Malagón Barragán de la CONCAMIN, quien nos honró con su presencia en esta sesión de Asamblea y a quien agradecemos por su intervención y asistencia.



La jornada concluyó con una exquisita comida de tres tiempos, marcando así el cierre de los trabajos la Asamblea.

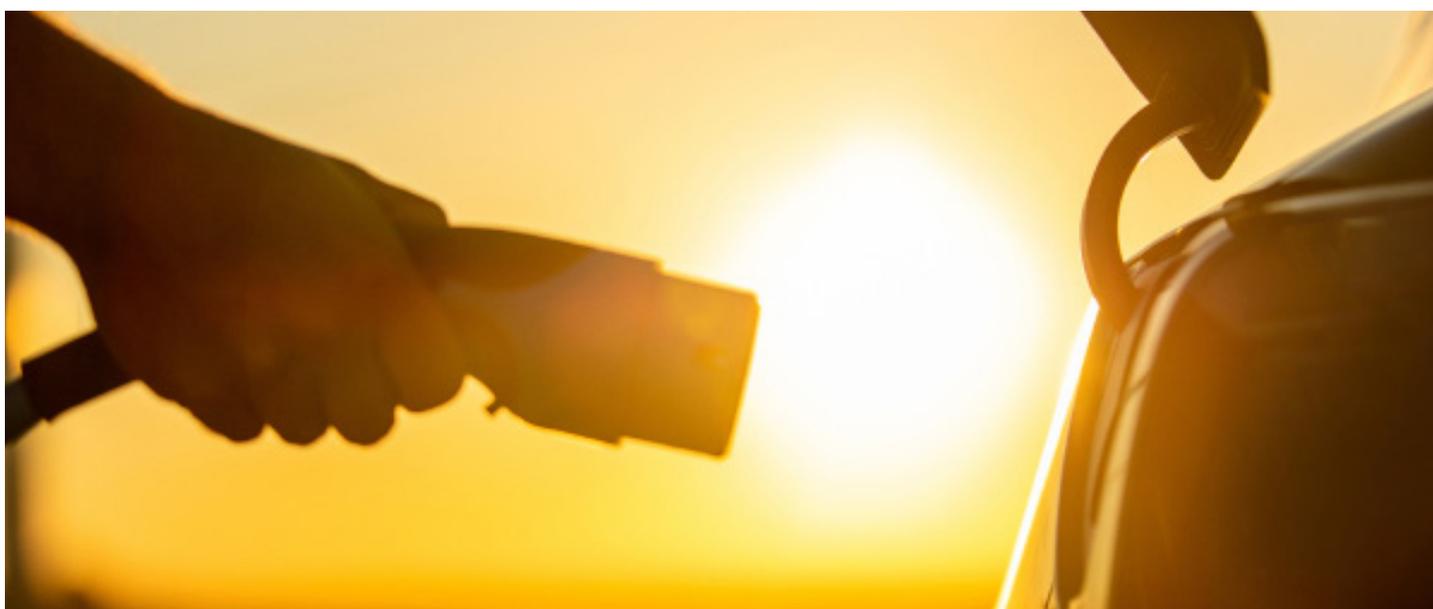
Toys



Baterías de ion-aluminio: una alternativa segura, sostenible y prometedora al litio



Las baterías de ion-aluminio (AIBs) están emergiendo como una alternativa más segura, sostenible y económica frente a las baterías de litio convencionales. Entre sus principales ventajas destaca una vida útil considerablemente más larga, lo que las convierte en candidatas ideales para aplicaciones como el almacenamiento energético a gran escala y la electromovilidad.



Un equipo de investigadores ha desarrollado una nueva batería de ion-aluminio que podría transformar el panorama energético. Aunque aún se requieren estudios adicionales para perfeccionar la tecnología, los resultados preliminares son muy alentadores.

Uno de los avances clave ha sido la incorporación de una sal de fluoruro de aluminio (AlF_3) al electrolito, lo que permite transformarlo en un electrolito en estado casi sólido. Esta innovación mejora significativamente la estabilidad térmica y química del sistema, eliminando los riesgos de fuga y degradación que presentan los electrolitos líquidos tradicionales. A diferencia de las baterías de litio, las ALBs utilizan un metal abundante, de bajo costo y no inflamable, lo que reduce tanto los riesgos de incendio como el impacto ambiental de su producción.

Anteriormente, los intentos por estabilizar los electrolitos en baterías de aluminio se enfocaban en geles poliméricos o compuestos metalo-orgánicos, pero estos métodos presentaban limitaciones como baja conductividad iónica y escasa estabilidad térmica. La solución con AlF_3 no solo mejora la movilidad de los iones de aluminio, sino que también incrementa la seguridad y la vida útil del sistema.

Otra mejora relevante fue el recubrimiento de los electrodos con una capa de carbonato de fluoroetileno. Este diseño evitó la formación de cristales metálicos de aluminio, que suelen degradar la batería con el tiempo. Como resultado, las nuevas celdas alcanzaron una impresionante durabilidad de 10.000 ciclos manteniendo más del 80% de su capacidad, lo que equivaldría a que un vehículo eléctrico con una autonomía de 300 km por carga pueda recorrer más de 3 millones de kilómetros antes de notar una pérdida significativa de rendimiento.

Además, la eficiencia coulombica —indicador clave del desempeño de una batería— se mantuvo cerca del 99% tras los 10.000 ciclos, un rendimiento que rivaliza con el de las mejores baterías de litio actuales y representa un gran avance en la química del ion-aluminio.

Las pruebas de seguridad también fueron notables. La batería operó sin fallos en un amplio rango de temperaturas (entre 40 °C y 200 °C), y al ser expuesta directamente a una llama de 1,000 °C, no se incendió. Incluso al perforar su lámina interna de aluminio, la celda no emitió humo, calor ni presentó fugas térmicas.

Desde el punto de vista ambiental, el nuevo sistema también destaca: el 80% de la estructura de AlF_3 puede reciclarse, lo que reduce considerablemente los costos de producción y mejora la sostenibilidad general. Los investigadores anticipan que esta tasa de reciclaje podría incrementarse aún más en procesos industriales a gran escala.

A pesar de estos avances, aún quedan desafíos por resolver, como aumentar la densidad energética, mejorar aún más la estabilidad del electrolito y desarrollar procesos de fabricación escalables y económicamente viables.

No obstante, si esta línea de investigación continúa progresando, las baterías de ion-aluminio podrían consolidarse como una verdadera alternativa al litio, ofreciendo una solución más segura, rentable y sostenible para sectores clave como la movilidad eléctrica y el almacenamiento de energía.

Científicos chinos desarrollan una aleación de aluminio revolucionaria y resistente al calor

Un equipo de investigadores de la Universidad de Tianjin, en China, ha desarrollado una nueva aleación de aluminio de alta resistencia térmica, capaz de operar eficientemente a temperaturas de hasta 500 °C, lo que representa un avance significativo para aplicaciones en la industria aeroespacial.

Este nuevo material responde a una necesidad crítica: mejorar la resistencia térmica de las aleaciones de aluminio, tradicionalmente valoradas por su baja densidad y alta resisten-

cia a la corrosión, pero limitadas en entornos de alta temperatura. En particular, el rango entre 350 y 500 grados centígrados ha sido un desafío técnico clave en sectores como la aeronáutica, donde los materiales deben soportar condiciones extremas sin comprometer el rendimiento estructural.



Según informó la cadena estatal CGTN, la nueva aleación no solo ofrece un desempeño térmico superior, sino que también destaca por su proceso de fabricación simple, bajo costo de materiales y potencial para una producción a gran escala. He Chunnian, profesor de la Universidad de Tianjin y autor principal del estudio, subrayó la relevancia del hallazgo para el desarrollo de componentes avanzados en entornos industriales exigentes.

El secreto de esta innovación radica en la incorporación de nanopartículas altamente dispersivas en la matriz de aluminio. Estas partículas presentan recubrimientos similares al grafeno, lo que reduce significativamente la energía superficial del material. Como resultado, la aleación muestra una resistencia notable al flujo plástico y al esfuerzo por tracción a altas temperaturas.

En pruebas realizadas, la aleación mantuvo una resistencia a la tracción de aproximadamente 200 megapascales a 500 °C, lo que representa una mejora de hasta seis veces respecto a las aleaciones de aluminio convencionales.

El estudio completo fue publicado recientemente en la prestigiosa revista Nature Materials, consolidando esta tecnología como un desarrollo pionero que podría marcar un antes y un después en el diseño de materiales ligeros y resistentes para aplicaciones aeroespaciales, automotrices y energéticas.

MÁS QUE EXTRUSIÓN **SOMOS:**



Calidad



Tecnología



Ingeniería



Valor Agregado



Servicio



Sustentabilidad



“ **Alcanzando lo inalcanzable**
en soluciones de Aluminio ”



ALUMINIO PARA SIEMPRE

ALUMEXICO®

Tu punto de encuentro - SUMMIT & EXPO 2025



PRÓXIMAMENTE

CINTERMEX, Monterrey

**Septiembre
9 - 11, 2025**