

La metalurgia y la mecánica, un matrimonio perfecto en los proyectos. Interrelación

Metallurgy and mechanics, a perfect marriage in projects. Interrelationship

PhD. Francisco Raúl Arencibia Pardo ¹, MSc. Belisario Peña Rodríguez ¹,
PhD. Lida Yaneth Maldonado Mateus ², MSc. Rigoberto Estévez Valle³

¹ **Universidad de Pamplona**, Facultad de Arquitectura e Ingenierías,
Programa de Ingeniería Industrial, Pamplona, Colombia.
E-mail: {francisco.arencibia, belisariop}@unipamplona.edu.co

² **Universidad de Pamplona**, Facultad de Arquitectura e Ingenierías,
Programa de Ingeniería de Alimentos, Pamplona, Colombia.
E-mail: lida.maldonado@unipamplona.edu.co

³ **Empresa Narciso López Roselló**, Cuba.
E-mail: mecanico.gallego@rosello.co.cu

Cómo citar: Arencibia Pardo, F. R., Peña Rodríguez, B., Maldonado Mateus, L. Y., & Estévez Valle, R. (2024). La metalurgia y la mecánica, un matrimonio perfecto en los proyectos. Interrelación. Ingeniería, Sostenibilidad Y Sociedad, 1(5), 13–22.

<https://doi.org/10.24054/iss.v1i5.3724>

Editorial: Universidad de Pamplona.

Recibido: 01 de abril de 2024

Aprobado: 01 de octubre de 2024

Publicado: 14 de diciembre de 2024



Resumen: El presente trabajo pretende demostrar la interrelación casi perfecta del binomio entre la metalurgia y la mecánica. La interconexión de ambas especialidades, son fundamentales para el éxito en disímiles proyectos. Señalamos como la metalurgia se encarga del estudio y la manipulación de los metales, desplegando materiales con propiedades esenciales para la producción de componentes mecánicos. La mecánica es la encargada de aplicar dichos materiales en el diseño, construcción y mantenimiento de maquinarias y estructuras. La innovación en la metalurgia impulsa múltiples avances en la mecánica, mientras que las escaseces mecánicas acomodan la investigación en la metalurgia. Interrelacionadas, estas disciplinas perfeccionan los procesos industriales, pulen la calidad de los productos y favorecen al desarrollo sostenible.

Palabras clave: Metalmeccánica, procesos, IA, tierras raras, interrelación.

Abstract: The present work aims to demonstrate the almost perfect interrelation of the binomial between metallurgy and mechanics. The interconnection of both specialties is essential for success in dissimilar projects. We point out how metallurgy is responsible for the study and manipulation of metals, deploying materials with essential properties for the production of mechanical components. Mechanics is responsible for applying these materials in the design, construction and maintenance of machinery and structures. Innovation in metallurgy drives multiple advances in mechanics, while mechanical shortages accommodate research in metallurgy. Interrelated, these disciplines improve industrial processes, polish product quality, and support sustainable development.

Keywords: Metalworking, processes, AI, rare earths, interrelatedness.

1. UNA RELACIÓN CO DEPENDIENTE Y MUY ANTIGUA

Pocas ingenierías se complementan tanto y tan bien como la metalurgia y la mecánica. La segunda le debe a la primera, redacta (Flores, 2024), tanto los materiales y procesos necesarios para su progreso, como las tecnologías de última generación y la mejora continua de los procesos industriales.

¿Dónde la metalurgia potencia a la ingeniería mecánica?

En las aleaciones. La metalurgia ha mejorado aleaciones y materiales metálicos, proveyendo de alta resistencia, durabilidad y resistencia a la corrosión a las piezas y la industria de componentes mecánicos (Martínez, 2007). Procesos de manufactura: La metalurgia ha perfeccionado procesos como la fundición, el forjado, el tratamiento térmico y la soldadura, que son fundamentales para la creación de piezas mecánicas con las propiedades deseadas.

Innovación tecnológica: Los avances en la metalurgia, cita (Metalmecánica, 2023), han permitido la aparición, tanto de nuevos materiales, como de

novedosas técnicas de fabricación. Estos han definido la innovación en el diseño y la construcción de recientes máquinas y estructuras mecánicas.

Los metales, hoy día, se utilizan en la totalidad de nuestras actividades. Podemos ver piezas en todas las esferas industriales, en la construcción, electrodomésticos, telecomunicaciones y robótica, por citar algunos ejemplos.

Optimización de propiedades: La metalurgia, refiere (Giraldo, 2003), estudia cómo modificar las propiedades de los metales mediante tratamientos térmicos y mecánicos. Esta característica, permite a los ingenieros mecánicos diseñar componentes más eficientes y duraderos. La necesidad de aunar los conocimientos de la metalurgia y la mecánica para crear una disciplina fundamental de la industria moderna, parecería un hecho reciente: nada más alejado de la verdad.

Según refiere Metalmecánica (2023), desde la prehistoria, los hombres se enfrentaron a la necesidad de manipular y dar forma a los metales. Mediante rudimentarias herramientas de piedra y luego con la fundición del

cobre y el bronce, la industria siderúrgica había comenzado.

La evolución del binomio metalurgia y mecánica es, más que un desarrollo, una habilidad transmitida de generación en generación, con el fin de fundir y conformar desde el oro y la plata, hasta el hierro y el acero. La fabricación de herramientas, utensilios y armas, entre otras, llegó para quedarse. Sin los avances de los ingenieros metalúrgicos y mecánicos, la sociedad no hubiera podido desarrollarse. La agricultura, la construcción e incluso la guerra, le deben a ambas haber sido creadas.

Los mismos, en estrecha colaboración, son los encargados de la fabricación de productos metálicos, utilizando procesos de transformación y ensamblaje. Este campo incluye una amplia gama de actividades en orden ascendente, transitan desde la producción de piezas y componentes, hasta estructuras complejas y maquinarias. Por tanto, si nos encontramos frente a un proceso de fundición, mecanizado, soldadura, corte y conformado, tratamientos térmicos, recubrimientos y acabados, saludamos al matrimonio perfecto entre la metalurgia y la mecánica, conocido por muchos como metalmecánica (Helfer, 2024).



Figura 1. Armadura de caballero medieval. (Fuente: Pixabay, 2023).

2. LOS PROYECTOS; BENEFICIOS INDUSTRIALES SIGNIFICATIVOS

“La industria de minería y metalurgia sostiene alrededor de la mitad de la economía mundial, por lo que está en una posición idónea para influir positivamente en el desarrollo social, ambiental y económico”.

Ian Sanders, Líder del Sector de Minería y Metalurgia de Deloitte Global. 2016.

La relación entre la metalmecánica y los proyectos es fundamental para el desarrollo de diversas industrias. El futuro desarrollo mundial, pasa inexorablemente por estos procesos.

La metalmecánica se encarga de transformar la materia prima metálica en piezas, partes y herramientas que son esenciales para la construcción y operación de proyectos en sectores como la manufactura, la minería, la construcción civil, la automotriz y la agrícola (Istria, 2022).



Figura 2. La industria y la metalmecánica. (Fuente: Istria, 2022).

Características claves de esta relación:

La metalmecánica suministra componentes críticos que son utilizados en la fabricación y ensamblaje de maquinaria y equipos necesarios para diversos proyectos (López Badilla et al., 2016). Los mismos, no serían realizables sin estos.

Los proyectos donde se encuentra el binomio de metalurgia y mecánica,

incluyen tecnologías novedosas con el fin de mejorar la eficiencia y la calidad de los productos finales. La gestión de proyectos en la industria metalmeccánica, mantiene una planificación, ejecución y control efectivos de los recursos y las actividades (HLC Sistemas, 2020).

La metalmeccánica es crucial para el desarrollo de otras industrias, proporcionando soluciones y servicios que permiten el avance de proyectos en sectores como el energético, el transporte y la construcción. Esta interrelación, refieren (Caicedo Rolón et al., 2019). garantiza que los proyectos integren materiales y componentes necesarios, fabricados con una alta precisión y estándares deseados, para cumplir con objetivos y plazos.

En el tejido de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos industriales, los especialistas con posgrados en proyectos, juegan un papel destacado. Un doctorado en proyectos, se enfoca en la gestión y ejecución de proyectos complejos, abarcando desde la planificación hasta la implementación y evaluación, enfatizando en las características de una gestión empresarial óptima (UNADE, 2024).

Este tipo de estudios industriales, desarrolla habilidades en la Gestión de recursos, implementación de nuevas tecnologías y procesos y desarrollo de soluciones prácticas para problemas industriales (FUNIBER, 2024).

2.1. Los posgrados en proyectos y su relación con la metalurgia y la mecánica

Siendo la metalurgia la ciencia y tecnología de los metales, desde la extracción, procesamiento y

fabricación, un posgrado en proyectos contribuye significativamente en:

- a) Investigación profunda para el desarrollo de nuevos materiales, concibiendo metodologías e innovaciones para lograr aleaciones más resistentes y ligeras.
- b) Optimización de los procesos siderúrgicos, por la investigación para la mejora de técnicas de fundición, forja y tratamiento térmico.
- c) Presencia en las ODS mediante la implementación de buenas prácticas de reciclaje y reducción de residuos metálicos (Mecánicos Valencia, 2023).

En el caso de la mecánica, los proyectos y los especialistas posgraduados tienen una cercana relación, ya que esta ingeniería se concentra en el diseño, análisis y fabricación de sistemas mecánicos. Un doctorado en proyectos influye en la mecánica mediante:

- a) Diseño de maquinaria, mediante la investigación para la creación de equipos más eficientes y perdurables.
- b) Implementación de sistemas automatizados para mejorar la producción.
- c) Desarrollo de técnicas que puedan realizar predicciones en los fallos de maquinarias (Blog Universidades., 2024).

2.2. ¿Dónde se enfocan las principales acciones de la metalurgia y la mecánica en la industria global?

La producción mundial, cada día en mayor medida, requiere de las actividades de la metalurgia y la mecánica para el éxito. La Tabla 1 nos pone en contexto sobre la industria automovilística y su relación con ambas ingenierías, teniendo como talón de Aquiles para el sector, el peso del automóvil y la necesidad de su aligeramiento.

Los nuevos materiales generados por el binomio metalmecánico, transcribe (Niño, 2024), están siendo cada vez más utilizados en la reducción peso de los vehículos, mejorar la eficiencia del combustible e incorporarse a la sostenibilidad en la industria automotriz. Es lo que se denomina: Aleaciones ligeras.

Las aleaciones ligeras tienen historia en la industria del automóvil, ya que siempre ha sido fuente de investigación encontrar (crear), materiales metálicos que se

caractericen por ser menos densos que los metales puros. Su popularidad en la fabricación del automóvil, reside en su peso, inferior a otras aleaciones más pesadas, como el acero (Innovación industrial, 2024).

Estas aleaciones están sometidas a constante investigación y suelen estar compuestas por aluminio, titanio y magnesio, combinados con otros elementos y así mejorar sus propiedades mecánicas y químicas.

Las aleaciones ligeras son fundamentales en un automóvil moderno, sea de combustión fósil o eléctrico, ya que sus componentes internos requieren resistencia estructural, pero deben de ser ligeros, para mejorar la eficiencia del vehículo.

Tabla 1. Uso de la metalurgia y la mecánica en la reducción de peso de los autos.

Material	Reducción de Peso	Aplicaciones
Magnesio	30-70%	Componentes del motor, partes de la suspensión.
Compuestos de fibra de carbono	50-70%	Chasis, paneles, componentes estructurales.

Compuestos de aluminio	30-60%	Paneles, llantas, piezas del motor
Titanio	40-55%	Componentes del motor, partes de la suspensión.
Compuestos de fibra de vidrio	25-35%	Paneles, componentes estructurales.

Tener piezas ligeras, resistentes y rentables, ha alcanzado un incremento exponencial en la industria automotriz. El proceso de fundición a presión es, hoy día una técnica de fabricación que facilita la producción a gran escala de diseños complejos dentro de tolerancias dimensionales estrictas (Curry, 2024).



Figura 3. Modernos moldes para fundir a presión piezas de motor que luego serán mecanizadas.

(Fuente: Capablemachining, 2024).

Una de las industrias que más demanda metales, es la industria de materiales para la construcción. Según declara (Tierras raras, 2024), los principales usos de estos materiales podemos encontrarlos en:

El acero y el aluminio se usan comúnmente como marcos estructurales en edificaciones y viaductos. Estos son metales que aportan fortaleza estructural, durabilidad y resistencia los incendios y desastres naturales. También, junto al cobre, se utilizan en techos y revestimientos, ya que son altamente resistentes a la corrosión.

Para la fabricación de puertas y ventanas, también son utilizados el acero y el aluminio, ya que aportan solidez, durabilidad y resistencia al desgaste y al exterior.



Figura 4. El uso de metales en el sector de la construcción.

(Fuente: Tierras raras, 2024).

El cobre y el aluminio se utilizan en la industria de sistemas de aires acondicionados, ventiladores y calefactores. Al ser duraderos y poseer una alta conductividad térmica, resultan altamente demandados en el sector de la climatización.

Los acabados interiores requieren del acero inoxidable y el aluminio. Su atractivo estético, la estabilidad y facilidad para efectuarles mantenimiento, los hacen altamente demandados.

Tabla 2. Porcentaje del incremento del uso de metales en la industria de la construcción.

Material	Incremento en Uso	Aplicaciones
Acero	25-30%	Estructuras, refuerzos, vigas
Aluminio	20-25%	Fachadas, ventanas, puertas
Cobre	15-20%	Tuberías, cables eléctricos
Titanio	10-15%	Componentes estructurales, revestimientos
Zinc	10-12%	Techos, revestimientos
Magnesio	5-10%	Componentes ligeros.

El beneficio de la nueva investigación en metales raros, ha dado un vuelco a la fabricación de todo tipo de elementos electrónicos para disímiles usos. Entre los más demandados, tenemos:

El cobre, el oro y la plata, se comportan como grandes conductores de electricidad y calor. Por tanto, se utilizan constantemente en circuitos y dispositivos electrónicos.

El tantalio y el indio miniaturizan las dimensiones de los dispositivos, haciéndolos más eficientes. Por esta razón los encontramos en los celulares y tabletas.

El platino y el paladio son altamente resistentes al desgaste. Su uso aumenta la vida útil de los dispositivos electrónicos.

El neodimio es utilizado en la producción de imanes permanentes, esenciales para los motores eléctricos y otros. Los metales raros son fundamentales para la fabricación de sistemas eólicos y solares. Las llamadas tecnologías verdes son el pilar actual de la transición energética.

Tabla 3. Principales metales raros y el incremento de su porcentaje de uso para los próximos años.

Metal Raro	Uso Principal	Incremento de Uso (%)
Neodimio	Imanes permanentes para motores eléctricos y discos duros	2650%
Cobalto	Baterías de coches eléctricos y dispositivos electrónicos	2400%
Paladio	Catalizadores en la industria automotriz	400%

Germanio	Fibra óptica y electrónica de alta frecuencia	200%
Indio	Pantallas táctiles, paneles solares	100%

Los incrementos reflejados, manifiestan la creciente demanda de tecnologías verdes y digitales, que dependen en gran medida de estos metales.

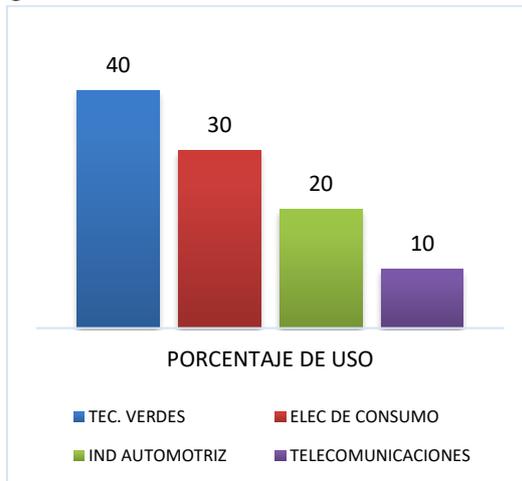


Figura 5. Porcentaje de uso de las tierras raras en la industria.

(Fuente: elaboración propia, 2024).

Es preciso comprender en el punto en que se encuentra la metalurgia y la mecánica actual, con el uso de las tierras raras. Ellos, sintetiza (Institut für Seltene Erden und strategische Metalle e.V., 2019), son el motor impulsor de las tecnologías verdes.

En nuestro planeta, existe 1200 veces menos neodimio y 2650 veces menos galio que hierro. En el 2030, se duplicará la demanda de germanio, se cuadruplica la de paladio y el cobalto vea su explotación multiplicada en 24 veces.

3. ¿TEMERLE A LA IA?

El paso arrollador de la Inteligencia Artificial por la industria y el temor al desempleo, puede llevar a pensar que

las ingenierías, sobre todo la mecánica, se verá afectada en un futuro próximo. ¿La IA desplazará a los ingenieros mecánicos?

La IA no reemplazará al mecánico porque se necesita. La creatividad humana en la elaboración de partes y piezas de alto rigor será potenciada por la IA.

En lugar de hablar de reemplazos, cita (ICCSI, 2024), la IA automatiza tareas tradicionales y colabora en nuevas ideas basadas en el análisis de datos, concentrando a los ingenieros en ser creativos. Con ellos, estamos frente a una cultura de innovación, donde los ingenieros pueden investigar nuevas ideas y desarrollar soluciones innovadoras a problemas complejos.



Figura 5. La IA en la industria.

(Fuente: Skool.es, 2023).

Otras áreas donde la colaboración de la mecánica y la IA es en el mantenimiento predictivo. Igualmente, los algoritmos de IA están en la capacidad de perfeccionar diseños mecánicos.

El sector metalúrgico también recibirá el impacto de la inteligencia artificial y moldeará a los ingenieros. En un extenso análisis (Admin, 2023), resume cómo la IA está transfigurando la metalurgia al permitir la creación de nuevos materiales y procesos siderúrgicos más eficientes y con mejores calidades.

Tabla 4. La IA y su interrelación con la metalurgia.

Avance	Descripción	Beneficios
Control de calidad	Sistemas de IA capaces de detectar defectos en productos y clasifican su riesgo.	Mejora de la calidad del producto y minimización de desperdicios.
Optimización de procesos	La IA analiza datos de producción para mejorar la eficiencia y reducir los costos.	Ampliación de la eficiencia y reducción de costos operativos.
Predicción de fallas	IA predice fallas en equipos de producción, mediante análisis de datos.	Mantenimiento preventivo y reducción de tiempos de paro industrial.
Diseño de materiales	IA ayuda en el desarrollo de nuevos y mejorados materiales.	Innovación en materiales y mejora de rendimiento.
Nanotecnología	Manipulación de estructuras a nivel molecular para crear materiales tipificados	Fabricación de materiales más robustos y ligeros
Realidad aumentada	Uso de la realidad aumentada para mejorar la precisión y eficiencia en la fabricación.	Optimización de procesos y reducción de errores humanos.
Almacenes inteligentes	Automatización de inventarios y procesos de almacenaje.	Reducción de costos y mejora en la gestión de inventarios.

5. RECONOCIMIENTOS

A todas las universidades que acogen el programa de Doctorado en Proyectos y profundizan en investigaciones industriales. A todos los ingenieros

metalúrgicos, mecánicos, electromecánicos y metalmecánicos.

4. CONCLUSIONES

Los proyectos actuales le deben a la metalurgia y la mecánica gran parte de su éxito. Estas dos ramas de la ingeniería, como un matrimonio, son esenciales para el avance tecnológico y económico integral a nivel mundial.

Lo denominado metalmecánica, se encuentra presente en prácticamente cada sector de la economía, incluyendo la industria de componentes electrónicos, la construcción, la medicina, la industria automotriz, la marítima, aeroespacial, y la industria energética, entre otros muchos. Gracias a la metalurgia y la mecánica, el mundo cada día da un paso más en su progreso.

Los metales son la base para la construcción de infraestructuras esenciales en el progreso urbano y rural. Desde materiales hasta los modernos equipos utilizados en los proyectos, todos pasan por la metalurgia y la mecánica.

La investigación y desarrollo en los sectores metalúrgico y mecánico, estimulan la innovación tecnológica. Con ello la velocidad en la creación de productos más eficientes y sostenibles se acelera considerablemente.

El reciclaje de metales, aporta un enorme valor agregado a la sostenibilidad ambiental, reduciendo el impacto medioambiental y promoviendo el compromiso del sector.

La integración de tecnologías avanzadas, como la fabricación aditiva, la automatización y la inteligencia artificial, aumenta la

efectividad de las ingenierías metalúrgica y mecánica, minimizando el impacto de los costos de producción y activando el progreso.

Tabla 5. Crecimiento de la industria metalmeccánica.

Año	Crecimiento (%)	Ganancias (millones de dólares)
2019	2.5%	50,000
2020	-5.0% Covid 19	47,500
2021	3.8%	49,305
2022	4.2%	51,400
2023	5.0%	54,000
2024	4.5%	56,430
2025	4.8%	59,150

En resumen, la metalurgia y la mecánica son motores del desarrollo mundial, facilitando avances que mejoran la calidad de vida y promueven un futuro más sostenible y eficiente.

Desde la investigación y el desarrollo de nuevos metales y piezas para ser utilizados en disímiles campos de la manufactura, los proyectos de optimización de procesos mecánicos con la finalidad de disminuir el consumo energético, las nuevas tecnologías de reciclaje aplicadas a la industria metalúrgica y mecánica. Estos resultados, producto de una exhaustiva investigación, mejoran la eficiencia y la calidad de los productos finales, apoyando la sostenibilidad y la competitividad de las industrias.

Debemos tener presente; la transición energética se reinventa cada día y ella, como columna, se encuentran las grandes mentes metalúrgicas y mecánicas. Hoy, como nunca antes, dependemos de recursos minerales que no son precisamente comunes y, lo que se acuñe como verde, pasa por los posgrados en proyectos eficientes y la experticia de quienes se encuentran tras los metales y su conformación en futuro.

Seamos realistas.

REFERENCIAS

- Admin. (2023, diciembre 5). Impacto de la Inteligencia Artificial en Metalurgia. Mascaradesoldar. <https://mascaradesoldar.com/impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-metalurgia/>
- Amcham. (2023, marzo 1). Las tendencias que redefinirán a la industria minera y metalúrgica en 2023 | AmCham Colombia. <https://amchamcolombia.co/noticias-afiliados/las-tendencias-que-redefiniran-a-la-industria-minera-y-metalurgica-en-2023/>, <https://amchamcolombia.co/noticias-afiliados/las-tendencias-que-redefiniran-a-la-industria-minera-y-metalurgica-en-2023/>
- Blog Universidades. (2024). La importancia de la investigación en ingeniería mecánica para el avance tecnológico. <https://universidades.app/blog/tecnologia-e-innovacion/la-importancia-de-la-investigacion-en-ingenieria-mecanica-para-el-avance-tecnologico>
- Caicedo Rolón, A. J., Criado Alvarado, A. M., & Morales Ramón, K. J. (2019). Modelo matemático para la planeación de la producción en una industria metalmeccánica | Scientia et Technica. *Scientia et Technica*, 24(3), 408, 419. <https://doi.org/10.22517/23447214.16031>
- Curry, E. (2024, agosto 28). Fundición a presión automotriz: El futuro de la fundición en la industria automotriz. ETCN. <https://etcnmachining.com/es/blog/automotive-die-casting/>
- Flores, A. (2024, agosto 13). Qué carrera elegir entre ingeniería mecánica y metalurgia.

- <https://ecosistemas.win/que-carrera-elegir-entre-ingenieria-mecanica-y-metalurgia/>
- Funiber. (2024). Doctorado en Proyectos. FUNIBER. <https://www.funiber.org/doctorado-en-proyectos>
- Giraldo, A. V. (2003). Los avances de la metalurgia física. *DYNA*, 70(140), 45-59.
- Helper. (2024). ¿Qué es la metalmeccánica y para qué sirve? Procesos y usos. helperindustrial. <https://helperindustrial.com/blogs/noticias/que-es-la-metalmeccanica-y-para-que-sirve-procesos-y-usos>
- ICCSI. (2024). Inteligencia Artificial Mecánica: Fusión Ingeniería y la IA. <https://iccsi.com.ar/inteligencia-artificial-mecanica/>
- Innovación industrial. (2024, abril 19). Industria Automotriz: Aleaciones Ligeras Sostenibles. <https://innovacionindustrial.net/nuevos-materiales/aleaciones-ligeras-futuro-sostenible-industria-automotriz/>
- Institut für Seltene Erden und strategische Metalle e.V. (2019). Hoja informativa ISE 2019—Tierras raras | Instituto de tierras raras y metales. Institut für Seltene Erden und strategische Metalle e.V. <https://es.institut-seltene-erden.de/ise-fact-sheet-2019-rare-earths-important-resources-for-high-technology/>
- Istria. (2022, agosto). La industria metalmeccánica y su importancia – Istria. <https://saladepueba.com/la-industria-metalmeccanica-y-su-importancia/>
- López Badilla, G., Sánchez Ocampo, C., Paz Delgadillo, & López, L. (2016). Análisis de corrosión en aceros con recubrimientos impacta en la competitividad en la industria metalmeccánica de Mexicali. *Investigación y Ciencia E*, 69, 39-46.
- Martínez, H. V. (2007). Metalurgia semisólida de aleaciones y composites metálicos procesados por agitación mecánica. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 27(1), 13-28. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0255-69522007000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Metalmeccánica, R. A. (2023, septiembre 6). Técnicas para el trabajo de metales: Mirada al pasado y presente. AMG MetalMeccánica. <https://www.amgmetalmeccanica.com/tecnicas-para-el-trabajo-de-metales-una-mirada-al-pasado-y-presente/>
- Metalmeccánica, R. A. (2023, noviembre 2). La historia de la metalmeccánica y su impacto en la industria actual. AMG MetalMeccánica. <https://www.amgmetalmeccanica.com/historia-de-la-metalmeccanica/>
- Niño, D. (2024, agosto). Nuevos materiales y aleaciones transforman la industria automotriz. Metalmeccánica. <https://www.metalmeccanica.com/es/noticias/nuevos-materiales-y-aleaciones-transforman-la-industria-automotriz>
- Pitron, G. (2021). Las tecnologías de la información y la comunicación consumen una décima parte de la electricidad mundial. *Green European Journal*.
- Tierras raras. (2024). Aplicaciones de los metales [Investigación]. Tierras Raras. <https://tierrasraras.org/metales/aplicaciones/>
- UNADE. (2024). Doctorado en Proyectos. Académica. <https://unade.edu.mx/doctorado-proyectos/4249/>