



Hydro Aluminium



HYDRO

# Extrusión

Manual para el Diseño de Perfiles  
de Extrusión de Aluminio



# Índice

## SECCIÓN GENERAL

Introducción .....	2
De lo improbable a lo obvio .....	3
Aplicaciones de los perfiles extruidos de aluminio .....	4
Hydro, su socio .....	6
Aluminio: desde la bauxita hasta el reciclaje .....	10
Propiedades del aluminio .....	13
Elaboración de perfiles de aluminio .....	14
Diseño y construcción .....	14
Proceso de extrusión .....	14
Matrices .....	16
Tratamiento superficial .....	17
Mecanizado .....	18
Embalaje y transporte .....	19
Reciclaje .....	19
Compra de perfiles de aluminio a HAEX .....	20
Elementos a tener en cuenta al especificar .....	21

## SECCIÓN TÉCNICA

Aleaciones .....	24
Propiedades .....	24
Sumario de propiedades de las aleaciones .....	26
Resistencia a la Corrosión .....	27
Tipos de perfiles de aluminio .....	29
Principios generales de diseño .....	30
Paredes de espesor uniforme .....	30
Simetría .....	30
Formas redondeadas .....	30
Diámetro del círculo circunscrito (DCC) .....	30
Simplifique y facilite .....	31
Disipadores de calor .....	31
Líneas decorativas .....	31
Espesor mínimo de los materiales/DCC .....	32
Medidas del hueco .....	32
Uniones .....	33
Alojamientos para tornillos .....	33
Tornillos .....	35

Juntas clipadas .....	36
Acoples .....	36
Funciones de articulación – bisagras .....	37
Conformado .....	37
Junta a tope .....	38
Componiendo perfiles .....	38
Uniones de esquina .....	38
Machihembrado .....	38
Remachado .....	39
Unión con otros materiales .....	39
Pegado con Adhesivo .....	40
Soldadura .....	43
- Propiedades del material .....	43
- Soldadura MIG, TIG .....	44
- Diseño de perfiles para simplificar soldaduras .....	45
- Soldadura por frotamiento .....	45
Mecanizado .....	46
Mecanizado .....	46
- Corte .....	46
- Rebabado .....	47
- Fresado .....	47
- Perforado .....	47
- Torneado .....	48
- Roscado .....	48
- Cizallamiento/punzonado .....	49
- Aislamiento térmico .....	49
Conformado plástico .....	50
Tratamiento superficial .....	51
Métodos para el tratamiento superficial .....	51
Tratamiento mecánico de superficies .....	52
- pulido .....	52
- vibrado .....	52
- esmerilado .....	52
Tratamiento químico de superficies .....	53
- decapado .....	53
- abrillantado y pulido químicos .....	53
- cromatizado/fosfatado .....	53
- alitising .....	53
- plateado con cobre, níquel, plata, estaño .....	53
Tratamiento electroquímico de superficies .....	54
- anodizado .....	54
- anodizado color .....	55
Tratamiento orgánico de superficies .....	55
- recubrimiento con pintura en polvo .....	55
- serigrafado .....	56
- AluDekor .....	56
- láminas protectoras .....	56
Tolerancias .....	57
Espesor del material .....	57
Medida de lengüetas .....	57
Tubos redondos .....	58
Otros tubos .....	58
Tolerancias de forma .....	58
Tolerancias de longitud .....	59
Tolerancias de fabricación .....	59



# Introducción

Nuestro Manual para el Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio ha sido escrito para usted, que se desempeña como profesional a cargo del desarrollo de productos, como dibujante, proyectista, diseñador, inventor o arquitecto. O como comprador, creador de procesos de producción, en logística o que se dedica de otras formas al desarrollo de productos, tanto existentes como nuevos.

Este Manual está dividido en dos partes; la primera es una **sección general** que brinda un panorama de nuestra esfera de actividades y productos, seguida por una **sección técnica** que brinda un mayor detalle de esas actividades.

Esta sección técnica proporciona información en profundidad, relativa a conceptos como las aleaciones, el diseño, la construcción, la fabricación y el tratamiento superficial, todo ello para asistirlo en la tarea de desarrollar sus ideas.

El Manual para el Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio debe ser una fuente de información e inspiración. En él encontrará prácticamente todo lo que precisa saber sobre perfiles de aluminio y las oportunidades que éstos ofrecen como material de construcción. Cuando surja una idea, queremos ayudarlo a darle forma y hacerla progresar.

Juntos podemos lograr soluciones y productos que sean funcionales, de bajo coste y rentables.

Nuestra entera organización está dispuesta a ayudarlo con el servicio y el soporte necesarios. Contáctenos directamente o visite nuestro sitio Web

[www.aluminium-extrusion.hydro.com](http://www.aluminium-extrusion.hydro.com)

[www.hydroaluminio.es](http://www.hydroaluminio.es)

[www.hydroaluminio.com.ar](http://www.hydroaluminio.com.ar)

[www.aluminium-extrusion.hydro.com](http://www.aluminium-extrusion.hydro.com)

# De lo improbable a lo obvio

Se ha descrito al aluminio acertadamente como el “material de la oportunidad” y, hoy en día, después del acero, es el metal de mayor consumo. Pocos materiales ofrecen tal combinación singular de propiedades –alta resistencia y bajo peso, óptima conductividad eléctrica y térmica, excelente maleabilidad, alta resistencia a la corrosión y acabado superficial atractivo – lo que significa que puede usarse, prácticamente, en toda clase de diseños y aplicaciones de productos. Además, el aluminio puede reciclarse con bajo consumo energético.



## Diseño creativo

La extrusión es un proceso que brinda oportunidades prácticamente ilimitadas de adaptar la forma del producto según sea necesario. También se pueden incorporar funciones que disminuyen los costes al utilizar una menor cantidad de componentes, reducir el acabado y simplificar el ensamblaje. Los perfiles extruidos de aluminio constituyen un requisito previo y una inspiración para los diseños creativos y las soluciones técnicas que mejoran, simplifican y reducen los costes.

Asimismo, en términos relativos el precio de las matrices es bajo.

## Supere los límites

El uso de perfiles de aluminio está aumentando rápidamente en todo el mundo y son utilizados continuamente en nuevas aplicaciones. Como material de construcción, los perfiles de aluminio brindan la oportunidad de pensar de forma diferente y ampliar los límites de lo posible. Tan solo un par de décadas atrás, las escaleras de aluminio fueron una gran innovación. Las carrocerías de aluminio para camiones eran algo imposible. Casi ni se pensaba en componentes de construcción como las ventanas de aluminio y las estructuras hechas de perfiles de aluminio no eran factibles.

En la actualidad, las escaleras, las carrocerías de camiones, los componentes de edificios y las construcciones con estructuras realizadas con perfiles de aluminio no son sólo una realidad, sino que son parte de la vida diaria y constituyen una necesidad para el funcionamiento, la vida prolongada, el ahorro de energía y una óptima economía. ¿Quién desea acarrear una escalera de madera que pesa más que una de aluminio, no es tan resistente, no durará tanto ni podrá ser reciclada? ¿Qué contratista de transportes elegirá una carrocería de madera y acero que le reduce la capacidad de carga a la mitad, aumenta los costes de combustible y dura también la mitad?

## ¡Piense libremente!

Los perfiles extrusionados de aluminio continuarán revolucionando la manera en que desarrollamos y proveemos nuevos diseños y soluciones de productos. Confiamos que nuestro Manual de Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio lo inspirará y le brindará algunas nuevas ideas. ¡Estamos para ayudarlo!

**¡Piense libremente – piense en perfiles de aluminio!**

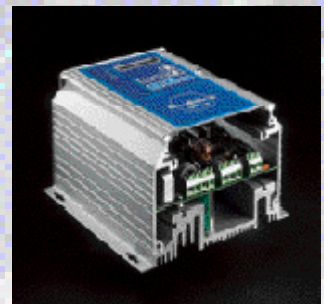
# Aplicaciones de los perfiles extruídos de aluminio

Los perfiles de aluminio se utilizan prácticamente en todas las industrias, productos y entornos. Si realizamos un recorrido por la vida diaria, encontraremos algunos ejemplos interesantes.

**Automóviles, autobuses, trenes, aviones, camiones, barcos.** El uso de los perfiles extruídos de aluminio en el sector de transportes está creciendo con rapidez. Las excelentes propiedades del aluminio se ponen de manifiesto al crear construcciones fuertes y ligeras con vidas útiles prolongadas y alta resistencia a la corrosión. La reducción de cada kilogramo de peso aumenta la capacidad de carga y reduce el consumo de combustible.

**Computadoras, impresoras, televisores, videos, equipos electrónicos.** Los frontales, las estructuras y los disipadores térmicos están con frecuencia hechos de perfiles de aluminio. Las funciones incorporadas en los perfiles de aluminio que reducen la cantidad de componentes y simplifican el ensamblaje y la unión entre componentes, junto con un acabado atractivo y una óptima conductividad térmica son sólo algunos de los sólidos argumentos para utilizar aluminio en estos productos.

**Refrigeradores, congeladores, cocinas eléctricas, accesorios de cocina.** Las estructuras, los tiradores y los disipadores de calor son ejemplos de perfiles de aluminio en productos de uso doméstico. Un acabado superficial atractivo, la facilidad de limpieza, la



durabilidad, el bajo peso y la alta resistencia son algunas de las características de los perfiles de aluminio .

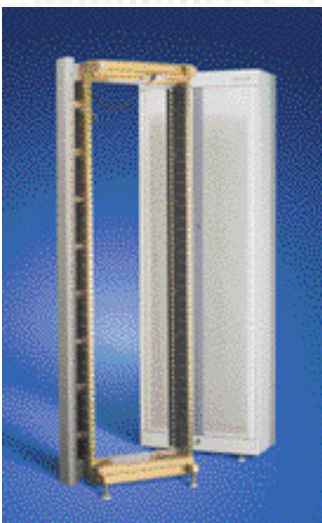
**Porterías de fútbol, raquetas de tenis, carros de golf.** En estos casos resultan decisivos la elasticidad y la resistencia combinadas con el bajo peso, la facilidad de conformado y el acabado superficial.

**Ventanas, puertas, fachadas.** Un mantenimiento mínimo, resistencia y bajo peso, gran estabilidad y prolongada vida útil constituyen las pautas al decidirse por componentes de construcción de aluminio. La industria de la construcción es uno de los principales consumidores de perfiles de aluminio.

**Equipamiento para oficina, accesorios, muebles, iluminación.** El marco de la pizarra en la sala de conferencias, los soportes de sujeción para cuadros, los marcos y patas de las mesas, los bastidores y pantallas de iluminación son ejemplos de componentes fabricados a partir de perfiles de aluminio. La resistencia, el bajo peso, la facilidad de conformado y el acabado superficial atractivo son las características más importantes para elegir los perfiles de aluminio.

Se podrían haber añadido **muchos otros ejemplos** de productos fabricados entera o parcialmente con perfiles de aluminio.

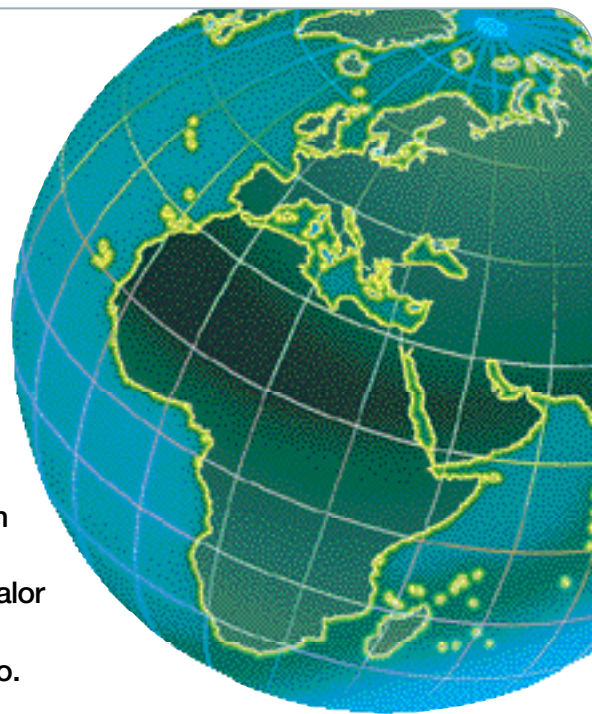
¡Tal vez su producto pronto pase a formar parte de nuestro listado!



# HYDRO

## Un socio global

Hydro Aluminium forma parte de Norsk Hydro ASA. Hydro es una compañía líder en aluminio y energía, con operaciones en más de 40 países. Somos uno de los más importantes del mundo en extracción de gas y petróleo offshore, la tercera compañía del mundo de aluminio y un jugador clave en el desarrollo de fuentes de energía renovables. Nuestros esfuerzos se concentran en añadir valor desarrollando respuestas y soluciones que aumenten la viabilidad de los clientes y comunidades en todo el mundo.



Hydro Aluminium es el mayor productor de aluminio de Europa, con operaciones en la mayoría de los principales mercados en todo el mundo.

El negocio de aluminio de Hydro incluye toda la cadena, desde la extracción de la bauxita hasta la producción de componentes de aluminio terminados, la refusión y el reciclaje. Hydro es uno de los principales productores de aluminio primario en el

mundo y nuestros recursos y capacidades están a disposición de nuestros clientes a través de un suministro fiable de materiales, un acceso continuo a los últimos descubrimientos en metalurgia y la optimización del uso de los materiales.

Tenemos acceso a una red mundial de contactos y negocios asociados a una amplia gama de industrias. Podemos brindarle nuestro soporte a través del desarrollo del producto, diseño y construcción, el cálculo y los análisis estadísticos, que constituyen recursos importantes en el desarrollo técnico y comercial de su producto.

Hydro también cuenta con recursos a nivel mundial en la investigación y el desarrollo del aluminio.

Hydro Aluminium Extrusion, con oficina central en Lausanne, es uno de los productores líderes del mundo de perfiles extruidos y componentes de aluminio.

Lea más sobre Norsk Hydro e Hydro Aluminium en:

[www.hydro.com](http://www.hydro.com)

[www.hydro-aluminium.com](http://www.hydro-aluminium.com)

[www.hydroaluminio.com.ar](http://www.hydroaluminio.com.ar)

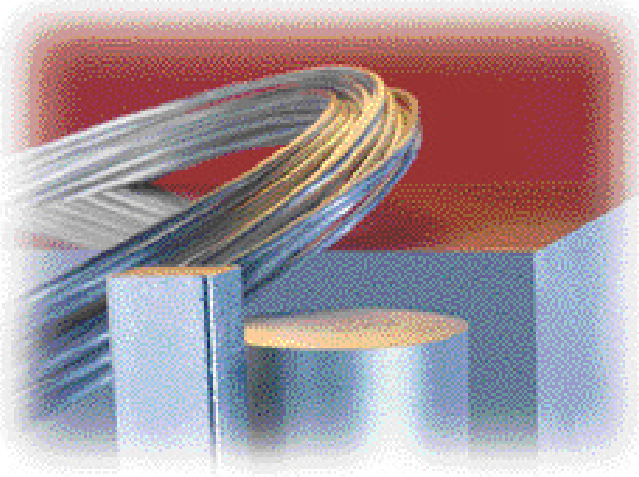
[www.hydroaluminio.es](http://www.hydroaluminio.es)



**HYDRO**

# Su socio en aluminio

Hydro Aluminium Metal Products



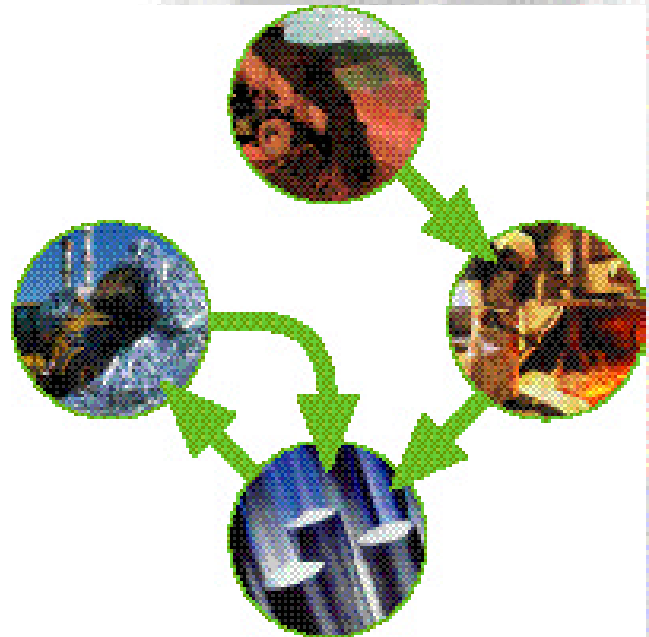
Hydro Aluminium Metal Products (HAMP) es uno de los principales proveedores de productos semielaborados de aluminio, como son los tochos de extrusión, aleaciones de fundición primarias, alambón, placas para laminación y lingotes estándar.

Un negocio integrado significa un óptimo control interno de toda la cadena de producción, desde la extracción de la bauxita, la fabricación de la alúmina, hasta los productos terminados de aluminio.

El reciclaje y la fundición del aluminio se han transformado en un área de negocios significativa en la cual somos uno de los principales protagonistas de Europa en la actualidad. A través de socios y de nuestro propio sistema de producción, HAMP está desarrollando un sistema de suministro global en esta área.

La calidad del producto, el servicio, la fiabilidad y el enfoque ecológico son factores de creciente importancia, tanto para nuestros clientes como para nosotros mismos. El soporte técnico y comercial, la activa labor de investigación y desarrollo y la estrecha colaboración con los clientes nos permiten suministrar productos con características y calidad óptimas. La estricta garantía de calidad se aplica a lo largo de toda la cadena de producción. Nuestra industria se caracteriza por contar con entornos laborales óptimos, emisiones mínimas y el desarrollo continuo de los métodos de producción combinado con un

rendimiento energético optimizado. Se da la máxima prioridad a las mejores soluciones ambientales a fin de reducir al mínimo el impacto sobre el medio ambiente y las personas. Nuestras plantas de reducción fueron las primeras en el mundo en recibir la certificación oficial en temas medioambientales. Hoy en día, contamos con la certificación conforme a ISO 9001, ISO 14001 y EMAS.



*Un negocio integrado significa un óptimo control interno de toda la cadena de producción, desde la extracción de la bauxita, la fabricación de la alúmina, hasta los productos terminados de aluminio y su reciclaje.*

HAMP es uno de los proveedores líderes del mundo de tochos de extrusión, utilizados como materia prima en la fabricación de perfiles de aluminio. Somos el principal proveedor de las plantas de extrusión en Europa, incluidas aquellas dentro de Hydro Aluminium Extrusion (HAEX), y hemos desarrollado una gama de aleaciones estándar que cubre todos los niveles de resistencia. Además, podemos proveer otras aleaciones para satisfacer necesidades particulares. A través de HAEX, usted tiene acceso a nuestra selección de aleaciones de alta calidad que combinan una extrusionabilidad superior con características óptimas del producto.

Lea más sobre HAMP en:  
[www.hamp.hydro.com](http://www.hamp.hydro.com)

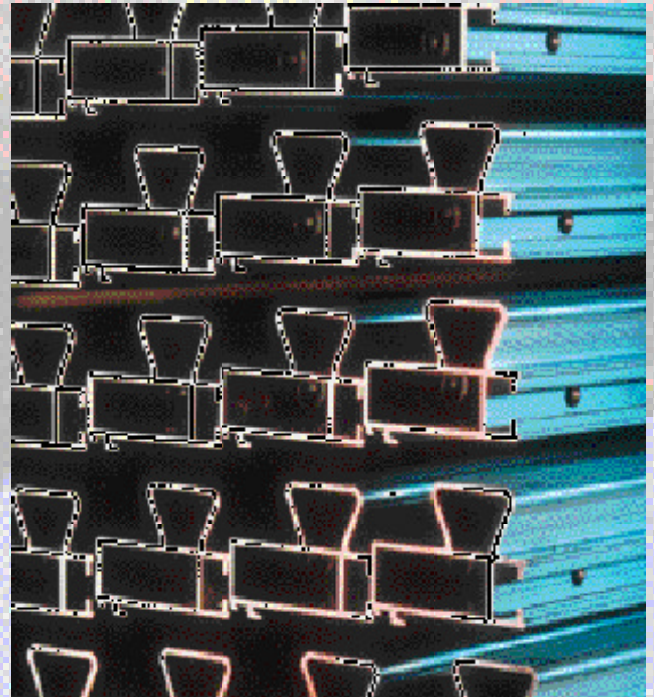


# Socio en el desarrollo y proveedor absoluto, desde la idea hasta el producto final

## Hydro Aluminium Extrusion

Hydro Aluminium Extrusion es el productor líder de perfiles y componentes de aluminio, desarrollando sus operaciones en diversos mercados en todo el mundo.

Hydro Aluminium Extrusion, con plantas de producción en varios países, cuenta con recursos para la extrusión, el acabado superficial y la mecanización, así como para la producción de componentes y piezas terminadas para clientes en todo el mundo. Hydro Aluminium Extrusion es el productor líder de perfiles de aluminio de Europa y junto con Hydro Building Systems, es el principal proveedor a nivel mundial de sistemas de construcción basados en perfiles de aluminio. Con nuestras capacidades especiales en tecnología de los materiales y de la producción, sumadas a una cooperación estrecha con otras empresas en Hydro Aluminium, podemos actuar como un socio para el desarrollo de nuevos productos en etapas tan tempranas como la generación de ideas o la planificación, ofreciendo recursos altamente



cualificados. Brindamos asistencia, tanto en la optimización de las características y el diseño de un producto, como también en la puesta en marcha de la producción. Poseemos vasta experiencia y habilidades en fabricación y mecanización, lo que





constituye un recurso importante para nuestros clientes y también un aporte a las actividades posteriores como la producción de componentes terminados y la provisión de soluciones para diferentes líneas de productos. Nuestras plantas de extrusión y centros de fabricación están entre los más

modernos de Europa con acceso a tecnología punta y maquinaria para lograr una alta eficiencia, entregas fiables y calidad constante. Contamos con la certificación ISO 9001 y aplicamos los sistemas de gestión ambiental actuales.

En HAEX, nuestro personal es el recurso más importante. Otorgamos prioridad a la capacitación continua, así como también, a la labor activa en relación con cuestiones ambientales, de higiene y seguridad.

Lea más sobre HAEX en:

[www.aluminium-extrusion.hydro.com](http://www.aluminium-extrusion.hydro.com)



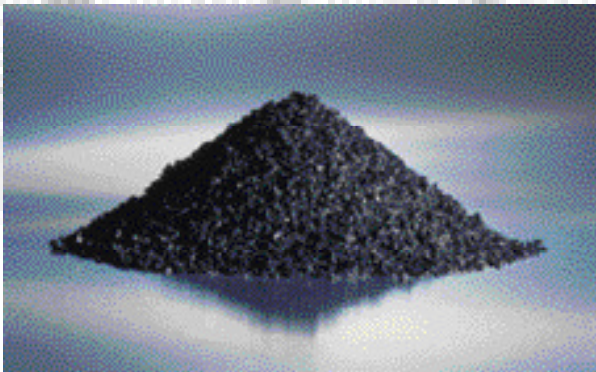
# Aluminio: Desde la bauxita hasta el reciclaje

## Abundancia

El aluminio es el metal más abundante en la naturaleza y el tercer elemento más común en la corteza terrestre, después del oxígeno y el silicio.

La principal materia prima en la producción del aluminio es la bauxita de suelo arcilloso, que recibe su nombre de la región francesa Les Baux donde fue descubierta por primera vez. Los yacimientos de bauxita más importantes de la actualidad se encuentran en Australia, África Occidental, Brasil y Jamaica.

La bauxita se forma cuando determinadas rocas ricas en aluminio se desintegran. Mientras el 8% de la corteza terrestre está compuesta en promedio por aluminio, la bauxita contiene de un 50 a un 60% de aluminio. La bauxita se convierte en alúmina a través de un proceso de limpieza, con frecuencia en plantas cercanas a los yacimientos de bauxita. Parte del trabajo ambiental activo de Hydro consiste en la restauración de las áreas circundantes a los yacimientos, una vez extraída la bauxita.



*Bauxita.*

## Electrólisis

El aluminio se extrae de la alúmina mediante electrólisis (reducción). Esto implica la disolución de la alúmina en criolita a alta temperatura, donde se forman los iones de aluminio y oxígeno. El oxígeno se combina con el carbono de los ánodos, dando dióxido de carbono. La aplicación de una corriente continua en los hornos de electrólisis deposita el aluminio en el cátodo mientras que el dióxido de carbono se libera en el ánodo. El aluminio se precipita al fondo de la cuba de



*Extracción de bauxita.*

electrólisis desde donde se transfiere por vacío a un crisol para ser transportado a una planta de fundición. El aluminio obtenido, a partir de la bauxita a través de la alúmina, se denomina aluminio primario.

## Tochos para extrusión

El aluminio líquido se purifica en la planta de fundición y se le añaden materiales de aleación. Luego se le otorga la forma final para las futuras producciones, las cuales varían según la aplicación: tochos para extrusión, lingotes de fundición, alambón o placas para laminación.

El tocho para extrusión es la materia prima que se utiliza en la extrusión. Los tochos se funden en longitudes de hasta 8 metros con un diámetro de hasta 331 mm. Los tochos se fabrican en una amplia gama de aleaciones y calidades para satisfacer las demandas



*Alúmina.*



*Proceso de electrólisis.*

de diversas propiedades de producto, resistencia a la tracción, etc.

### **El aluminio es una inversión rentable**

La producción del aluminio primario es un proceso que requiere mucha energía. No obstante, cuando se considera su ciclo de vida completo, teniendo en



*Aluminio líquido.*

cuenta las propiedades del metal en cuanto a ahorro energético, aparece una imagen radicalmente distinta. La energía consumida en la producción de la materia prima se ve altamente compensada por el ahorro que genera en etapas posteriores a través de productos más ligeros, con una vida útil más prolongada y requisitos de mantenimiento mínimos. El rendimiento de la energía es fácil de observar con el uso del aluminio en el sector del transporte.

Vehículos más ligeros – automóviles, camiones, ómnibus, trenes, barcos, etc. – requieren menos combustible y/o pueden aumentar su carga útil.



*Tochos de extrusión*

El aluminio y la técnica de producción de la extrusión son una combinación particularmente potente. Este material y esta técnica hacen posible producir perfiles de aluminio que ahorran la utilización de mano de obra, que disminuyen los costes, al reducir los requisitos de fabricación y a un ensamblaje simplificado.

### **El metal ecológico**

El aluminio es el metal ideal para reciclaje. Reciclarlo es tan simple, fácil y sin perjuicio al

medio ambiente que con frecuencia se le denomina el metal ecológico. Sólo se requiere el 5% de consumo de la energía original al refundir los productos de aluminio. Y el aluminio puede reciclarse una y otra vez. No pierde ninguna de sus propiedades y, contrariamente a muchos otros materiales, las propiedades del aluminio nunca se alteran. El aluminio es, por tanto, una materia prima valiosa, independientemente de dónde se le encuentre en el ciclo natural.

Hydro posee un sistema óptimo de funcionamiento para reciclar y refundir aluminio y se encuentra entre las principales empresas de Europa de producción de aluminio reciclado.

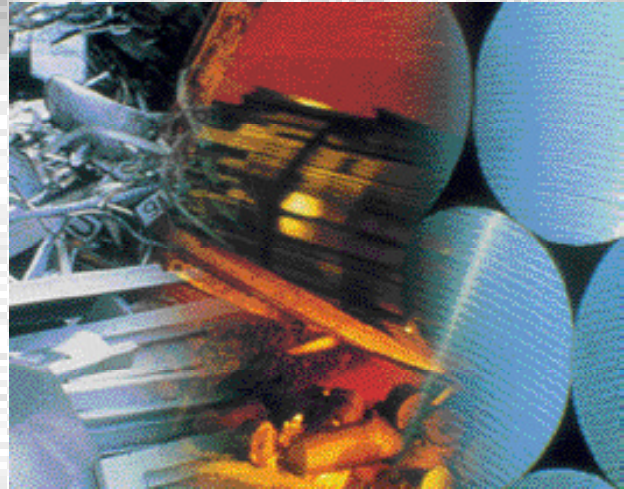


### Un análisis ventajoso del ciclo de vida

Muchas empresas analizan, hoy en día, tanto los productos existentes como los nuevos desde la perspectiva de su ciclo de vida. Se analiza el flujo completo, desde la idea y la etapa de diseño, pasando por los prototipos y la producción, hasta el mecanizado, el ensamblaje, las funciones, el mantenimiento, la vida útil y el reciclaje. En este análisis general, el aluminio posee ventajas significativas y se destaca ampliamente frente a los materiales de construcción convencionales.

### Una perspectiva ecológica completa

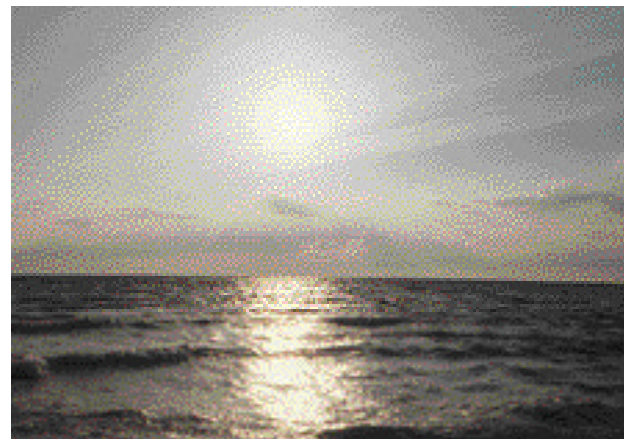
Nuestras operaciones están basadas en una perspectiva ecológica completa que abarca desde los yacimientos de bauxita hasta el reciclaje. Este enfoque caracteriza a toda la cadena de producción de Hydro Aluminium e implica la responsabilidad y el compromiso para una cuidadosa producción de materia prima, un bajo nivel de emisiones y un uso eficiente de la energía.



El sistema HAEX asegura que todos los productos residuales del proceso sean clasificados, reciclados y reutilizados. Todos los desechos de metal se refunden y reutilizan en el proceso de extrusión. Nuestras plantas de anodizado están entre las más modernas y limpias de Europa. El efluente final de las plantas de limpieza es agua que contiene 0 g de aluminio y un pH de 7.

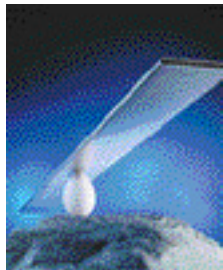
Al mejorar y aumentar continuamente el rendimiento en los procesos de producción, al reducir las emisiones al mínimo y al dar respuesta en forma clara y coherente a las cuestiones ambientales, Hydro ha logrado crear un entorno positivo y seguro en sus plantas de producción y alrededores. Las plantas de Hydro para la producción de metal y perfiles de aluminio están entre las primeras en la industria en haber recibido una certificación de acuerdo a las normas ISO 14001 y al sistema de gestión ambiental EMAS.

Con una perspectiva ecológica completa, cooperamos con nuestros clientes en la tarea de producir productos finales que minimizan el consumo de recursos, a la vez que son mejores, no afectan el medio ambiente y son más económicos.



# Propiedades del aluminio

El aluminio posee una combinación única e incomparable de propiedades que lo convierten en un material de construcción versátil, altamente utilizable y atractivo.



## Peso

El aluminio es ligero, con una densidad de un tercio de la del acero: 2.700 kg/m<sup>3</sup>.

## Resistencia

El aluminio presenta una resistencia a la tracción de entre 70 a 700 MPa dependiendo de la aleación y del proceso de elaboración. Los perfiles extruidos de aluminio con una aleación y un diseño apropiados pueden llegar a ser tan resistentes como el acero estructural.

## Elasticidad

El módulo de elasticidad (módulo de Young) del aluminio es un tercio que el del acero (E=70.000 MPa). Esto significa que el momento de inercia debe ser tres veces mayor en una extrusión de aluminio para lograr la misma deflexión que un perfil de acero.

## Facilidad de conformado

El aluminio posee una facilidad de conformado óptima, una característica que se aprovecha al máximo en la extrusión. El aluminio también se puede soldar, curvar, estirar, punzonar y fresar.

## Mecanizado

El aluminio es fácil de mecanizar. Se pueden utilizar equipos de mecanizado comunes como las sierras y

perforadoras. El aluminio también es apto para forja tanto en caliente como en frío.

## Unión

El aluminio puede unirse utilizando los métodos usuales disponibles como la soldadura, el pegado con adhesivos, el remachado, etc..

## Resistencia a la corrosión

Una fina capa de óxido se forma en contacto con el aire, lo que brinda una excelente protección contra la corrosión aun en ambientes corrosivos. Esta capa se puede fortalecer aún más mediante acabados superficiales como el anodizado o el recubrimiento con pintura en polvo.

## Conductividad

La conductividad térmica y eléctrica son óptimas aun cuando se las compare con el cobre. Más aún, un conductor de aluminio pesa sólo la mitad que un conductor de cobre equivalente.

## Dilatación lineal

El aluminio posee un coeficiente relativamente alto de dilatación lineal en comparación con otros metales. Esto debe tenerse en cuenta en la etapa de diseño para compensar las diferencias en dilatación.

## No tóxico

El aluminio no es tóxico y, por lo tanto, es sumamente adecuado para la preparación y el almacenamiento de alimentos.

## Reflectividad

El aluminio es un excelente reflector de la luz y del calor.

Propiedades físicas del aluminio en comparación con otros materiales comunes de construcción

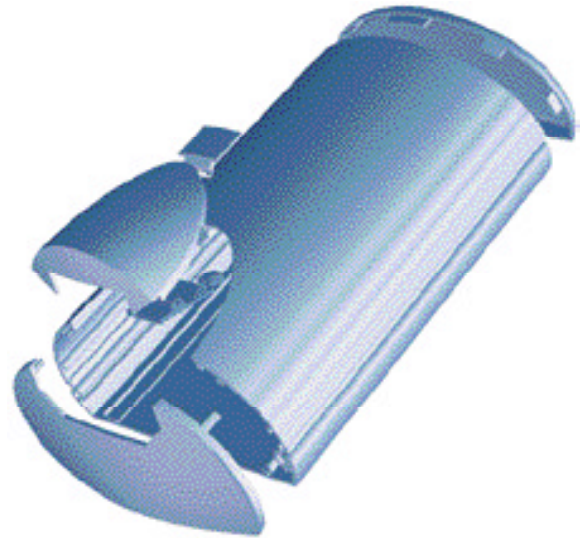
	Aluminio	Cobre	Acero 371	Plástico
Resistencia/Resistencia a la rotura N/mm <sup>2</sup>	250	250	400	50
Ductilidad/Alargamiento %	15	25	20	25
Elasticidad E, módulo de elasticidad MPa	70.000	125.000	210.000	3.000
Densidad kg/m <sup>3</sup>	2.700	8.900	7.800	1.400
Punto de Fusión °C	660	1080	1500	80
Rango de temperatura de trabajo °C	-250-150	-200-300	-50-500	-50-80
Conductividad eléctrica m/Ohm-mm <sup>2</sup>	29	55	7	-
Conductividad térmica W/m °C	200	400	76	0.15
Coefficiente de dilatación lineal x10 <sup>-6</sup> /°C	24	17	12	60-100
Amagnético	Sí	Sí	No	Sí
Soldable	Sí	Sí	Sí	Sí

# Elaboración de perfiles de aluminio

## Diseño y construcción

Todo el proceso de elaboración y producción comienza en la mesa de diseño. Es allí donde la extrusión cobra forma y se le incorporan diferentes funcionalidades para un mejor ensamblado, un trabajo mínimo de acabado y un montaje más sencillo. Allí es donde podemos aprovechar todos los beneficios del aluminio y de la técnica de extrusión a fin de lograr un producto con óptimas funcionalidades, de aspecto atractivo y la mejor efectividad en cuanto a coste.

Disponemos de los recursos necesarios para ayudarlo en las etapas de diseño y desarrollo. Nuestros departamentos de servicios técnicos, desarrollo del producto y diseño industrial participan en el diseño del perfil, así como con la realización de ajustes para características funcionales y soluciones ecológicas.



Podemos crear exactamente la solución que usted precisa, probar las secuencias de mecanizado y evaluar las ideas de conexión utilizando nuestro avanzado sistema CAD. Todo ello sin la necesidad de construir ni una matriz o perfil prototipo.

## Proceso de extrusión



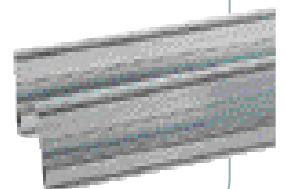
*La extrusión se desliza sobre una bancada de enfriamiento.*

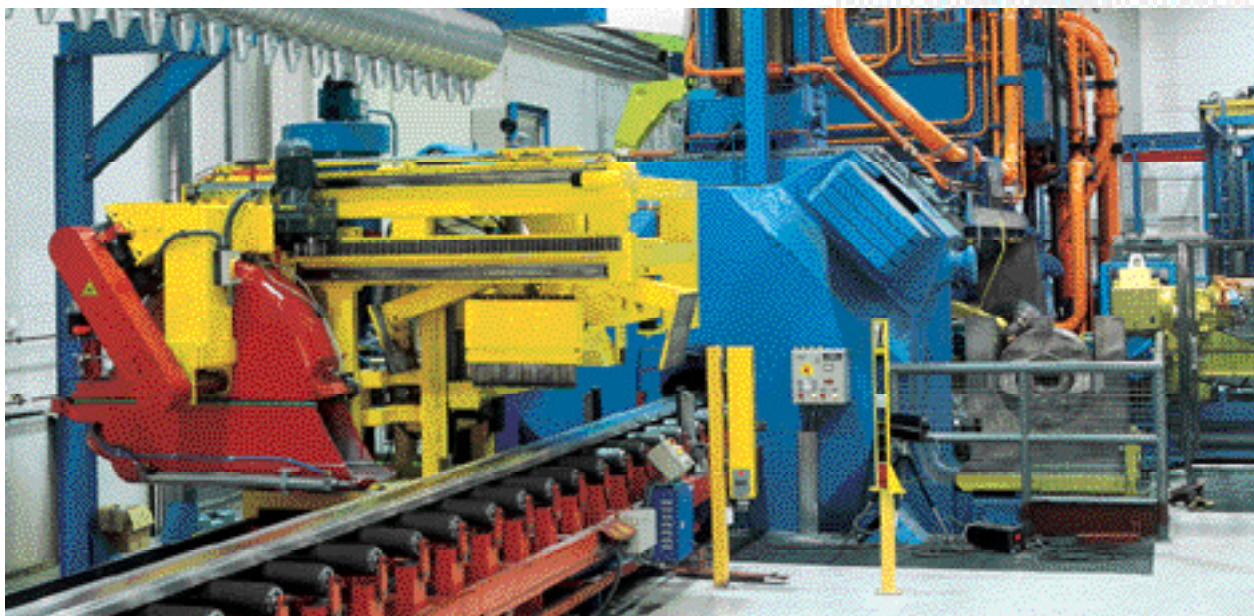
### Pre calentamiento

El material inicial para realizar perfiles de aluminio es un tocho de aluminio, elaborado de aluminio primario o bien de aluminio reciclado, secundario. El tocho de extrusión se fabrica mediante la fundición en longitudes de hasta 7 metros y está disponible en una amplia variedad de aleaciones y dimensiones para satisfacer necesidades y requerimientos específicos. El tocho de extrusión más común es el de un diámetro entre 150 y 300 mm y una longitud entre 400 y 1000 mm, dependiendo de la capacidad de la prensa de extrusión y la longitud de la extrusión terminada.

### Extrusión

La extrusión consiste en hacer pasar un tocho de aluminio precalentado (450-500°C) a alta presión (1600-6500 toneladas,



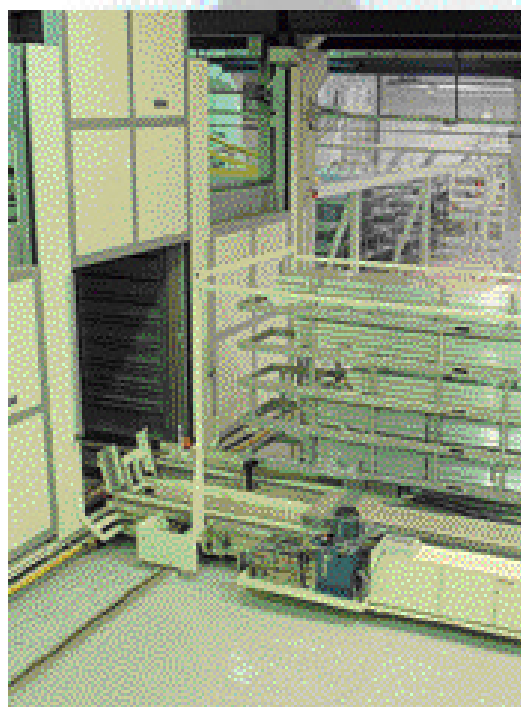


*La extrusión utiliza presiones altas, 1600-6500 toneladas dependiendo del tamaño de la prensa.*

dependiendo del tamaño de la prensa) a través de una matriz, cuya abertura corresponde al perfil transversal de la extrusión. La velocidad de la prensa de extrusión (normalmente entre 5 y 80 m/min) depende de la aleación y de la complejidad del perfil.

### **Enfriamiento y estiramiento**

Las principales partes de la prensa, son el contenedor donde se coloca el tocho para extrusión bajo presión, el cilindro principal con pistón que prensa el material a través del contenedor, la matriz y el portamatriz. El principio de extrusión se describe en el diagrama inferior. Cuando el perfil abandona la prensa, se desliza sobre una bancada donde se le enfría con aire o agua, en función de su tamaño, forma, la aleación involucrada y las propiedades requeridas. Para obtener perfiles de aluminio rectos y eliminar cualquier tensión en el material, se les estira. Luego, se cortan en longitudes adecuadas y se envejecen artificialmente para lograr la resistencia apropiada. El envejecimiento se realiza en hornos a unos 190°C entre 4 a 8 horas. Le sigue una verificación final y la extrusión está lista para su tratamiento posterior (mecanizado y/o acabado superficial) o entrega al cliente.



*Tratamiento térmico.*



*Se presiona un tocho de aluminio calentado a través de una matriz, cuya abertura corresponde al perfil transversal de la extrusión.*

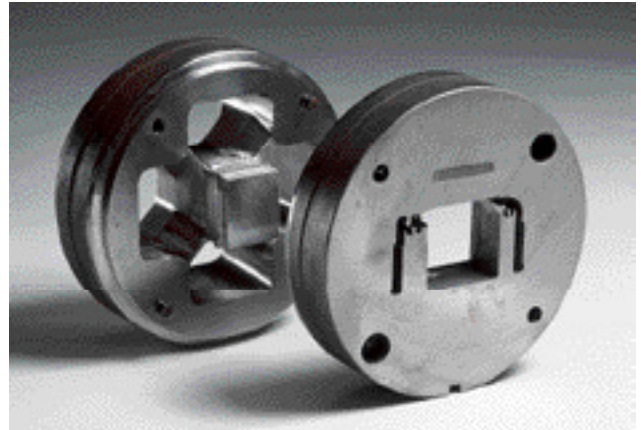




### Matrices huecas o matrices sólidas

Las matrices se dividen en dos grupos: para perfiles de aluminio sólidos o macizos y las utilizadas para perfiles huecos. Las matrices para perfiles macizos consisten en una placa plana que forma la figura externa del perfil. Las matrices para perfiles huecos se componen de dos partes; aquella en la que el aluminio fluye a través de aberturas y luego se vuelve a soldar mientras fluye sobre el mandril durante el prensado. La otra parte de la matriz crea la superficie externa del perfil.

Se pueden extruir hasta doce barras a la vez –



*Matrices para perfiles huecos.*

dependiendo del tamaño – en matrices de múltiples salidas.

Las matrices están hechas de acero resistente a altas temperaturas y la abertura de la matriz se realiza por electroerosión en máquinas controladas por CNC.



*Matriz para perfil semihueco.*

Ocasionalmente, los perfiles de aluminio abiertos tienen un diseño tal que no permiten el uso de matrices planas. Una matriz con una lengüeta profunda y una abertura angosta no soportará la presión de la extrusión. Por lo tanto, la matriz será diseñada con un

mandril para soportar la lengüeta aun cuando la matriz esté abierta. Con frecuencia este concepto se denomina matriz “semihueca”.

### Bajo coste

El coste de las matrices es considerablemente menor al de aquellas herramientas utilizadas para otros materiales de construcción. Los costes varían en función del tamaño y el tipo de extrusión. Los bajos costes de las matrices también hacen que el proceso de extrusión resulte interesante para realizar ensayos y prototipos.

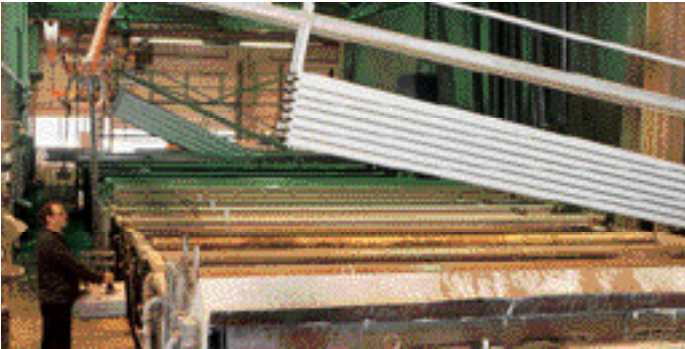


*Matriz para perfil plano.*

# Tratamiento superficial

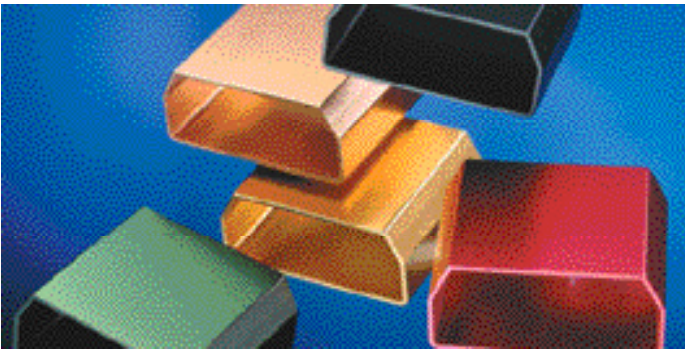
En su estado natural, el aluminio posee una superficie limpia y atractiva con una alta resistencia a la corrosión. Existe una gran cantidad de tipos de tratamientos superficiales para mejorar la resistencia a la corrosión y al desgaste mecánico.

También pueden proporcionar un aspecto decorativo o de otras formas modificar las propiedades de la superficie.



## Anodizado

El anodizado es un proceso electroquímico en el cual la película de óxido sobre la superficie del aluminio se hace más gruesa artificialmente. El proceso consiste en sumergir el perfil en un baño electrolítico donde se le conecta una corriente continua actuando el perfil como ánodo en el circuito. Mientras que la película de óxido natural es de solamente  $0,02 \mu\text{m}$ , el anodizado aumenta la capa de óxido a valores entre  $5$  y  $25 \mu\text{m}$ , en función de las características que requiera el producto. Con el proceso de anodizado, se puede mantener el color natural del aluminio (anodizado natural) o se puede elegir un color de una amplia gama de acabados.



## Recubrimiento con pintura en polvo

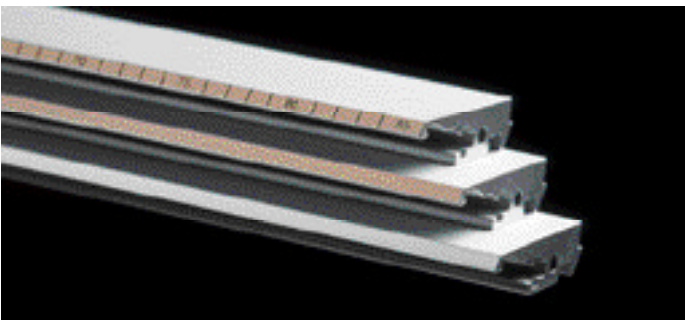
El recubrimiento con pintura en polvo ofrece una posibilidad prácticamente ilimitada de colores y es muy duradera.



## Otros métodos de tratamiento superficial

Otros métodos de tratamiento superficial incluyen el serigrafiado y el uso de láminas protectoras. El esmerilado, el pulido y el tamboreado son ejemplos de tratamientos mecánicos de superficie.

Para mayor información, ver Sección Técnica en la página 51



# Tratamientos posteriores

Es posible, en la etapa de diseño, construir un perfil que reduzca al mínimo la necesidad de tareas adicionales y que facilite el montaje y el ensamblado. Sin embargo, con frecuencia se requiere alguna clase de tratamiento posterior.

Debido a su ductilidad, el aluminio y los perfiles de aluminio son sumamente adecuados para todo tipo de mecanizado. La mayor parte de los perfiles que suministramos pasan por cierta forma de proceso posterior, como puede ser el tratamiento superficial o el mecanizado.

Nuestro programa completo de tratamiento posterior, utilizando nuestros propios recursos y los externos, incluye lo siguiente:

## Tratamiento superficial

- anodizado
- lacado
- tratamiento mecánico de superficies
- tratamiento químico de superficies

## Mecanizado

- corte transversal
- rebabado
- perforado-taladrado
- torneado
- fresado
- roscado
- punzonado

## Unión

- soldadura
- pegado con adhesivo
- atornillado
- remachado

## Conformado plástico

- curvado

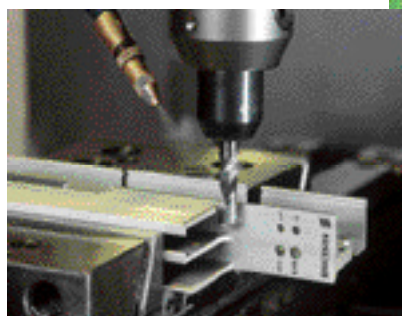
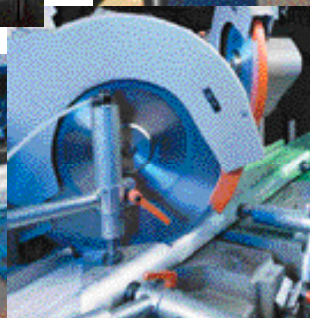
## HAEX – un recurso poderoso para su empresa

Al permitirnos hacernos cargo de su procesamiento, usted libera recursos de inversión, reduce los niveles de stock, optimiza los recursos humanos, disminuye los tiempos de producción y mejora el aprovechamiento del capital.

Contamos con todos los recursos necesarios para suministrarle el perfil exactamente con el diseño, la forma y el tamaño correctos para su producto terminado.

¿Quién realiza el procesamiento – usted o nosotros? Lea más, acerca de las posibilidades y la tecnología bajo el título Mecanizado en la Sección Técnica, página 46.

El campo de posibilidades de tratamientos posteriores depende de cada empresa del Grupo Hydro. Consúltenos.



# Embalaje y transporte



*Nuestras plantas de extrusión cuentan con las más modernas líneas de embalaje de la industria. En cada estación se suministra el material de embalaje adecuado de forma automática en las dimensiones necesarias. Esto asegura un embalaje cuidado, racional y de bajo costo.*

Empleamos una completa variedad de métodos de embalaje diferentes. Juntos podremos ponernos de acuerdo sobre qué método se adecúa mejor a sus perfiles de aluminio y sus requerimientos. De esta forma evitamos costes innecesarios y garantizamos que la mercancía sea entregada en forma segura y sin sufrir daños. Los métodos más usuales de embalaje son los siguientes:

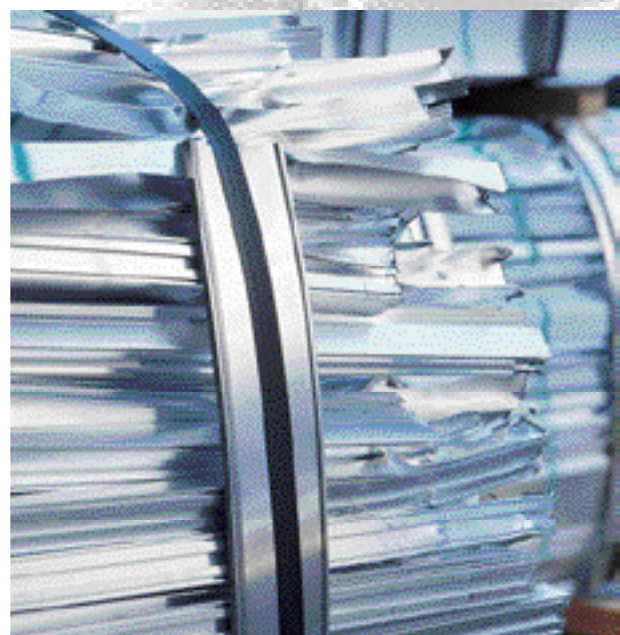
- en paquetes
- en plataformas
- en cajas de cartón
- con o sin envoltura de polietileno
- con o sin interfoliado



# Reciclaje

**El aluminio es fácil de reciclar y puede ser refundido utilizando sólo una fracción de la energía necesaria para elaborar el aluminio primario.**

El aluminio es una materia prima valiosa. En HAEX, todo el material desechado de aluminio. Poseemos un sistema eficiente para reciclar los recortes y chatarras de nuestros clientes y estamos dispuestos a ofrecer interesantes posibilidades de negocios.



# Compra de perfiles de aluminio a HAEX

Nuestro objetivo es fabricar la solución ideal a través de un perfil que satisfaga las necesidades de rendimiento, calidad, precisión y economía de nuestros clientes. Cuanto antes podamos tomar parte del proceso de desarrollo, mejor, ya que usted podrá entonces acceder a toda nuestra experiencia, capacidad, *know-how* y recursos. A continuación incluimos una breve guía que le facilitará su planificación de perfiles y su primer contacto con nosotros en HAEX.



## Servicio de ventas y servicios al cliente

Ponerse en contacto con nuestro servicio de ventas y servicio al cliente es fácil y rápido. Nuestro personal de ventas responde a sus preguntas y atiende sus nuevos proyectos. Los vendedores en nuestras

plantas de extrusión vigilan las órdenes en curso, controlan las entregas, etc. Llámenos o visite nuestra página

[www.hydroaluminio.com.ar](http://www.hydroaluminio.com.ar)

[www.hydroaluminio.es](http://www.hydroaluminio.es)

para mayor información sobre el centro de servicio al cliente más próximo.

## ¿Se puede extruír un bichero?

¿Se puede elaborar mi producto en aluminio? ¿Se puede extruír un bichero? Estamos deseosos de poder responder a sus preguntas sobre el aluminio y los perfiles de aluminio cuando vd. lo necesite. Podemos guiarlo por el camino correcto desde el principio. ¡Esperamos su llamada!

## ¿Precisa ayuda con los planos, el desarrollo, el diseño o la construcción de su producto?

¡Se le ocurrió una idea!  
Tal vez se trate sólo de un

boceto, pero no está muy seguro de cómo seguir adelante. O quizás tenga un plano que necesite perfeccionamiento. Llámenos y juntos seguiremos avanzando!

## ¿Cuánto cuesta?

Podemos proporcionarle una idea muy clara de los costes implícitos en las matrices y la producción, mecanización y tratamiento superficial desde las primeras etapas del desarrollo. Llámenos y permítanos contarle un poco más.



## Redacte una especificación de los requerimientos

Cuanto más preparado esté usted cuando se ponga en contacto con nosotros, mejor. En ese caso podremos brindarle nuestro cualificado asesoramiento de forma directa. Un buen consejo, entonces, es leer las diferentes secciones del Manual de Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio y redactar una especificación preliminar de los requerimientos o 'listado de compras' para su producto. ¿Qué uso le dará? ¿Interno o externo? ¿Cargas grandes o pequeñas? ¿Estará visible u oculto? ¿Será un perfil grande o pequeño, plano o hueco? ¿Cuáles son sus requerimientos superficiales? Y así la lista continúa.

## Buenas relaciones

Las relaciones óptimas y duraderas con nuestros clientes constituyen el verdadero fundamento de nuestro negocio. Al conocerlo a usted, sus requerimientos y su producto, aumentamos la posibilidad de lograr los objetivos en común.



# Elementos a tener en cuenta al especificar

**Nuestro Manual de Diseño de Perfiles de Extrusión de Aluminio le brinda una gama de variables que deberán ser tomadas en cuenta cuando proyecte y diseñe los perfiles. Todas ellas son importantes en cuanto a rendimiento y economía.**

## Cooperación técnica

En HAEX, podemos combinar las funciones de proveedor de la extrusión y de socio en el desarrollo. Póngase en contacto con nosotros en la etapa inicial de modo tal que podamos fabricar un perfil que ofrezca el mejor rendimiento y la mejor economía.

## Asistencia única

Aprovechar las capacidades especiales de Hydro libera los recursos de su empresa. A través de HAEX, usted obtiene acceso a un socio que asume la responsabilidad total para la solución de sus requerimientos de procesado y tratamiento superficial, en forma racional, que ahorra tiempo y es económica.

## Aleaciones

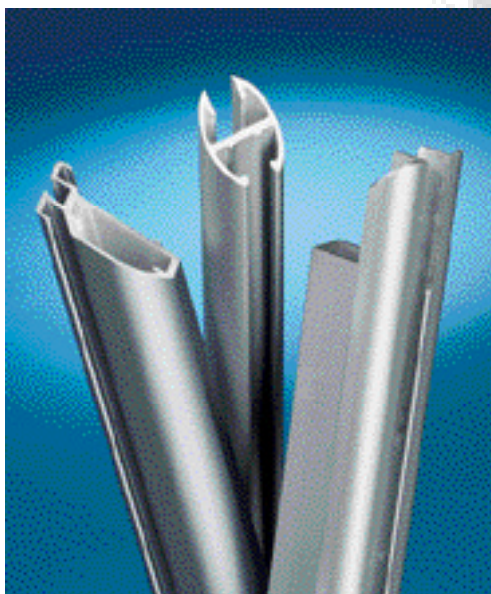
Elija la aleación adecuada que cumpla con las características y el rendimiento necesarios del producto. Cuanto mayor porcentaje de aleantes tenga una aleación, más costosa y difícil de fabricar resulta.

## Diseño óptimo

Analice los consejos y las sugerencias del Manual. Un diseño de extrusión creativo con funciones incorporadas simplifica la siguiente etapa y reduce los costes.

## Optimización de los materiales

Los materiales pueden optimizarse utilizando un diseño creativo incluso en perfiles de aluminio con requerimientos de alta resistencia. Coloque material donde sea necesario y no haga la extrusión más pesada y más costosa de lo necesario.



## Requerimientos de superficie

No todos los perfiles de aluminio requieren tener superficies de la mejor calidad. No hay duda de que las exigencias de superficie para un perfil destinado a un camión son diferentes a aquellas que forman parte del panel del frente de un equipo de audio de alta fidelidad. Seleccionar el acabado correcto para la aplicación adecuada ahorra dinero.

## Tratamiento Posterior

Una cantidad creciente de perfiles extruidos de aluminio se someten posteriormente a un mecanizado para obtener componentes terminados. La necesidad de estos procesos puede reducirse ya en una temprana etapa del diseño. Del mismo modo, también se pueden diseñar, adaptar y preparar perfiles de aluminio teniendo en mente el mecanizado. Todo ello para lograr una producción racional y efectiva en cuanto a costes.

## Cantidad correcta

Optimice sus pedidos/entregas de perfiles de aluminio. Pequeños volúmenes pueden traducirse en mayores costes.

## Reciclaje

El aluminio es una materia prima valiosa y reciclamos todos los residuos de la producción. También podemos tomar los residuos de su producción y reciclarlos de manera efectiva.

# Aleaciones

La elección del material es una decisión fundamental en el desarrollo de todo producto.

El aluminio posibilita darle al producto propiedades físicas y mecánicas adecuadas, a la vez que se logra un aspecto estéticamente atractivo. Asimismo, la técnica de la extrusión, combinada con la aleación correcta y el tratamiento térmico apropiado, ofrece infinitas oportunidades de aplicación. También forma la

base para el perfeccionamiento de los productos.

El aluminio puro se utiliza en el ámbito comercial todavía de forma limitada. La mayoría de los perfiles extruidos de aluminio están fabricados a partir de aluminio aleado con otros metales. Los elementos más comúnmente utilizados son el magnesio (Mg), el silicio (Si), el manganeso (Mn), el zinc (Zn) y el cobre (Cu). El total de material aleante fluctúa entre el 0,2% y el 0,7%.

<b>Al</b>	<b>+</b>	<b>Zn</b> Zinc	Aumenta la resistencia y la dureza. Posibilidad de corrosión. Combinada con Mg, proporciona aleaciones tratables térmicamente.
<b>Mg</b> Magnesio	<b>Si</b> Silicio	<b>Cu</b> Cobre	Proporciona aleaciones tratables. Aumenta la dureza y la resistencia. Reduce la resistencia a la corrosión
Aumenta la resistencia y la dureza. Buena resistencia a la corrosión. Aumenta la soldabilidad.	Combinado con Magnesio proporciona aleaciones tratables. Buena resistencia a la corrosión.	<b>Mn</b> Manganeso	Aumenta el límite elástico y la carga de rotura. Buena resistencia a la corrosión.

Propiedades que se pueden obtener al alea el aluminio con otros metales.

El aluminio para extrusión utiliza, en su mayoría, aleaciones con los siguientes números de series:

Serie 1000 – Al

Serie 6000 – Al + Mg + Si

Serie 7000 – Al + Zn + Mg

La serie 1000 no es susceptible de tratamiento térmico. Estas aleaciones son con frecuencia elegidas para los productos en los que se desea una alta conductividad térmica y eléctrica. Poseen una baja resistencia.

Las series 6000 y 7000 son termotratables. Son las aleaciones de extrusión más comúnmente utilizadas y poseen una amplia gama de aplicaciones.

La serie 6000 posee una alta extrusionabilidad y puede ser

termotrataada por solubilización a la temperatura de extrusión. Asimismo, estas aleaciones poseen una resistencia entre media y alta, son fáciles de soldar y ofrecen una excelente resistencia a la corrosión, incluso en entornos salinos. La mayoría del material extruido para estructuras está fabricado en estas calidades. Se les utiliza para construcciones bajo carga, tanto en tierra como en el mar.

La aleación 6060 ofrece una resistencia intermedia y es fácil de extruir incluso en perfiles de sección compleja. Es la aleación para extrusión más utilizada. Posee una gran facilidad de conformado para el curvado en estado T4. Las aplicaciones más comunes son los perfiles de aluminio para ventanas y puertas, iluminación, marquesinas, barandillas y muebles. Este material es sumamente apto para el anodizado, tanto con fines decorativos como de protección.

La aleación 6101 ofrece prácticamente las mismas posibilidades de producción que la 6060. Es particularmente adecuada para aplicaciones eléctricas donde se requiere una resistencia bastante elevada.

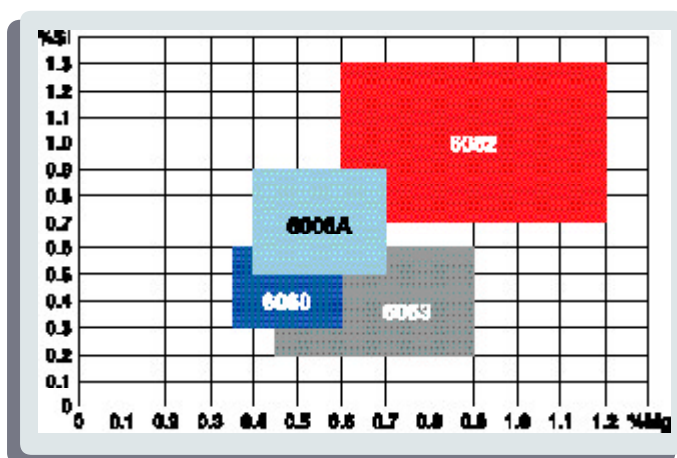
La aleación 6063 posee unas características mecánicas un poco mayores que la 6060, pero es también más difícil de extruir, especialmente si la sección del perfil es complicada. Las aplicaciones son, en su gran mayoría, las mismas que para la serie 6060. Este material es sumamente apto para el anodizado, tanto para fines decorativos como de protección.

La aleación 6005 posee una mayor resistencia que la 6063 pero es un poco más difícil de extruir. El material soporta comparativamente poco estiramiento antes de que exista una deformación permanente en la condición de termotratado. Esta aleación puede ser expuesta a una mayor corrosión intercrystalina que las series 6060, 6063 y 6082. Es apta para el anodizado con fines de protección pero la calidad de la superficie hace que el acabado decorativo resulte más difícil.

La aleación 6082 posee una alta resistencia y es adecuada para la extrusión de perfiles con secciones que no sean demasiado complicados. Las aplicaciones más comunes son las estructuras que soportan carga en la industria naviera, de ultramar, del transporte y la construcción, como las plataformas, puentes, escaleras, andamios y barandillas. El material es apto para el anodizado con fines de protección.

La serie 7000 posee la mayor resistencia de las aleaciones utilizadas en la extrusión. Posee una óptima soldabilidad y una menor reducción de la resistencia en zonas afectadas térmicamente que la serie 6000. Sin embargo, su resistencia a la corrosión y facilidad de conformado no son tan buenas como las de la serie 6000. Esta particularidad puede mejorarse añadiendo pequeñas cantidades de Zn, Cr o Mn. Las aplicaciones más comunes son las piezas de automóviles, los contenedores para aviones, los cuadros de bicicletas y los barcos de alta velocidad.

La aleación 7108 posee una alta resistencia y una óptima resistencia a la fatiga, pero posee una extrusionabilidad y facilidad de conformado limitadas. Esta aleación es susceptible a la corrosión por tensiones en áreas sometidas a altas



Los contenidos de magnesio y silicio de las aleaciones del grupo 6000 pueden superponerse en determinados casos (ver el diagrama anterior). Las aleaciones, por lo tanto, pueden crearse con un enfoque dirigido a optimizar su funcionalidad y a la capacidad para producirla. Este proceso se lleva a cabo continuamente y hoy en día contamos con una cantidad de variantes de los tipos de aleaciones descritos anteriormente que han sido adaptadas para adecuarse a condiciones específicas.

## Condiciones de entrega

F	Extruido y enfriado al aire
O	Recocido a una temperatura de 350-500°C, durante 1-5 horas
T4	Termotratado por solubilización y envejecido naturalmente a 20°C durante 5-10 días
T6	Termotratado por solubilización y envejecido artificialmente

*Se pueden obtener propiedades especiales del material mediante un tratamiento térmico especial. A modo de ejemplo, mediante un calentamiento prolongado, es decir, un tratamiento térmico más extenso que el tiempo óptimo de endurecimiento, se logra una menor resistencia pero, a cambio, la aleación se vuelve más dura y en algunos casos posee una mayor resistencia a la corrosión.*

tensiones. La resistencia a la corrosión por tensiones se puede incrementar levemente mediante el sobre-envejecimiento. Sólo se debe llevar a cabo la soldadura en áreas donde la carga sea menor. Las aplicaciones más comunes son las estructuras para construcción y aplicaciones para el transporte donde se requiere una resistencia elevada. El material es apto para el anodizado con fines de protección.

## Temperatura – Propiedades mecánicas

Se debe tener cuidado al utilizar el aluminio a altas temperaturas. Las propiedades mecánicas podrían reducirse significativamente con temperaturas superiores a los 100°C, especialmente si el material ha sido térmicamente endurecido o trabajado en frío.

En general, las aleaciones 6060, 6063, 6005 y 6082 no deberían utilizarse en estructuras a temperaturas mayores de 100°C. La resistencia a la tracción disminuye a medida que aumenta la temperatura mientras que el alargamiento hasta la fractura usualmente aumenta. Debe tomarse en cuenta que las características dependen de la aleación, la temperatura y el tiempo. Si el diseñador no está familiarizado con las características de una aleación determinada a una temperatura dada, se puede asumir como punto de partida que las propiedades como la resistencia a la tracción, la cizalla y la fatiga varían proporcionalmente a la resistencia a la tracción.

## Propiedades a baja temperatura

Contrariamente al acero, las aleaciones de aluminio no se vuelven frágiles a bajas temperaturas. De hecho, las aleaciones de aluminio aumentan su resistencia y ductilidad mientras que la resistencia al impacto permanece inalterable. A medida que la temperatura desciende por debajo de 0°C, el límite de fluencia y la resistencia a la tracción de las aleaciones de aluminio aumentan.



## Sumario de propiedades de las aleaciones

Hydro Aluminio		1050	1370	6060	6063	6101	6005	6082	7108
	<b>Condición</b>								
Límite Elástico, Mpa	O	20	25						
	F	35	40						
	T4			70	95	70	70	125	240
	T6			190	225	190	260	290	320
Resistencia a la tracción, Mpa	O	65	70						
	F	80	80						
	T4			150	190	150	160	225	300
	T6			215	250	215	285	315	350
Alargamiento, A5%	T4			23	24	23	22	20	15
	T6			10	10	10	8	10	12
Dureza Brinell, HB	T4			43	47	45	47	65	88
	T6			67	81	67	92	100	114
Densidad (kg/m³)		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2710	2780
Módulo Elástico (MPa)		70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Coefficiente de dilatación 20-100°C (°C-1)		24E-06	24E-06	23E-06	23E-06	24E-06	23E-06	23E-06	23E-06
Conductividad térmica 20°C (W/mK)		229	235	200	200	218	200	180	140
Conductividad eléctrica % IACS		62	62	52	52	57	52	46	35
Temperatura de fusión (°C)		645-658	645-660	600-655	600-655	620-655	615-655	580-650	610-640
EN-AW				6060/63	6063 A	6101	6005A	6082	7108

Los valores de las propiedades mecánicas pueden variar según los diferentes parámetros del proceso. Los valores suministrados son característicos y pueden garantizarse sobre la presunción de que se ha alcanzado un acuerdo especial.

Relación entre algunos métodos aceptados para medir la dureza.

Brinell	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Vickers	40	51	58	61	69	71	79	82	87	92	99	103	109	118
Rockwell 'F'	20	40	54	61	67	71	79	79	82	85	87	89	91	-
Rockwell 'E'	47	55	62	68	72	77	80	83	86	88	90	92	94	96
Rockwell 'B'	-	-	-	-	12	23	32	39	46	50	55	60	63	66
Rockwell 'K'		15	25	34	41	48	53	58	62	66	70	73	76	78
Webster	5	7	9	10	11	12	13	13-14	14-16	16	16-18	18	16-17	17

Número de dureza

# Resistencia a la Corrosión

Una de las principales razones para elegir el aluminio y sus aleaciones en aplicaciones para la construcción es su alta resistencia a la corrosión. Si bien el aluminio es un metal muy activo desde el punto de vista químico, su comportamiento se estabiliza por la formación de una película protectora de óxido en la superficie. En general, esta película es estable en soluciones acuosas con pH entre 4,5 y 8,5. No obstante, se deben efectuar consideraciones adicionales si el pH excede estos límites o si el entorno contiene cloruros.

Si bien en general son muy estables, a continuación se sintetizan las clases de corrosión más comunes que pueden afectar a las aleaciones de aluminio:

## Corrosión uniforme

La corrosión se da en forma homogénea sobre toda la superficie del metal. Con el aluminio y sus aleaciones, esta clase de corrosión se ve principalmente en entornos muy alcalinos o ácidos caracterizados por una elevada solubilidad de la película de óxido natural.

## Picado

El picado es la clase más común de fenómeno corrosivo en las aleaciones ligeras, y está caracterizada por discontinuidades locales en la película de óxido, es decir, áreas en las que el espesor de la piel se reduce, se rompe, concentraciones de impurezas/elementos de aleación, etc. El aluminio es sensible a la corrosión localizada cuando hay iones de cloruro presentes (por ejemplo, agua de mar).

El picado progresa en puntos débiles de la piel superficial y en lugares donde la película de óxido tiene daños mecánicos.

El picado puede penetrar varios milímetros en un período corto de tiempo si las condiciones son extremadamente desfavorables. Las picaduras pueden presentarse de diversas formas, anchas o estrechas. Las picaduras estrechas con frecuencia pueden ser peligrosas ya que pueden ser profundas y difíciles de detectar.

La elección correcta de la aleación y el acabado superficial, por ejemplo mediante el anodizado, el recubrimiento con pintura en polvo, el recubrimiento con una capa anódica (Zn), la protección catódica por ánodo de sacrificio o la aplicación de corriente, o mediante el uso de inhibidores, son métodos que se pueden utilizar para limitar o impedir este tipo de corrosión. Se recomienda la limpieza frecuente, así como la ventilación de las construcciones complejas, y el uso de diseños de perfiles que eviten la acumulación de agua.

## Corrosión intergranular

La corrosión intergranular (CIG) consiste en una corrosión selectiva alrededor de los granos y en las áreas adyacentes sin ningún ataque aparente al grano mismo. La razón de que se dé la CIG es una diferencia en el potencial de corrosión entre el contorno del grano y la mayoría de los granos inmediatamente adyacentes. Esta diferencia puede ser causada por la distinta

composición química entre ambas zonas. Esta situación puede aparecer, por ejemplo, como resultado de un enfriamiento lento después de la extrusión. En este caso los granos serán más grandes y las partículas intermetálicas se precipitarán alrededor del grano, aumentando de esta forma la diferencia de potencial entre el contorno del grano y el interior del mismo.

La corrosión intercrystalina es difícil de detectar de modo visual y aún más difícil si se mide por pérdida de peso. Sin embargo, si se permite que la corrosión se propague dentro del metal, las propiedades mecánicas del material se verán gravemente deterioradas. Las aleaciones de la serie 6000 son normalmente resistentes a la CIG. Sin embargo, esto dependerá de la composición química. Las estructuras recristalizadas junto con un alto contenido de Si o Cu pueden provocar corrosiones de este tipo. La adición de Mn/Cr impedirá o minimizará la recristalización.

La CIG en aleaciones de la serie 7000 está vinculada a los precipitados de MgZn que son muy anódicos comparados con el aluminio.

Una de las medidas para impedir la CIG es la elección correcta de una aleación. Lea además las medidas que se indican bajo la sección "Picado".

## Corrosión cavemosa

La corrosión en hendiduras puede ocurrir cuando éstas son estrechas y están llenas de líquido (por ejemplo, agua). El uso de un sellador antes de la unión puede prevenir la entrada de humedad. Mediante el uso de un diseño de perfil adecuado, es posible reducir al mínimo el riesgo de la corrosión cavernosa.

Las manchas de agua son una clase de corrosión en hendiduras causada por el agua o la humedad retenida entre perfiles apilados en contacto. Las manchas de agua son una forma muy común de corrosión. El aspecto varía entre mate, en los casos suaves, a blanco, gris o negro en los casos más graves. Las manchas de agua en los perfiles generalmente se eliminan mediante el pulido con cinta (esmerilado) o el recubrimiento con pintura en polvo.

Los perfiles sin tratamiento superficial no deberían almacenarse nunca a la intemperie, aun cuando se utilice una envoltura plástica, debido al riesgo de condensación. El lugar de almacenamiento debería tener una humedad relativa de 45% como máximo, y una variación máxima de temperatura de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Durante el transporte de un área fría hacia un área más cálida, se debería aumentar la temperatura gradualmente para evitar la condensación.

## Corrosión galvánica

La corrosión galvánica ocurre cuando dos materiales metálicos están en contacto en presencia de un electrolito. La corrosión aumentará en el material menos noble (el ánodo) y disminuirá en el más noble (el cátodo). Como el aluminio es menos noble que los materiales de construcción más comúnmente usados, a excepción del zinc, el magnesio y el cadmio, este tipo de corrosión puede ser bastante grave en el aluminio.

El efecto protector que brinda la capa de óxido puede verse gravemente deteriorado mediante la unión con un material más noble. Esto se torna especialmente peligroso en atmósferas o en agua con altas concentraciones de cloruros y otros elementos corrosivos.

La mayoría de las clases de corrosión del aluminio pueden estar relacionadas con algún tipo de unión galvánica con un material diferente.

La corrosión galvánica se puede evitar o minimizar mediante las siguientes acciones:

De ser posible, evite el uso de materiales que presenten grandes diferencias de potencial galvánico (no se incluye el acero inoxidable). Sin embargo, si esto no es posible, los materiales de diferentes calidades deben ser aislados eléctricamente de forma correcta. Es muy importante utilizar material aislante que tenga la resistencia eléctrica adecuada y evitar el contacto metálico en toda la construcción. Esto se puede verificar con mediciones de resistencia (utilizando un multímetro).

Se puede proteger el aluminio mediante ánodos de sacrificio.

El material más noble puede tratarse de forma superficial, por ejemplo, con un recubrimiento metálico (Al/Zn), un



recubrimiento orgánico (laca, pintura, plástico, caucho) o un recubrimiento especial para tornillos y tornillos. El acabado superficial debe realizarse correctamente; esto significa que este acabado no debe aplicarse únicamente en el material menos noble. En consecuencia,

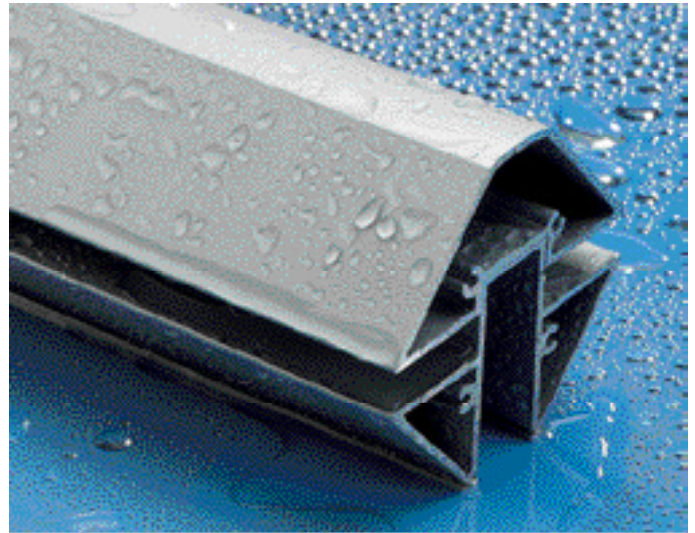
un defecto en el recubrimiento superficial puede generar una relación cátodo/ánodo muy desfavorable (una gran área catódica en relación con una pequeña área anódica provoca una corrosión significativa). La corrosión galvánica en combinación con la corrosión cavernosa puede ocasionar ataques concentrados. En función de esto, es importante evitar la concentración de líquido/agua en las hendiduras entre los materiales de diferentes características.

Evite la transferencia de iones de los materiales nobles de las superficies de aluminio, por ejemplo, las gotitas de un tubo de cobre sobre una superficie de aluminio generará la precipitación del metal cobre. El resultado será la corrosión del aluminio (corrosión por deposición). El siguiente paso será la corrosión galvánica entre las partículas de aluminio y las de cobre en la superficie del aluminio. En pocas semanas se puede generar una craterización considerable.

### Corrosión filiforme (CFF)

La corrosión filiforme en superficies pasivadas se evidencia como ataques delgados, filiformes y poco profundos que progresan debajo de las capas superficiales como la pintura. La corrosión normalmente comienza como defectos en el recubrimiento (por ejemplo, en las costuras) y sigue determinado sentido, como por ejemplo, el sentido de la extrusión. El frente de ataque está constituido por la humedad que penetra la capa superficial y reduce el oxígeno generando un área anódica.

La CFF consiste principalmente en un problema estético, pero los productos de la corrosión pueden causar deformación en las hendiduras estrechas o la exfoliación del acabado superficial. El ataque extenso de la CFF observado durante las pruebas de corrosión puede atribuirse a una región superficial reactiva más elevada con una composición química impredecible, que puede formarse durante la transformación termomecánica de la aleación. Está comprobado que es necesario la extracción al menos de 2 g/m<sup>2</sup> de metal de aluminio por ataque químico antes de realizar un cromatizado en forma apropiada. En tanto ello se haga correctamente, los perfiles de aluminio de las series 6060/6063 mostrarán una alta resistencia a la CFF.



## Resistencia a la corrosión en diversos ambientes

### La atmósfera

La corrosión es insignificante en el aire puro del campo. El aluminio no se corroe donde existen altos niveles de dióxido de azufre pero su aspecto puede tornarse oscuro o mate en determinadas circunstancias.

### Agua

Puede producirse picadura por agua estancada. La composición del agua es el factor importante ya que la presencia de iones de cobre, calcio, cloruro y bicarbonato aumentan el riesgo de manera considerable. Sin embargo esto se puede prevenir mediante la limpieza y secado regulares. De este modo, el aluminio es sumamente apto, por ejemplo para fabricar cacerolas.

### Agua de mar

Las aleaciones con contenido de silicio, magnesio y manganeso exhiben una alta resistencia a la corrosión en agua de mar. Por el contrario, deberían evitarse las aleaciones de cobre.

### Suelo

La resistencia a la corrosión depende en gran medida de la humedad del suelo y su pH. A las superficies de aluminio en contacto con el suelo conviene tratarlas con una capa gruesa de bitumen o, por ejemplo, un recubrimiento con pintura en polvo.

### Ácidos

La mayoría de los ácidos inorgánicos poseen un alto efecto corrosivo en el aluminio – excepto el ácido nítrico. Las altas temperaturas, las concentraciones de ácido elevadas y los altos niveles de impurezas en el aluminio aumentan el índice de corrosión de manera significativa.

### Álcalis

Los álcalis fuertes son altamente corrosivos. El hidróxido de sodio reacciona violentamente con el aluminio. La velocidad de corrosión puede reducirse en ambientes donde el pH sea entre 9 y 11 utilizando silicatos. El cemento húmedo posee un pH alto y por lo tanto corroe las aleaciones de aluminio.

### Compuestos orgánicos

El aluminio es sumamente resistente a la mayoría de los compuestos orgánicos. Sin embargo, puede darse la corrosión con ciertos líquidos anhídricos.

### Otros materiales

En la práctica, el problema de la corrosión ocasionado por el contacto con otros materiales es en general reducido. La capa natural de óxido brinda una óptima protección.

# Tipos de perfiles de aluminio

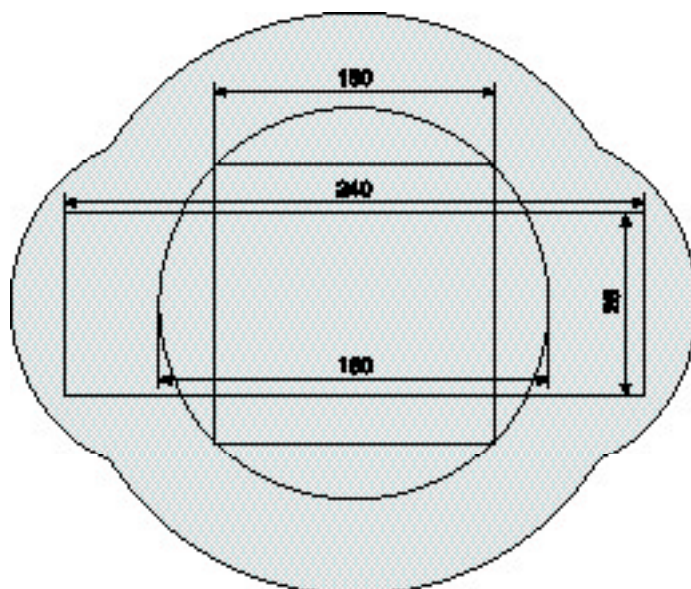
Existen tres tipos de perfiles de aluminio:

- Los perfiles planos sin cavidades
- Los perfiles huecos con cavidades
- Los perfiles semihuecos

La relación entre el área transversal de la abertura y el cuadrado de la abertura en el agujero de la extrusión determina si la extrusión es semihueca o no.

El diámetro del círculo que circunscribe a la extrusión (DCC) es la medida del tamaño de la extrusión y determina el espesor del material, las tolerancias y el precio.

A continuación se describen los límites según los cuales la mayoría de las plantas en HAEX pueden proveer perfiles extruidos de aluminio de aluminio en función del DCC.



## Perfiles de aluminio planos

El diagrama muestra el rango de las dimensiones máximas para una extrusión maciza.

## Perfiles de aluminio huecos

Según el diagrama, las siguientes medidas se aplicarían a los perfiles de aluminio abiertos:

Tubo cuadrado, un máximo de 150 x 150 mm

Tubo rectangular, un máximo de 240 x 25 mm

Tubo circular, un diámetro máximo de 160 mm

Los tamaños máximos pueden variar en función de la aleación, el espesor del material, la complejidad y las tolerancias. Contáctenos para averiguar los límites definidos. HAEX fabrica en sus distintas plantas perfiles de aluminio que pesan entre 80 g/m y 30 kg/m.(\*). Consulte con su planta más cercana para conocer sus capacidades.

(\*). Los materiales especiales están sujetos a condiciones especiales de venta.

# Principios generales de Diseño

## El sueño de todo diseñador creativo

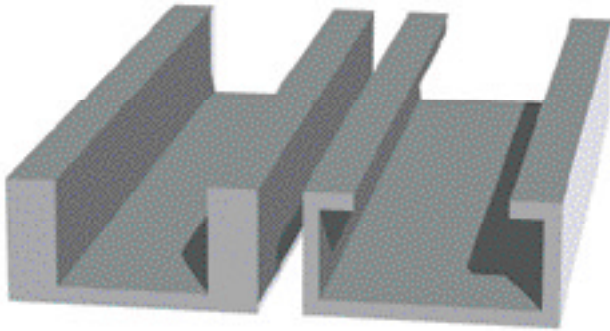
Si usted trabaja en el desarrollo y la mejora de productos nuevos y existentes, utilizar el aluminio como componente le brinda prácticamente un sinfín de oportunidades de diseño.

Para lograr el diseño exitoso de un producto, le serán de gran ayuda algunas pautas de diseño. Estas pautas le ayudarán al diseñador a lograr

perfiles de aluminio con una mejor funcionalidad y extrusionabilidad y, en consecuencia, menores costes de producción y una mayor economía en todo sentido.

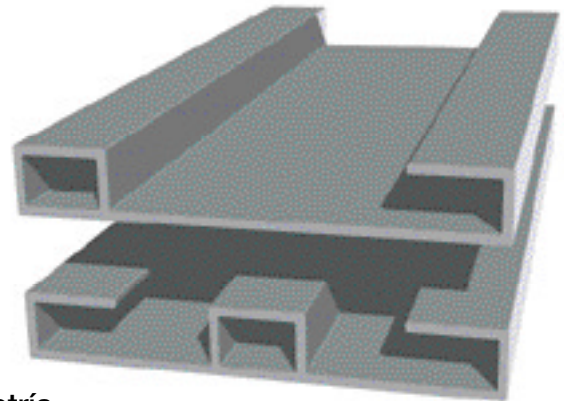
Las siguientes páginas contienen información de ayuda para su tarea de diseño.

Contáctenos si precisa más ayuda.



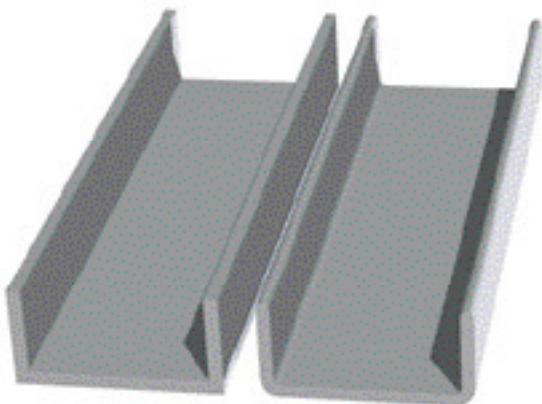
### Paredes de espesor uniforme

El espesor uniforme de pared en un perfil reduce la carga en la matriz y por lo tanto minimiza el riesgo de que ésta se dañe. Las grandes diferencias en el espesor de las paredes dentro de un perfil también deberían evitarse para reducir al mínimo las diferencias en el aspecto superficial después del anodizado. El espesor uniforme de la pared se obtiene modificando la forma de la extrusión y colocando el material donde más se necesita.



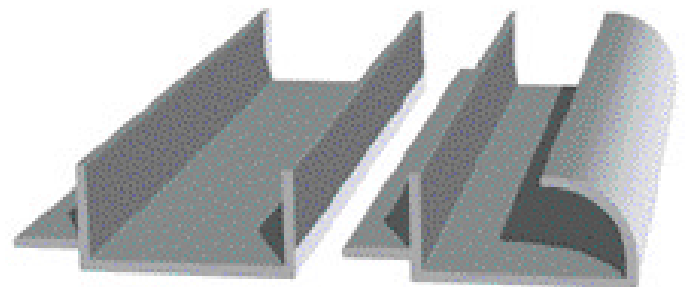
### Simetría

Con perfiles de aluminio de diseños simétricos se obtiene un flujo equilibrado del material a través de la matriz, al tiempo que se distribuye la carga en ella en forma pareja. Además, la forma del perfil es más precisa y se reduce considerablemente el riesgo de rotura de matrices.



### Formas redondeadas

Como norma, se deben redondear todos los ángulos. Los radios normales varían entre 0,4 a 1,0 mm. Si el diseño exige bordes o ángulos más agudos, se puede usar un radio de 0,3 mm como mínimo.



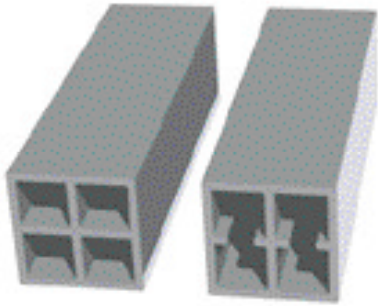
### Diámetro del círculo circunscrito

Siempre intente reducir el círculo circunscrito. Además de facilitar la extrusión, ayuda a mantener bajo el coste de producción y el valor de la matriz.

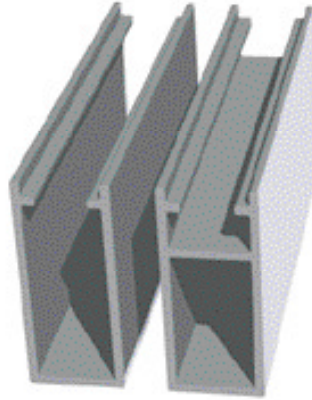
---

## Simplifique y facilite

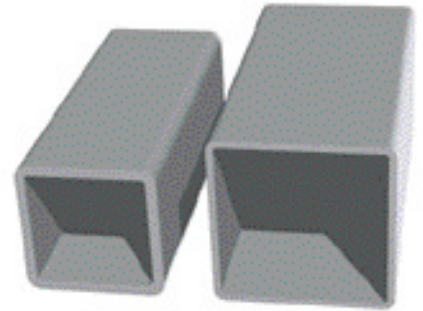
Una modificación que no produce ningún efecto en el aspecto funcional del perfil pero que simplifica y facilita la producción supondrá menores costes de producción y una mejor economía. Veamos algunos ejemplos.



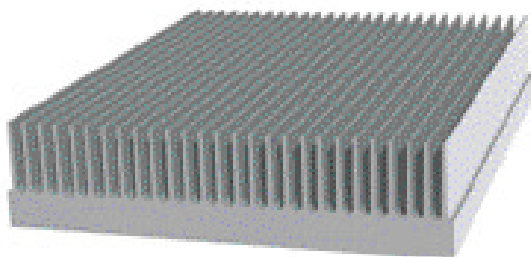
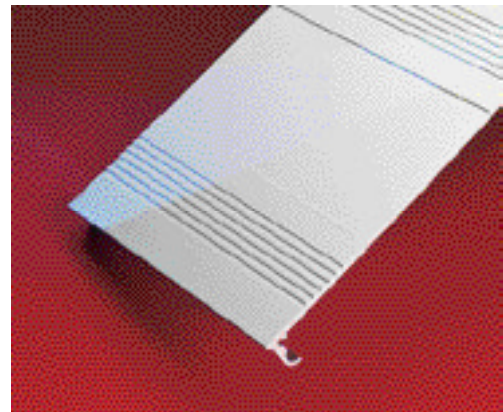
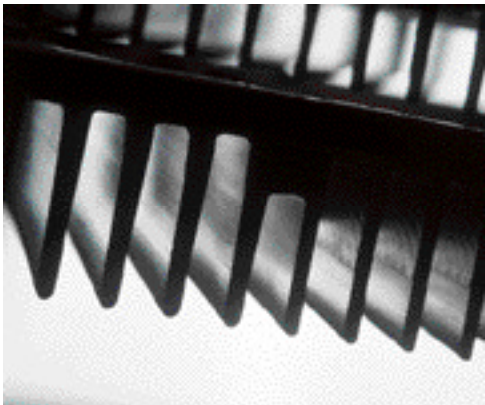
Una menor cantidad de cavidades reduce los costes.



La tendencia hacia una extrusión hueca brinda un mejor control dimensional.

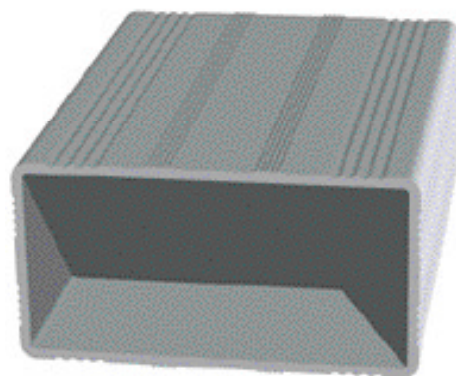


Incrementar el tamaño puede reducir el peso y aumentar la rigidez.



## Disipadores de calor

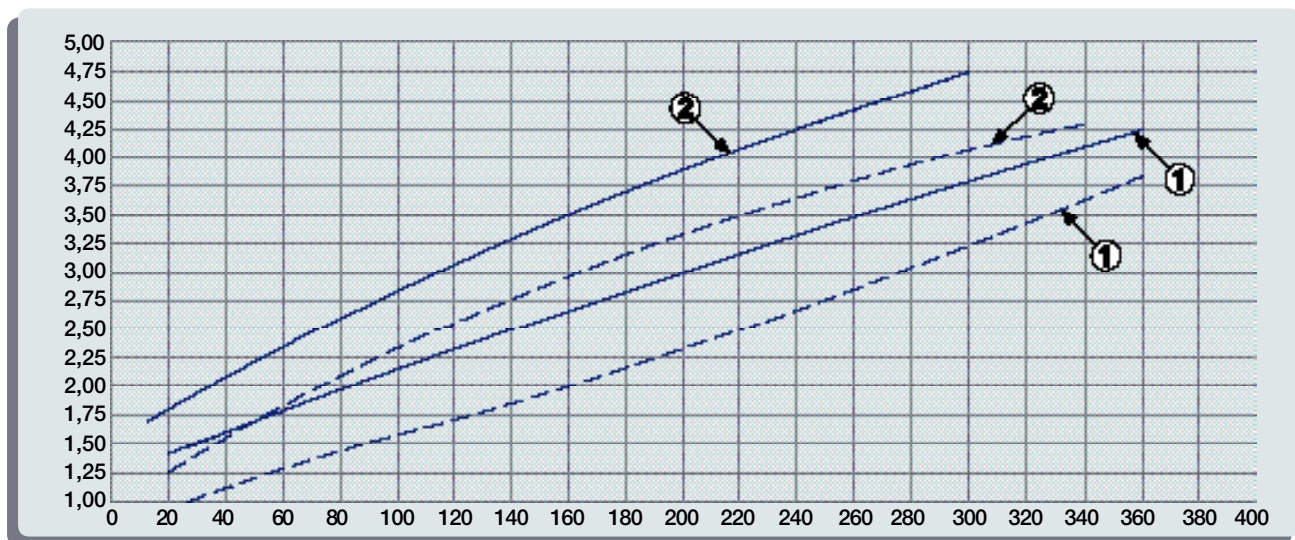
El diseño de las aletas aumenta la superficie de la extrusión y la conductividad térmica.



## Líneas decorativas

Las líneas decorativas en una extrusión pueden ocultar irregularidades y protegerla contra daños durante la manipulación y la fabricación.

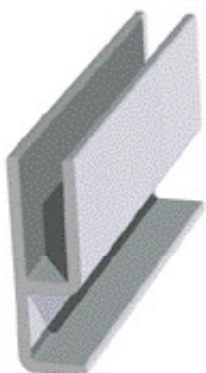
## Espesor mínimo de los materiales



— Aleación 6082    - - - Aleación 6060    1 = Extrusión sólida.    2 = Extrusión hueca

Espesores mínimos recomendados del material (en mm) en relación con el diámetro del círculo circunscrito.

## Ancho y profundidad del hueco

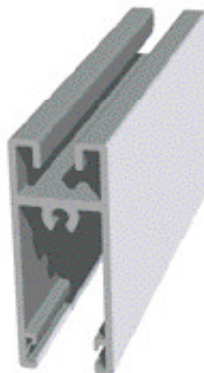


Relación máxima entre la profundidad (h) y el ancho (b) del hueco en perfiles de aluminio planos

Ancho b (mm)	Relación h:b
<1	1,0
1-2	2,0
2-3	2,5
3-4	3,0
4-5	3,5
5-15	4,0
15-30	3,5
30-50	3,0
50-80	2,5
80-120	2,0
>120	1,5



## Superficie – ancho del hueco



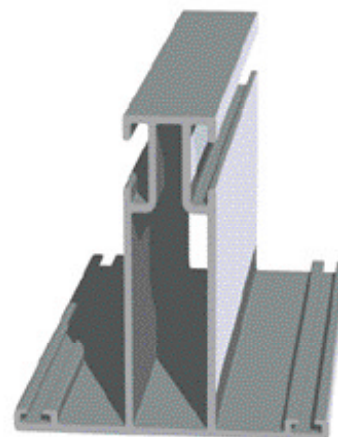
Relación máxima entre la superficie y el ancho del hueco

Ancho del hueco b (mm)	Relación de superficie $A/b^2$
2-3	2,0
3-5	3,0
5-50	3,5
50-80	3,0
80-120	2,0
>120	1,5



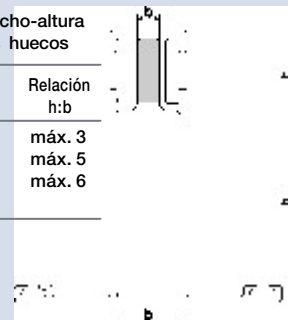
Relación recomendada entre superficie y el ancho del hueco.

## Altura – ancho



Relación ancho-altura en perfiles huecos

Mínima - distancia b (mm)	Relación h:b
6-10	máx. 3
10-20	máx. 5
20-30	máx. 6
>30	



Relación altura – ancho para perfiles de aluminio huecos.

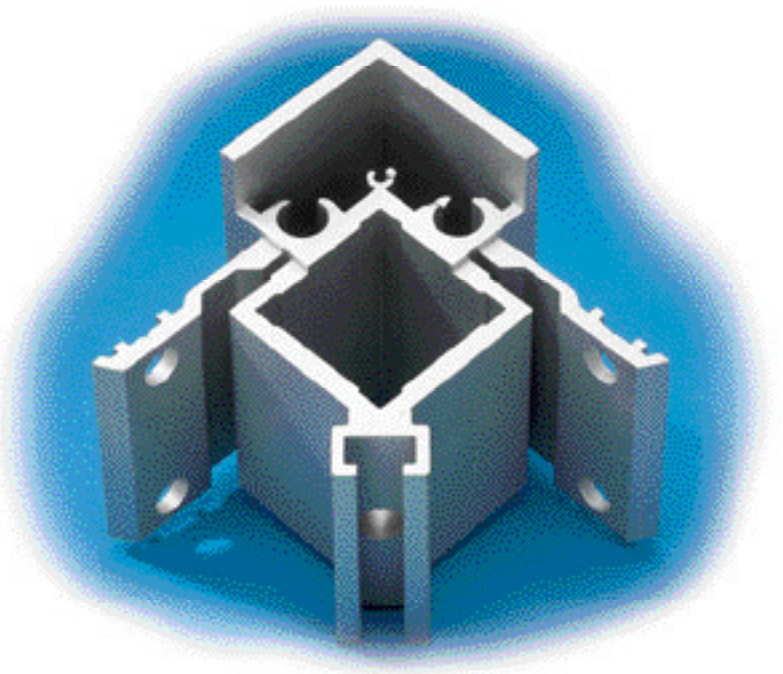
Relación recomendada entre la profundidad (h) y el ancho (b) en perfiles de aluminio planos.

# Uniones

Las oportunidades que brinda el proceso de extrusión para diseños creativos genera uniones fuertes, estables, rápidas y eficaces, ya sea para unir una extrusión con otra o para unir una extrusión con otro material.

Existen diversas ventajas que pueden obtenerse al unir varios perfiles de aluminio pequeños en una unidad mayor. Se simplifica la manipulación. La extrusión, el acabado superficial y una gran cantidad de mecanizados pueden realizarse en forma más racional. Los perfiles de aluminio más pequeños pueden producirse con un menor espesor de material, mayor precisión y, en muchos casos, menores costes de matriz.

Los siguientes ejemplos muestran una amplia gama de métodos de unión. Esperamos poder inspirar al diseñador de la extrusión para generar mejores soluciones.



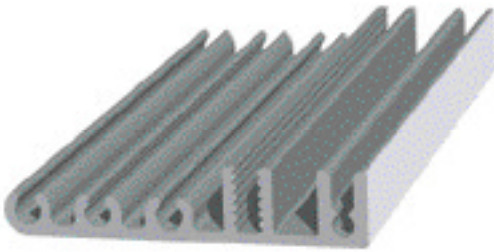
## Alojamientos para tornillos

En el caso de las juntas angulares, el montaje de cubiertas, etc. los perfiles de aluminio pueden diseñarse y extruirse con alojamientos para tornillos autorroscantes o tornillos plásticos. El consumo de material de las muescas para tornillos es

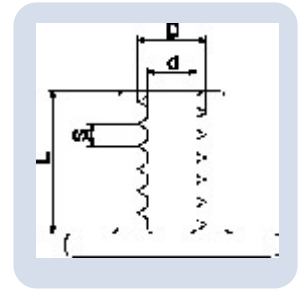
insignificante, pero los costes de fabricación serán considerablemente menores en comparación con la forma convencional de perforar y roscar agujeros de tornillos. Obviamente, los alojamientos para tornillos para metales pueden roscarse en la forma usual.



## Alojamientos porta tornillos

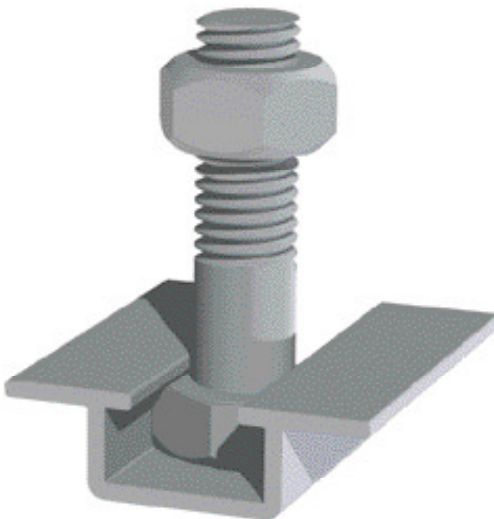


Diámetro de rosca D (mm)	Diámetro central d (mm)	Paso del tornillo S (mm)	Longitud L (mm)
2,2	1,6	0,79	5
2,9	2,0	1,06	6
3,5	2,6	1,27	7
3,9	2,9	1,34	9
4,3(4,2)	3,1	1,69(1,41)	9
4,9(4,8)	3,4(3,6)	2,12(1,59)	13
5,6(5,5)	4,1(4,2)	2,31(1,81)	16
6,5(6,3)	4,7(4,9)	2,54(1,81)	16
8,0	6,2	2,12	
9,6	7,8	2,12	

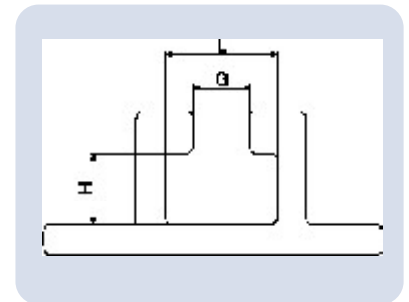


( ) tornillos de rosca fina.

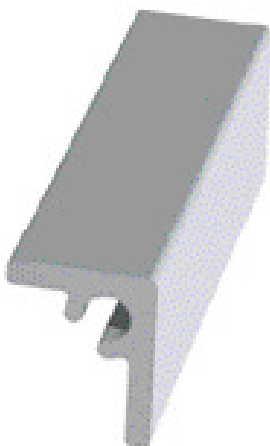
## Dimensiones del canal para cabezas de tornillos/tuercas



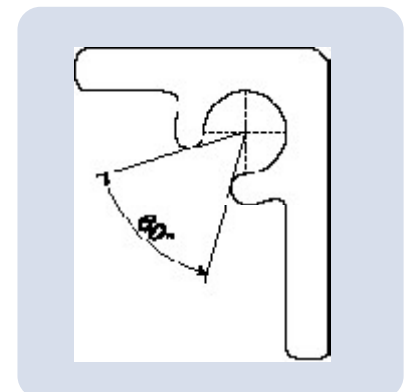
Tamaño	Longitud L (mm)	Altura H (mm)	Garganta G (mm)
M4	7,4	4,0	4,5
M5	8,4	4,5	5,5
M6	10,5	5,0	6,5
M7	11,5	6,0	7,5
M8	13,5	7,0	8,5
M10	17,5	8,5	11,0
M12	19,5	9,5	13,0
M14	22,6	10,5	15,0
M16	24,6	11,5	17,0
1/4"	11,8	5,0	7,0
5/16"	13,2	6,0	8,5
3/8"	15,0	7,0	10,2
7/16"	16,5	8,0	12,0
1/2"	19,7	9,5	13,5
9/16"	21,3	10,5	15,2
5/8"	24,5	11,5	17,0



## Diámetros de agujeros para tornillos autorroscantes



Diámetro del agujero (mm)	Diámetro de rosca (mm)	Tolerancia (±) (mm)
1,8	2,2	0,15
2,5	2,9	0,15
3,0	3,5	0,15
3,5	3,9	0,15
3,8	4,2	0,15
4,3	4,8	0,15
4,8	5,5	0,15
5,5	6,3	0,15
7,0	8,0	0,15
8,5	9,6	0,15

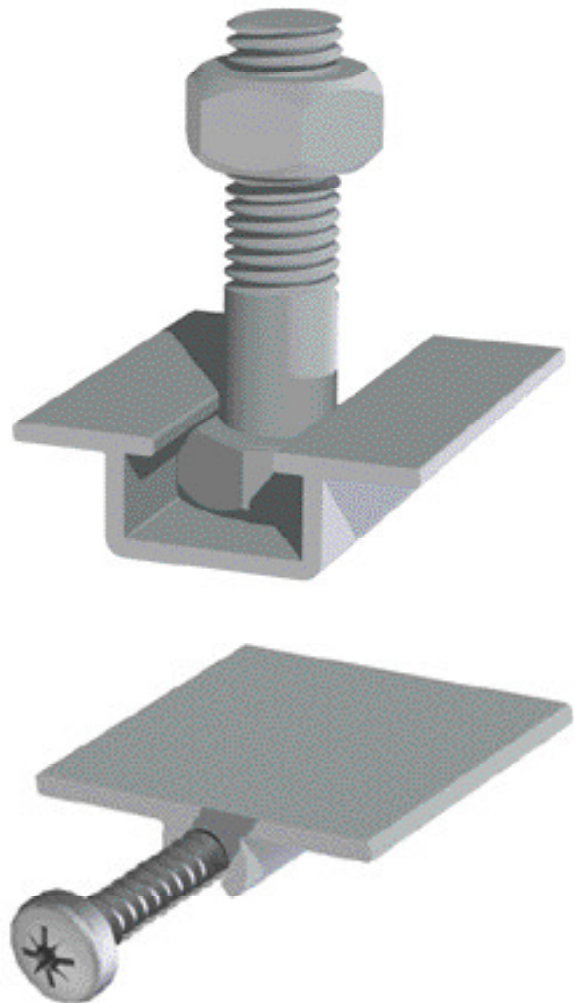
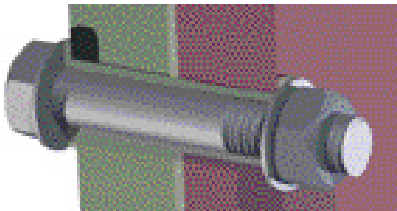


# Tornillos

Cuando sea necesario que dos o más elementos puedan ser desmontados, un tornillo con una arandela y una tuerca son la mejor forma de unir los elementos. Normalmente se utilizan tornillos galvanizados o de acero inoxidable. Una buena forma de evitar la corrosión es pintar las superficies de contacto con cromato de zinc y un componente sellador.

Para ensamblar una esquina en forma correcta, taladre y rebabe el agujero y luego utilice un tornillo con un fuerte ajuste. La diferencia en diámetro entre el tornillo y el agujero puede ser de hasta 1 mm. En juntas más sencillas no es necesario rebabar los bordes pero en ese caso la tensión de apoyo en el agujero (*bearing stress*) y la tensión de corte del tornillo deberían ser inferiores a las recomendadas.

En el caso de juntas unidas con tornillos y sometidas a cargas pesadas, el agujero deberá ser rebabado y la diferencia en diámetro entre el agujero y el tornillo deberá ser, como máximo, de 0,15 mm. Si se utilizan tornillos galvanizados en caliente, la diferencia en diámetro deberá ser de alrededor de 0,3 mm en función del diámetro del tornillo antes de ser galvanizado. Se deberá elegir la longitud del tornillo de forma tal que la sección cilíndrica sin rosca pase a través de todo el agujero escariado.



Los tornillos de acero deberán aislarse de las estructuras de aluminio en entornos altamente corrosivos. El material aislante más común es el neopreno y el nylon. Cuando se utilice neopreno, debe tratarse de una clase que no contenga carbón como aditivo.

La siguiente tabla establece las medidas que deben tomarse cuando se utilizan tornillos de acero inoxidable y galvanizados en baño caliente en estructuras de aluminio en diversos entornos.

Entorno	Acero inoxidable		Acero galvanizado en caliente	
	Se necesita aislante	Métodos alternativos	Se necesita aislante	Métodos Alternativos
Inmerso en ambientes salinos (agua de mar)	No <sup>1)</sup>	Pintar caras de contacto Componente sellador Protección catódica	No <sup>1) 2)</sup>	Protección catódica
Inmerso en agua dulce tratada	No <sup>1)</sup>	Separador	No <sup>1) 2)</sup>	Separador
Inmerso en agua dulce calcárea (dura)	No	Pintar caras de contacto Componente sellador Separador	No <sup>2)</sup>	Separador (aislación)
Clima continental	No	Ninguno	No	Ninguno
Ambientes marinos moderados	No <sup>1)</sup>	Pintar caras de contacto Componente sellador Separador	No <sup>1) 2)</sup>	Separador (aislación)
Ambientes marinos agresivos	Sí	Pintar caras de contacto Componente sellador Separador	Sí <sup>2)</sup>	Separador

<sup>1)</sup> Sin aislante, se debe tomar una o más de las medidas inhibitoras de la corrosión.

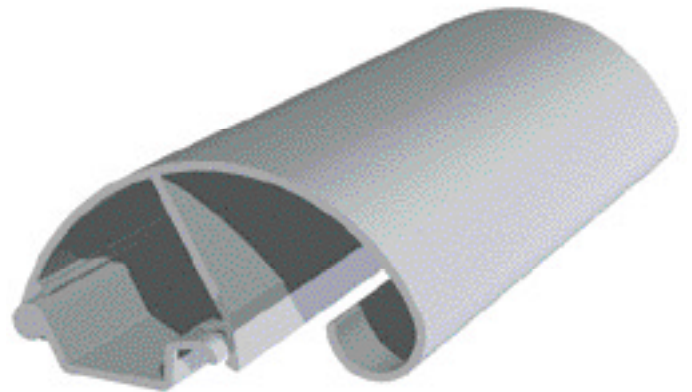
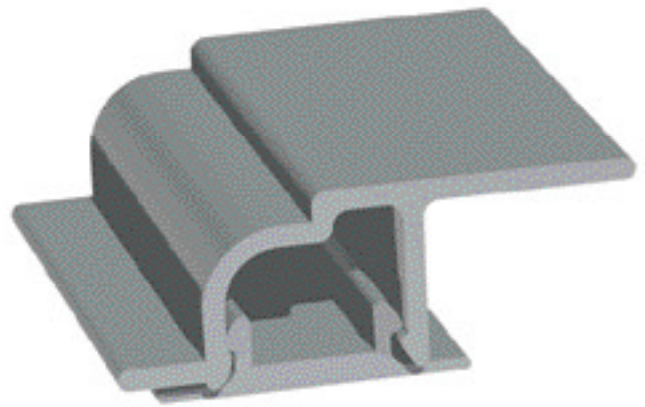
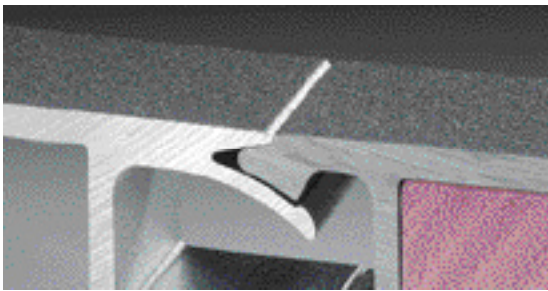
<sup>2)</sup> El recubrimiento con zinc tiene una vida útil limitada aun cuando se utilice aislante.

---

## Juntas clipadas

La elasticidad del aluminio lo hace ideal para las juntas clipadas. Ésta es una forma eficaz de unir dos perfiles de aluminio ya que presenta muchas ventajas. La mayor de ellas es que ambas partes pueden separarse rápidamente para dar acceso a montajes internos.

Diseñada de la forma adecuada, esta técnica de unión es ideal para muchas aplicaciones. Por ejemplo, se pueden acoplar muchos perfiles de aluminio para crear un panel completo. Los perfiles de aluminio que no puedan producirse como una unidad única pueden hacerse en dos partes y luego acoplarse o cliparse. Se debe tomar en cuenta el riesgo de cambios permanentes en la forma por la pérdida de elasticidad del material al diseñar conexiones a presión. Debe considerarse especialmente en las conexiones que se unen y separan con frecuencia. En estos casos se deberán utilizar clips de plástico, resortes de acero o elementos similares para la función de resorte.

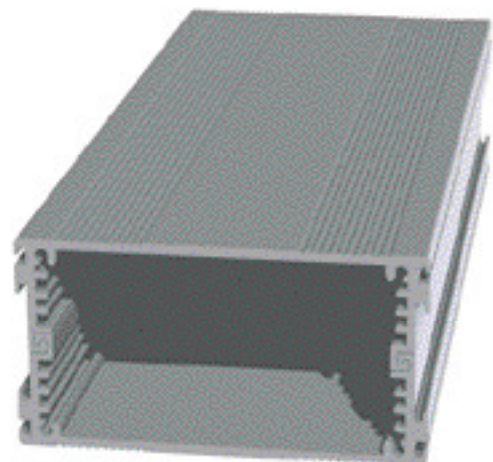
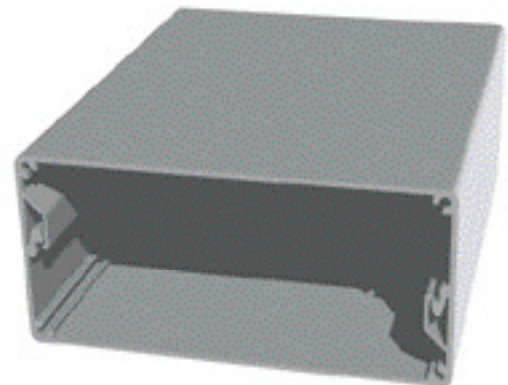
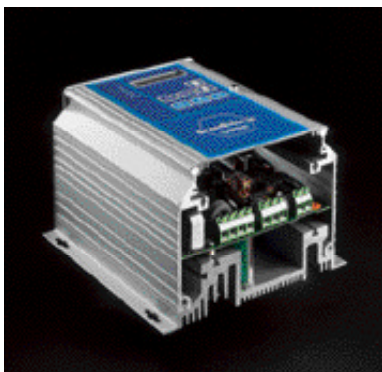


---

## Ensamble de perfiles-Acoples

Al unir una extrusión a otra, se pueden colocar deslizando ambas en forma longitudinal a lo largo de guías especialmente diseñadas o bien a presión. El cierre se puede lograr mediante deformaciones especialmente diseñadas, tornillos o bien espigas cilíndricas.

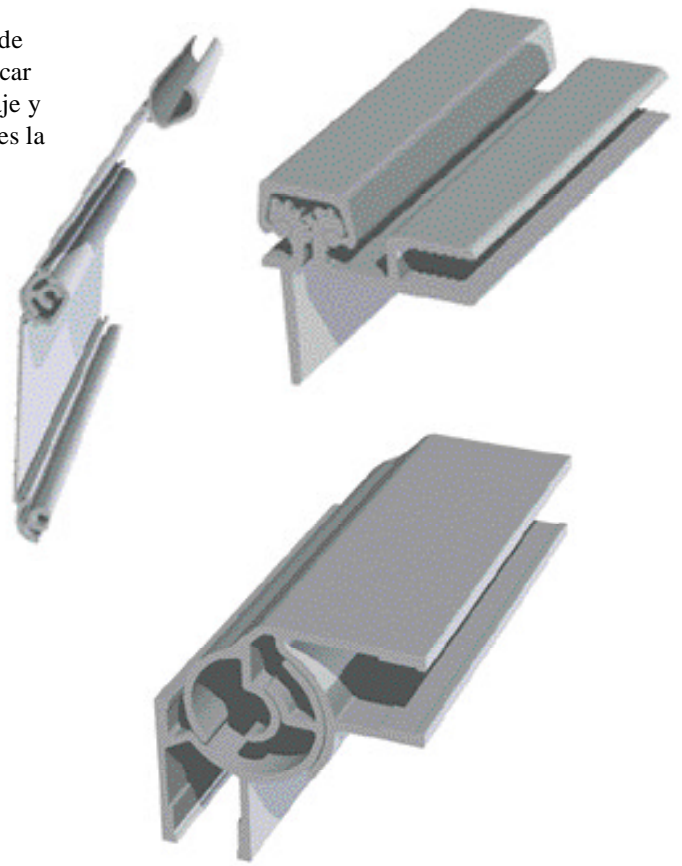
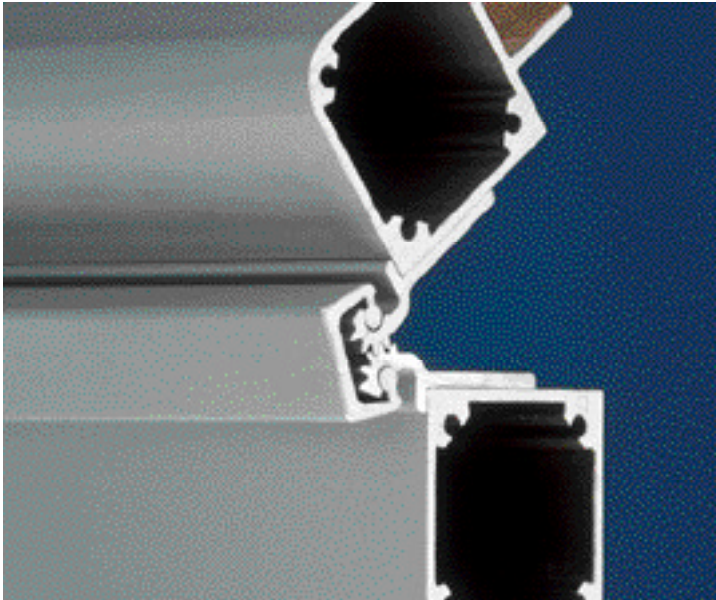
Las cajas en general se construyen cortando un perfil y luego uniendo ambas partes. Ambas se sujetan mediante la colocación de una cubierta. Esta técnica facilita el ensamble de componentes electrónicos y reduce también los costes de matriz al reemplazar una extrusión hueca relativamente costosa con una extrusión plana de aluminio. Es más fácil de extruir y por lo tanto más económica su producción.



---

## Funciones de articulación – bisagras

Los perfiles de aluminio brindan muchas oportunidades de diseño de funciones de juntas y articulación integradas. Un diseño correcto puede permitir un movimiento de 90° sin la necesidad de mecanizado. Colocar alojamientos de tornillos en los perfiles de aluminio para el ensamblaje y la conexión de otras partes es una buena idea. Una solución elegante es la articulación Rotal de Hydro.

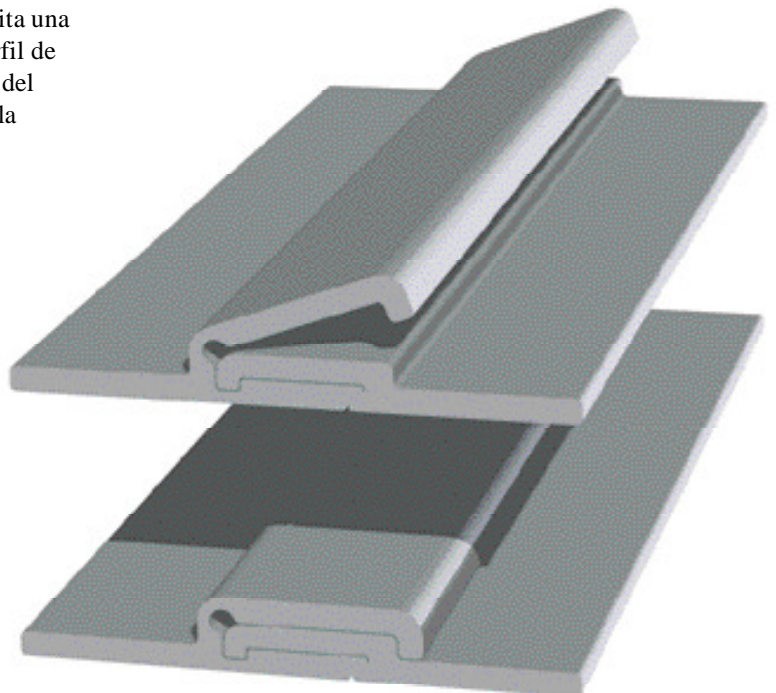


*La articulación Rotal.*

---

## Conformado

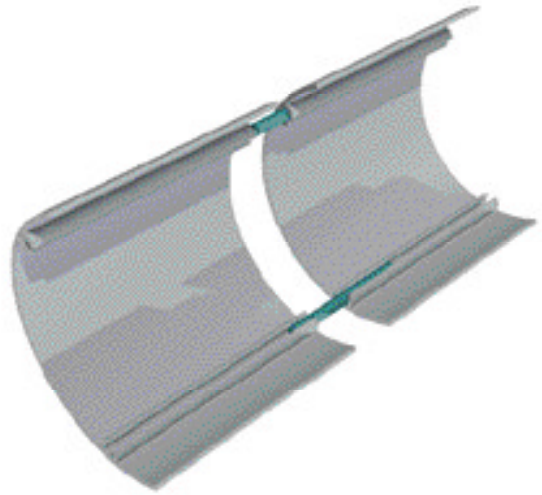
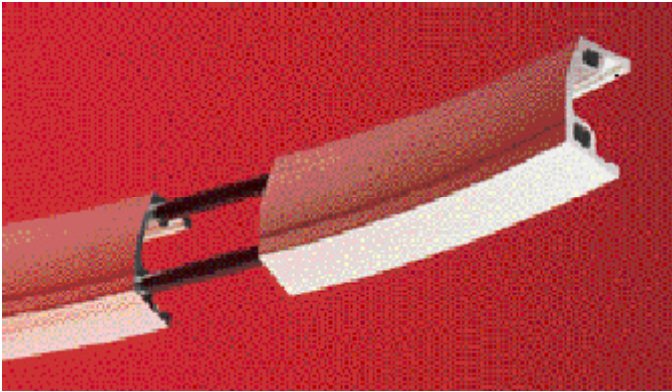
El conformado puede ser una buena solución si se necesita una junta permanente entre dos perfiles de aluminio o un perfil de aluminio y otro material. Las excelentes características del aluminio se aprovechan al máximo al tiempo que existe la oportunidad de optimizar el diseño de en el perfil. Las aberturas largas y estrechas en el perfil, que normalmente no podrían extruirse, pueden producirse abriendo la abertura y luego conformándola hasta lograr la dimensión deseada.



---

## Junta a tope

Las juntas a tope se pueden hacer utilizando espigas de guía o atornillando en sentido longitudinal.



---

## Componiendo Perfiles

Dividir una gran extrusión en varios perfiles más pequeños con frecuencia puede ser ventajoso desde el punto de vista económico. Los perfiles de aluminio también se pueden diseñar de manera tal que juntos formen una estructura mayor con la resistencia suficiente como para soportar cargas aún mayores.

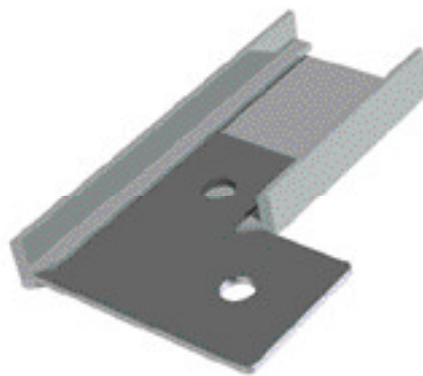


---

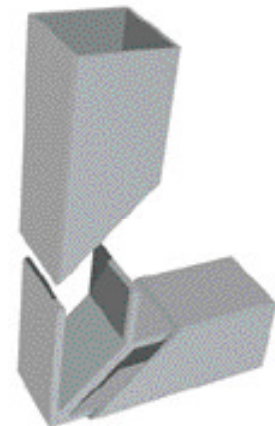
## Uniones de esquina



Unión simple de dos perfiles de aluminio que van atornillados, remachados o pegados.



Unión de esquina utilizando una escudra de unión de acero.



Escudra de unión de esquina extruida.

---

## Unión machihembrada

Una unión machihembrada es una unión más durable y permanente.



---

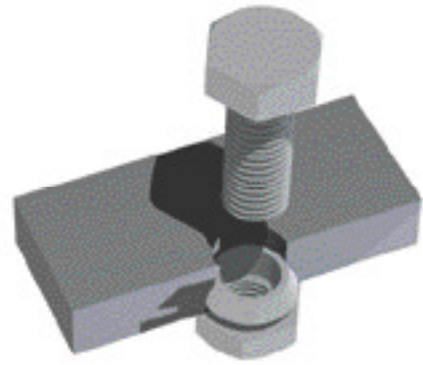
## Remachado

Cuando no resulta práctico roscar perfiles de aluminio de paredes delgadas o para juntas que serán unidas/separadas en forma continua, se usan juntas que utilizan tuercas ciegas o insertos roscados.

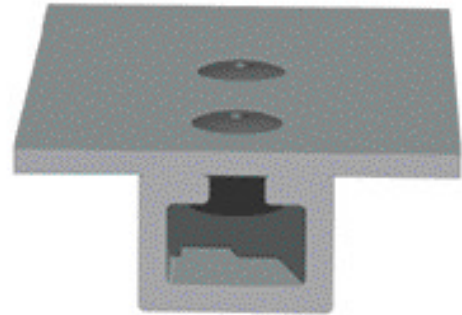
El remachado es un método útil para las juntas permanentes.



Tuerca ciega.



Inserto roscado.

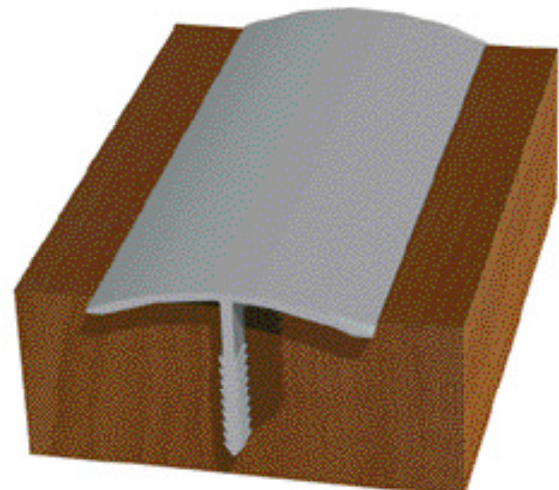
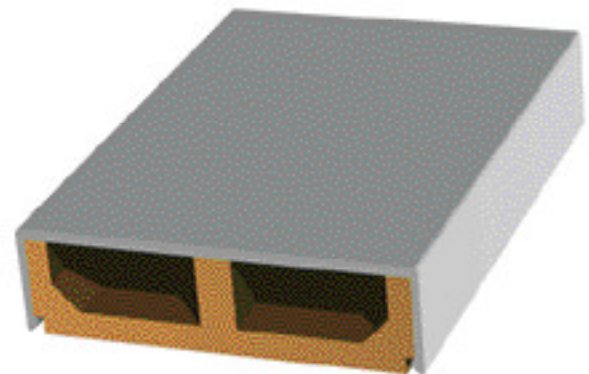
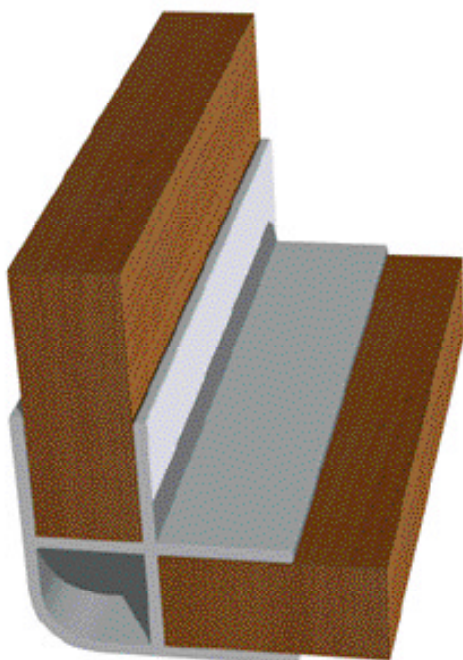


Remachado.

---

## Unión con otros materiales

Al unir otros materiales, los perfiles de aluminio deben diseñarse tomando en consideración las propiedades de aquellos materiales como la elasticidad, la resistencia, evitando la corrosión, etc. Mediante el diseño de soluciones creativas de extrusión, se pueden lograr juntas resistentes y funcionales con la mayoría de los materiales.



# Pegado con Adhesivo

El adhesivo constituye un complemento importante para las técnicas de unión convencionales. El aluminio es, por excelencia, el metal más unido con adhesivo. Se han utilizado juntas de adhesivo en aviones desde 1940. Existen muchos otros ejemplos de adhesión del aluminio, por ejemplo, los ferodos de frenos de los automóviles han sido adheridas a las zapatas de freno que son de aluminio. Existe una amplia gama de adhesivos y tratamientos previos de superficies y variedad de métodos de adhesión para elegir. No siempre resulta fácil seleccionar la combinación correcta, ni tampoco la adhesión está libre de riesgos si no se cuenta con el *know-how* necesario.

La distancia entre las moléculas del material a ser adherido y aquellas del adhesivo debería ser de 0,5 nm (media millonésima de mm) como máximo para poder aplicar una carga. Para lograr esta proximidad es preciso que el adhesivo tenga una tensión superficial menor que la del material a ser unido, de lo contrario el adhesivo formará una gota en lugar de fluir sobre la superficie. Las superficies disímiles poseen distintas propiedades. La presencia de impurezas y óxido significa que no se está dando la interacción prevista entre el adhesivo y el aluminio. Las superficies a ser unidas deben estar limpias y preparadas, a fin de lograr como resultado una unión uniforme.

## Tipos de adhesivos

Para efectuar la elección correcta del adhesivo, se debe contar con información detallada disponible sobre:

- Qué materiales serán unidos, así como el tratamiento superficial que se les ha realizado
- El ambiente al cual se expondrá la junta unida (interior, en el campo, industrial, marino, etc.)
- Temperaturas normal, máxima y mínima
- Cargas, frecuencia entre cargas y tipo de carga
- El tamaño y la forma del área unida, preferentemente con un esquema o dibujo
- Condiciones de producción (tamaño del lote, requisitos de productividad, posibilidad de curado con calor)
- Cualquier otro requisito para la junta (estético, fácilmente separable)

Tipo de adhesivo	Propiedades	Resistencia:	Rango de temperatura:	Resistencia química:
Adhesivos anaeróbicos	Se curan en contacto con el metal en ausencia de oxígeno. Mayor tiempo de curado en aluminio que en acero. Máxima abertura de la junta 0,6 mm. Utilizado como componente sellador y compuesto fijador para tornillos.	17-30 MPa	-50 a 177°C	
Cianoacrilatos	Superadhesivos, rápido curado en condiciones húmedas, requieren como mínimo un 40% de humedad relativa para curar. Máxima abertura de la ranura 0,25 mm.	12-16 MPa	-50 a 80°C	Poca información. Variable.
Acrilatos modificados (Alto rendimiento)	Adhesivos de 1 ó 2 componentes que también curan rápidamente a temperatura ambiente. Buena resistencia al impacto y al pelado.	25-35 MPa	-70 a 120°C	Buena después de suficiente tratamiento superficial previo.
Resinas epóxicas	Los adhesivos más comunes utilizados en uniones estructurales. Adhesivos de 1 ó 2 componentes. Normalmente requieren de curado por calor para una mayor resistencia. Los aditivos fortalecen a los adhesivos, los hacen más flexibles y les brindan una mayor resistencia al pelado pero presentan peores propiedades ante altas temperaturas.	25-45 MPa	-55 a 200°C	Buena después de suficiente tratamiento superficial previo.
Poliuretanos	Adhesivos de 1 ó 2 componentes, rápido curado con óptima flexibilidad. La resistencia depende del espesor de las juntas unidas. Los adhesivos son muy resistentes al agua pero no unen todas las superficies de igual manera, un factor que puede proporcionar propiedades de adhesión deficientes a largo plazo para las uniones. Este problema se puede solucionar utilizando una imprimación. Estos adhesivos se utilizan en la industria automotriz para unir metal a la fibra de vidrio.	17-25 MPa	-160 a 80°C	Buena después de suficiente tratamiento superficial previo. (imprimación)
Fenólicos	La primera clase de adhesivos que se utilizó con metales. Requiere de presión (0,3-0,7 MPa) y calor (<150°C) para curar.	30 MPa	-50 a 176°C	
Poliamidas	Adhesivos costosos, de alta temperatura cuyo uso es relativamente complejo. Soportan temperaturas superiores a los 300°C durante cientos de horas.	20 MPa		
Adhesivos calientes (hot-melt)	Ofrecen posibilidades de alta productividad y por lo tanto son utilizados en la producción industrial masiva de estructuras con cargas pequeñas.			
Adhesivos de caucho	Se curan a través de la evaporación de un disolvente. Existen muchos tipos y calidades. Son principalmente utilizados para unir otros materiales (madera, caucho, plásticos, vidrio) al aluminio. Normalmente no se los utiliza con fines estructurales.			
Adhesivos de siliconas	Son adhesivos de resistencia relativamente baja pero excelentes propiedades frente a altas temperaturas y óptima flexibilidad.	3-6 MPa	+60 a 250°C	Buena después del correcto tratamiento superficial previo y con adhesivos de alta calidad.
Adhesivos sensibles a la presión	Con frecuencia utilizados en forma de cinta. No se curan y por lo tanto poseen una resistencia relativamente baja. Se los utiliza, entre otras cosas, para fijar bandas decorativas, etc., al aluminio en automóviles y para el recubrimiento electrolítico exterior anodizado o pintado del aluminio en camiones, caravanas y automóviles.			

## Ventajas y limitaciones

Una junta unida con adhesivo presenta muy buenas propiedades. Para aprovechar al máximo estas propiedades es importante pensar en la unión con adhesivo ya desde la etapa de diseño.

### Ventajas de la unión

- Se pueden unir diversos materiales
- Se puede evitar la corrosión galvánica
- La unión es permanente
- Permite estructuras más fuertes y rígidas
- Permite una distribución más uniforme de la carga y tensión en las juntas. Se evitan las concentraciones de tensión
- Los adhesivos sellan y unen al mismo tiempo, se puede evitar la corrosión en ranuras
- Bajo coste de acabado
- Excelentes características de fatiga
- Amortigua la vibración
- Bajo peso y cantidad de componentes

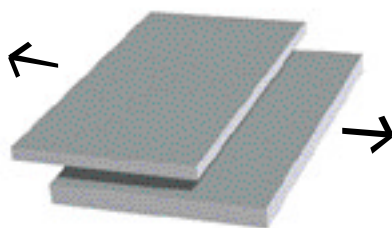
### Limitaciones de la unión

- La manipulación inmediatamente posterior a la unión es deficiente
- Las altas temperaturas dan como resultado una menor resistencia
- Una construcción pegada es difícil de desensamblar para reparación y mantenimiento
- La necesidad de un tratamiento previo de la superficie antes de la unión
- es esencial para la unión estructural y para lograr una calidad satisfactoria en ambientes corrosivos
- Es necesario para asegurar que el adhesivo humedezca la superficie
- Aspectos de higiene, ambientales y de seguridad

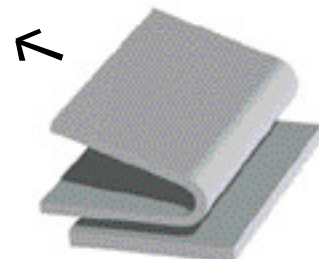
## Construcción de las uniones

Es importante conocer los tipos de cargas a las que se expondrán las uniones. Al unir una junta es esencial:

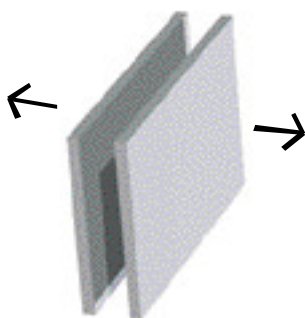
- Maximizar la tracción, el corte y la compresión
- Minimizar el plegado y el clipaje
- Maximizar el área sobre la que se extenderá la carga



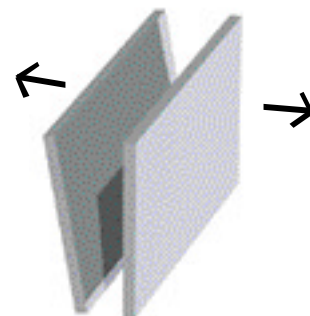
Cizallamiento



Plegado



Tracción/Compresión



Clipaje



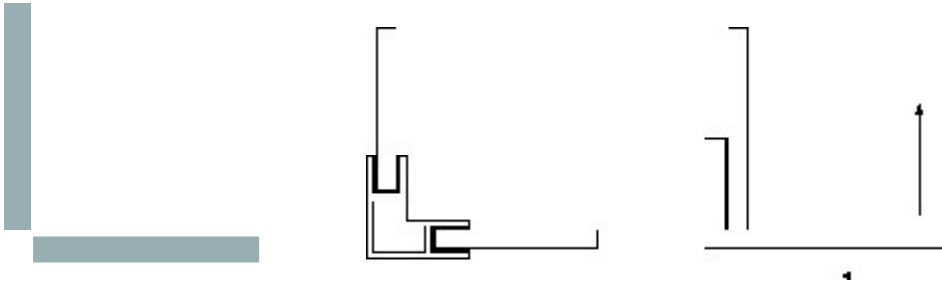
---

## Juntas básicas unidas con adhesivo

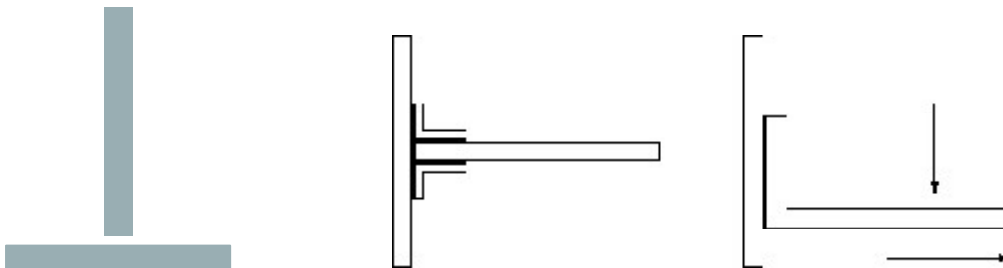
Es posible agrupar la mayoría de las juntas en cuatro clases básicas.

Los siguientes son ejemplos de soluciones (las flechas muestran el sentido en que la junta absorbe mejor las cargas):

### 1. Junta angular o esquinada



### 2. Junta en T



### 3. Junta a tope



### 4. Junta solapada.



---

## Tratamiento de la superficie antes de la adhesión

Una unión pegada es una cadena con una cantidad de eslabones donde el más débil determina la resistencia y la vida útil de la junta.

Se puede utilizar uno o más de los siguientes procesos para el tratamiento previo de la unión:

- Limpieza – desengrase (con base ácida, alcalina o disolvente)
- Esmerilado o granallado con posterior limpieza
- Atacado químico, recubrimiento de transformación, anodizado
- Imprimación

En este contexto no constituye un problema encontrar un tratamiento previo que le dé una calidad suficientemente alta. La cuestión radica en especificar el nivel de calidad y encontrar el tratamiento que la cumpla, al tiempo que sea económica y ambientalmente justificable, aun en la producción masiva.

# Soldadura

Utilizadas adecuadamente, las extraordinarias oportunidades de diseño que ofrecen los perfiles de aluminio pueden facilitar el ensamblaje y eliminar, eventualmente, la necesidad de soldadura u otro tipo de proceso posterior. Para obtener los mejores resultados, en la etapa inicial deben confeccionarse planos de los métodos de unión propuestos y una descripción de la función de la junta.

La mayoría de las aleaciones de aluminio pueden soldarse utilizando métodos convencionales, aunque se han desarrollado métodos especiales de soldadura para aluminio. La soldadura posee las siguientes ventajas de unión:

- La soldadura es el método más seguro y fácil de lograr juntas estancas al aire y al agua.
- Es posible soldar materiales de espesores que van de 1 mm hasta varios centímetros. Usando un equipo especial es posible soldar papel de aluminio.
- La soldadura es rápida y puede competir con otros métodos de unión desde el punto de vista económico.
- En general, la soldadura ahorra materiales en la unión.

## PROPIEDADES DEL MATERIAL

### Formación de óxido

Una de las desventajas de la soldadura es la tendencia del aluminio a formar óxido. Esto significa que no es posible fundir directamente dos componentes de aluminio. La capa de óxido posee dos propiedades que afectan el resultado de la soldadura: un alto punto de fusión (2060°), lo que significa que el óxido no se funde durante la soldadura y además el calor aplicado combinado con el oxígeno acelera la formación de óxido. Eliminar la capa de óxido durante la soldadura puede lograrse de diversas maneras – durante el proceso de soldadura, utilizando un fundente que disuelva y elimine el óxido, o antes de la soldadura, mediante un cepillo de acero. Al soldar en una atmósfera protegida (TIG o MIG) el arco voltaico rompe la capa de óxido al tiempo que el gas protege la masa fundida contra el oxígeno del aire e impide la formación de más óxido.

La conductividad térmica del aluminio es cuatro veces mayor que la del acero. Esto significaría que se necesita cuatro veces más calor para calentar el aluminio en contraposición al acero, para lograr la misma temperatura local. Sin embargo, esto no es necesariamente así ya que entran en juego otras propiedades del metal.

### Calor específico

El calor específico es la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 kg de material en 1°C. El calor específico de las diversas aleaciones de aluminio no es significativamente diferente y en general es casi el doble que la del acero.



### Punto de fusión

El punto de fusión del aluminio puro es aproximadamente 660°C y entre 570°C y 660°C para la mayoría de las aleaciones. El punto de fusión del acero es alrededor de 1500°C.

A pesar del bajo punto de fusión del aluminio, su capacidad térmica específica y la conductividad térmica hacen que se requiera una cantidad igual o mayor de calor para soldar, que la necesaria para el acero.

### Creación de poros

El riesgo de la generación de poros en la soldadura, proviene del hidrógeno que se disuelve en la fundición.

Si la cantidad de hidrógeno disuelta es demasiado grande, el exceso se separa como gas durante el enfriamiento y crea poros en la junta.

El hidrógeno puede ser absorbido por elementos como la humedad y las impurezas en el metal o el metal de aporte, así como por la llama de gas o el arco voltaico.

Los aditivos de aleación también afectan la tendencia del metal fundido a absorber hidrógeno.

### Formación de grietas

La formación de grietas está asociada con la resistencia y elasticidad del material así como con las tensiones que surgen debido al calentamiento dispar durante la soldadura. Las propiedades de resistencia se reducen a temperaturas cercanas al rango de fusión. El riesgo de formación de grietas es alto si se impide la deformación mediante la fuerte fijación de las piezas. Las grietas de soldadura pueden aparecer en la junta de la soldadura o bien en la superficie de separación entre la unión de la soldadura y el mismo material .

Un tiempo prolongado de enfriamiento aumenta el riesgo de formación de grietas mientras que la soldadura rápida parece tener el efecto contrario.

## SOLDADURA POR FUSIÓN

Los métodos más comunes de soldadura por fusión son la soldadura con electrodo de tungsteno en gas inerte (TIG) y la soldadura con electrodo consumible de metal en gas inerte (MIG).

En general, ambos métodos dan óptimos resultados. La soldadura con gas se utiliza en escalas limitadas y la soldadura al arco se usa aún menos.

### Metales de aporte

El espesor de las piezas a soldar determina la cantidad de metal de aporte. Los metales de aporte están normalizados y están disponibles en forma de alambre o varilla con diámetros entre 2 a 6 mm. El alambre de 2 mm se utiliza para materiales con un espesor de 1-2 mm y el alambre de 5-6 mm se usa para materiales con un espesor de 8-10 mm. Es importante que el metal de aporte esté limpio y seco. Si la superficie está contaminada, puede limpiarse por pasivación o cepillado.

Ver la tabla para la elección del metal de aporte.

### Soldadura MIG

La soldadura MIG ha sido desarrollada a partir de la soldadura TIG a fin de acelerar el proceso de soldadura. La diferencia entre ambos métodos radica en que la MIG utiliza un material de aporte para soldar en lugar de tungsteno. El metal de aporte se introduce automáticamente como un alambre en el arco voltaico. Este método puede usarse para todo tipo de uniones y todas las posiciones de soldadura dando buenos resultados. La MIG se utiliza para materiales con un espesor superior a 3 mm, pero con un equipo especial se pueden soldar materiales de hasta 0,7 mm. La principal ventaja de la soldadura MIG es la alta velocidad de soldadura y la óptima penetración. La extensión del área afectada por el calor es menor que con cualquier otro método de soldadura debido a la velocidad del proceso.

La deformación por la soldadura será entonces menor que con la TIG. La gran velocidad de soldadura puede ser un inconveniente en el caso de uniones cortas en lugares difíciles. La desventaja del método es que es difícil utilizarlo sobre

material de poca sección. Por tanto, si se han de soldar materiales tanto de bajo como de alto espesor, es necesario disponer de equipo TIG y MIG.

El equipo para soldadura MIG requiere de un mantenimiento y una limpieza rigurosos y es más costoso. La velocidad de soldadura se aproxima a los 35-70 cm/min para materiales con un espesor de 4-20 mm. Para mejorar los parámetros de soldadura, conviene usar argón 'super limpio' (Ar 99,9) como atmósfera protectora.

### Soldadura TIG

El método TIG no requiere de fundente, lo que lo hace sumamente apto para el aluminio. La TIG se aprovecha mejor con materiales de entre 0,7 mm a 10 mm de espesor y especialmente para uniones cortas.

La soldadura TIG puede utilizarse en toda clase de aleaciones soldables y, realizada correctamente, proporciona la soldadura más libre de fallos de todos los métodos convencionales.

#### Elección del metal de aporte para diversas combinaciones de aleaciones

Aleaciones Estandar A Hydro Aluminio			
1050 1370	S-AI99.5 S-AI99.5 Ti		
6060/6101 6063/6005 6082	S-AISi 5	S-AISi 5 <sup>(1-3)</sup> S-AIMg 3 <sup>(2)</sup> S-AIMg 5 <sup>(2)</sup>	
7108		S-AIMg 5 S-AISi 5 S-AIMg 4.5 Mn	S-AIMg 5 S-AISi 5 S-AIMg 4.5 Mn
Aleaciones Estandar B Hydro Aluminio	1050 1370	6060/6101 6063/6005 6082	7108

<sup>1)</sup> AISi5, un metal de aporte más ventajoso desde el punto de vista de la soldadura, brinda una menor resistencia a la rotura que el AIMg5 y una mayor emisión de ozono.

<sup>2)</sup> Más apropiado para el anodizado decorativo posterior.

<sup>3)</sup> A altas velocidades, el alambre AIMg5 es más controlable en los equipos MIG más modernos. La soldadura manual es de por sí rápida y puede ser acelerada significativamente mediante mecanización o automatización.

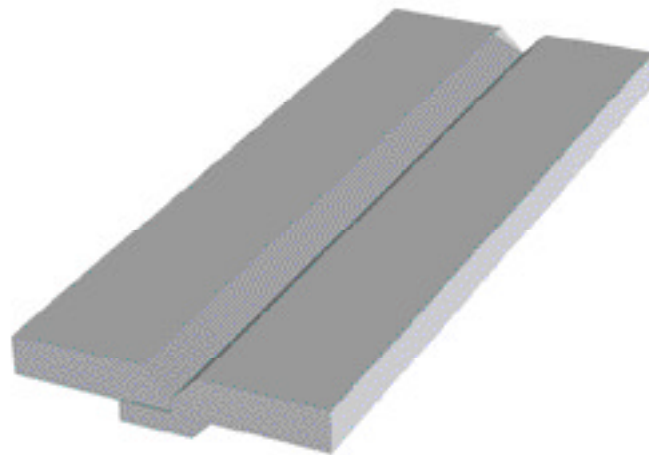
Método de soldadura	Fun-dente	Espesor mínimo del material etc.	Precalentamiento <sup>1)</sup>		Extensión del área afectada por el calor <sup>2)</sup>	Velocidad de soldadura <sup>2)</sup>		Costo <sup>2)</sup>	
			Espesor mínimo del material etc.	Temperatura °C		Manual	Auto-mática	Inver-sión	Costes variables
Soldadura TIG	No	0,7	10	150-200	1,2-1,3	0,5	5	10-20	1,2
Soldadura MIG	No	Arco corto: 3 Arco corto: 1,6 Arco de impulso: 0,7	15	150-200	1	1	5-10	20-30	1
Soldadura con gas	Sí	1	3	300-400	3,5-4	0,2	-	1	1,6
Soldadura con arco eléctrico	Sí	3,5	3,5	150-250	1,5-1,6	0,4	-	10	1,4

<sup>1)</sup> Se debe tener en cuenta durante el precalentamiento que el material trabajado en frío o endurecido por envejecimiento se ablanda (pierde características mecánicas) a temperaturas superiores y cercanas a 150°C.

<sup>2)</sup> Valores relativos.

## Diseño de perfiles de aluminio para simplificar soldaduras

Se puede simplificar la tarea de soldar y aumentar la resistencia de la unión en la etapa de diseño. En consecuencia, los perfiles de aluminio pueden optimizarse teniendo en cuenta la preparación de la unión, la compensación del material, las barras de respaldo y una cantidad reducida de soldaduras.



## Otros métodos de soldadura

Los otros métodos de soldadura incluyen la soldadura eléctrica por puntos y la soldadura continua, la soldadura por centelleo, así como la soldadura por presión en frío y en caliente. Los

métodos como la explosión, el láser de alta frecuencia, el ultrasonido y la soldadura por haz electrónico son utilizados en circunstancias especiales.

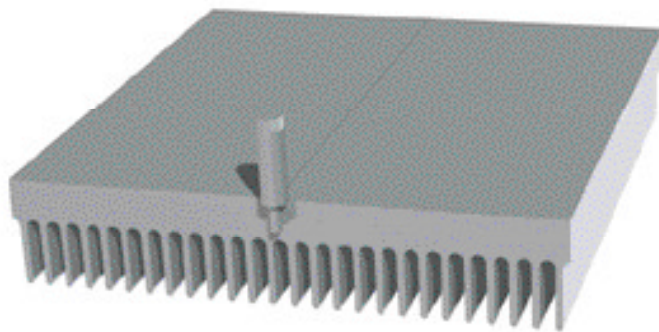
## Soldadura por fricción

La soldadura por fricción (FSW) es un método de unión novedoso. Consiste en someter a presión las superficies del aluminio a ser unido y accionar una herramienta giratoria dentro del metal deslizándola a lo largo de la unión. La herramienta giratoria genera una temperatura en el metal de entre 100 y 150°C por debajo del punto de fusión del aluminio y mezcla el material en un estado plástico sin derretirlo. Este método no requiere aporte de metal ni atmósfera protectora, y genera una soldadura prácticamente libre de deformaciones por el calor. El método es apto para unir perfiles de aluminio de entre 2 y 8 mm de espesor y la velocidad de soldadura es de alrededor de 1 m/min.

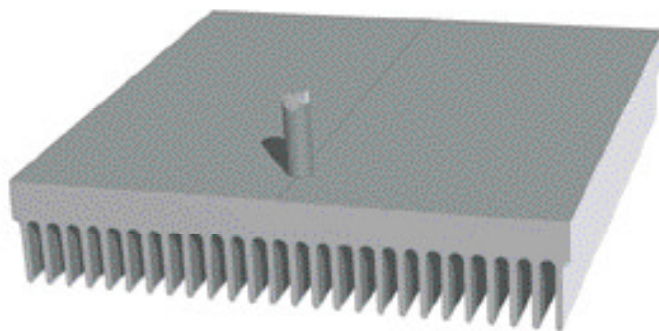
Este método, patentado por el *Welding Institute* en Cambridge, Gran Bretaña, en 1992, ha sido desarrollado por varios socios industriales internacionales. Hydro Aluminium ha participado de forma activa a través de su centro de investigación en Karmøy, Noruega. Se prevé que este método tendrá un gran potencial y que reemplazará a los métodos de soldadura convencionales en su gran mayoría. Hydro Aluminium Extrusion posee su propio equipo FSW de uso industrial.



*FSW no requiere de metal de aporte ni de atmósfera protectora, y genera una soldadura prácticamente libre de deformaciones por el calor.*



*Una herramienta giratoria es deslizada a presión en el metal a lo largo de la unión.*



# Mecanizado

A veces es necesario algún tipo de mecanizado aun cuando las propiedades y las funciones de la extrusión hayan sido optimizadas. En general, los perfiles de aluminio pueden mecanizarse utilizando todos los métodos disponibles para otros metales.

Del mismo modo, se pueden utilizar normalmente todas las máquinas usuales para mecanizar el aluminio. Sin embargo, durante los últimos años

se ha desarrollado una serie de máquinas (incluidas las máquinas múltiples controladas por CNC y los centros de mecanizado) para mecanizar aluminio. Estas máquinas permiten un procesamiento más veloz, racional y de menor coste.

En HAEX utilizamos la más moderna tecnología para lograr un mecanizado cualitativo con alta precisión y mínima tolerancia.

## Mecanizado

Se pueden lograr mayores velocidades de corte con el aluminio que con el acero. La mayor parte de las aleaciones de aluminio permiten velocidades de corte mucho mayores y en muchos casos, este método resulta ser una solución económica y muy ventajosa.

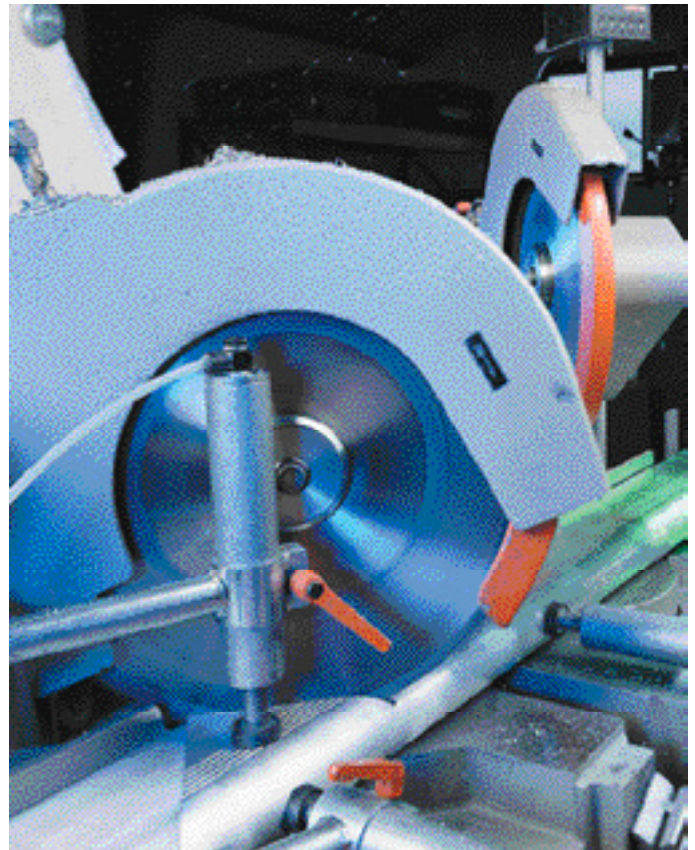
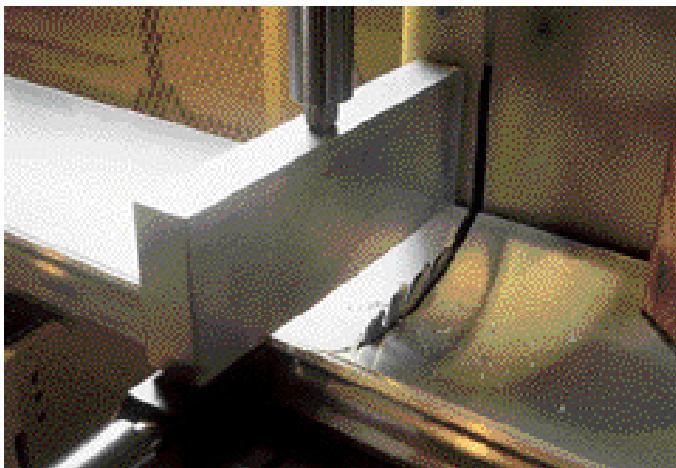
Las óptimas propiedades de corte del aluminio no dependen

simplemente de la aleación y su estado, sino también de la relación entre la herramienta y su diseño, el lubricante y el metal. En general, se puede decir que el trabajo de corte se logra de manera más económica y racional si se utilizan herramientas con un gran ángulo de corte y se eliminan eficazmente las virutas.

### Corte

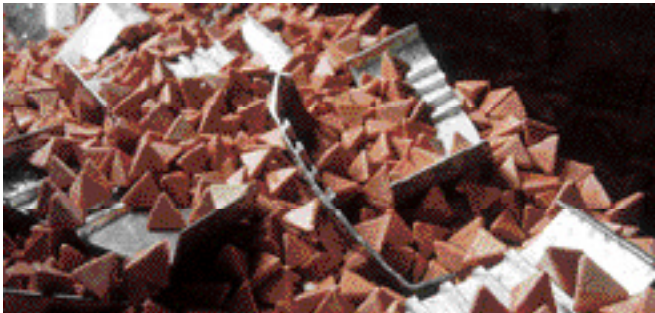
Los perfiles de aluminio se pueden cortar con precisión sin la formación de rebabas. El aspecto del corte, la aleación utilizada y la resistencia de la extrusión determinan el tamaño de los dientes, la cantidad de revoluciones por minuto, la cantidad de dientes, el diámetro de la cuchilla y el avance. La cantidad de dientes debería ser suficientemente amplia como para lograr un corte limpio de manera efectiva.

Al cortar perfiles de aluminio delgados, varios dientes deben estar en contacto con el material y es siempre necesario el uso de un lubricante para herramientas de corte.

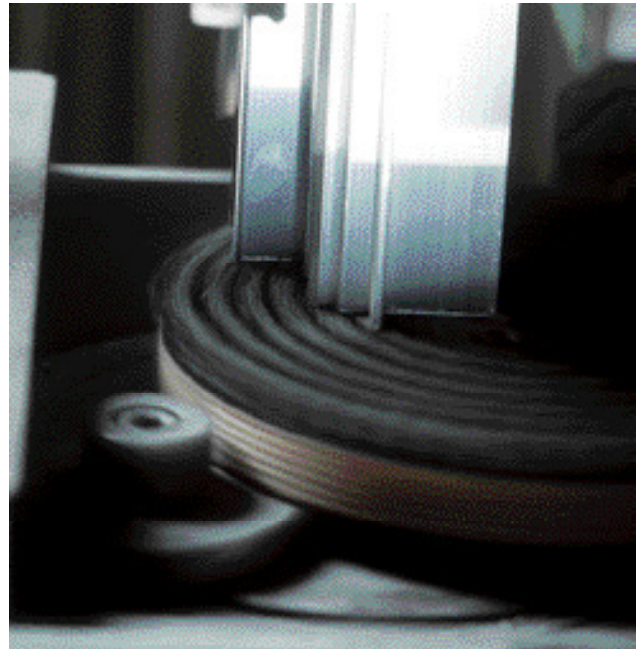


## Rebabado

El rebabado o desbarbado es un proceso que consiste en eliminar las pequeñas virutas y cualquier rebaba restante en el corte. El método más común es el mecánico, utilizando un cepillo o una máquina esmeriladora. El desbarbado abrasivo en tambor, en el cual los fragmentos se eliminan por frotamiento utilizando piedras circulares, es un método adecuado para el rebabado de piezas más pequeñas y medianamente grandes.



Vibrado



Cepillado.



## Fresado

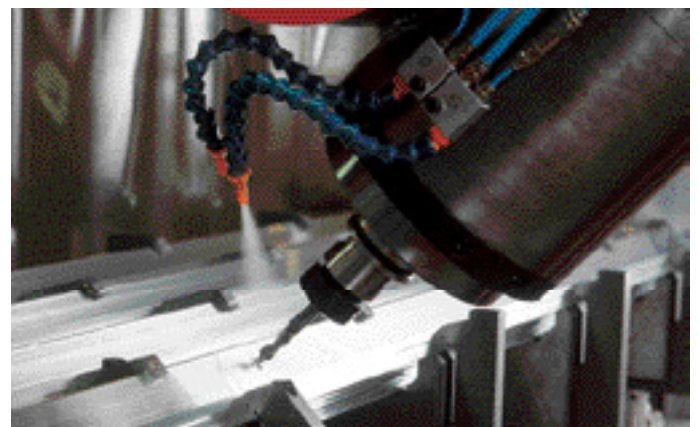
Las herramientas para fresar el aluminio poseen pasos mayores que los equivalentes para el acero y por lo tanto unas ranuras más espacia para las virutas.

Como sucede con otros cortes, se requiere de una alta velocidad de corte para obtener un óptimo resultado. Una superficie de gran calidad exige mayor potencia y estabilidad en la herramienta y en el mecanismo de avance.

Existe una diferencia entre las máquinas de fresado radial y periférico, en función de dónde está situada la superficie a ser fresada respecto de la línea central del eje de fresado.

Cuando se esté fresando una superficie con una máquina de fresado radial, el diámetro del fresado debe ser como mínimo un 20% mayor que el ancho de la superficie que está siendo tratada. Durante el fresado, se deben mover 2/3 de la superficie contra el sentido del corte y 1/3 en el sentido del corte.

Cuando se esté fresando en forma periférica (es decir, una fresa tangencial, una fresa frontal, una fresa de tres cortes o una fresa tupí), los dientes de fresado deben moverse en la línea de avance (fresado de avance vertical descendente).

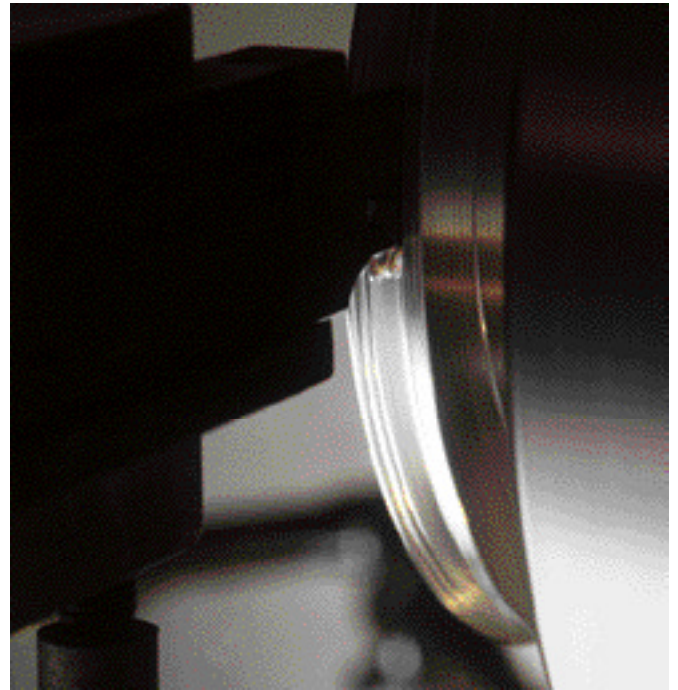
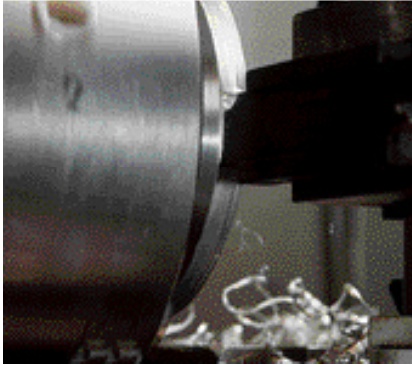


## Perforado- taladrado

Como sucede en la mayoría de los mecanizados, la perforación debe hacerse a gran velocidad. Cuando se utilicen machos estándar, éstos deberán afilarse para reducir la presión requerida y obtener un mejor resultado. Únicamente se requieren machos especiales de aluminio para los agujeros profundos o para aleaciones blandas. Es importante destacar que el agujero será significativamente mayor que el diámetro del macho al perforar en aluminio, particularmente cuando se perfora en aleaciones blandas. Cuando se perforan agujeros profundos se genera gran cantidad de calor, especialmente si se trata de un diámetro considerable. El enfriamiento, por lo tanto, es esencial para evitar la contracción del agujero.

## Torneado

El aluminio se puede tornear en tornos estándar, especiales y automáticos, lo que debe llevarse a cabo a altas velocidades de rotación. Las piezas a ser torneadas deberán estar sujetas firmemente para evitar la vibración. Los separadores entre las piezas y el montaje evitan las marcas en el metal y la deformación.



## Roscado

Se pueden hacer roscas internas y externas utilizando todos los métodos de mecanizado disponibles así como a través de la deformación plástica. Las aleaciones termotratables brindan resultados de gran calidad. Los machos de roscar para el acero pueden utilizarse para roscas por debajo de los 6 mm pero se requieren machos de roscar especiales para diámetros mayores.

Las roscas internas se pueden hacer ya sea con machos de roscar en serie o con un único macho de roscar. La ranura para virutas deberá ser grande y ancha, bien redondeada y pulida y tener un gran ángulo de labio cortante.

La superficie posterior debería correr radialmente o cortarse a un diámetro menor para evitar que las virutas se fijen entre la herramienta y la rosca cuando se extrae el macho de roscar.

Los machos de roscar especiales, normalmente, se dividen en tres clases.

El primero posee un agujero pulido con el ángulo contrario a la línea de corte de modo tal que las virutas son empujadas hacia delante, al frente del macho de roscar durante el roscado.

Otra de las clases está diseñada para que la rosca se interrumpa de ranura en ranura.

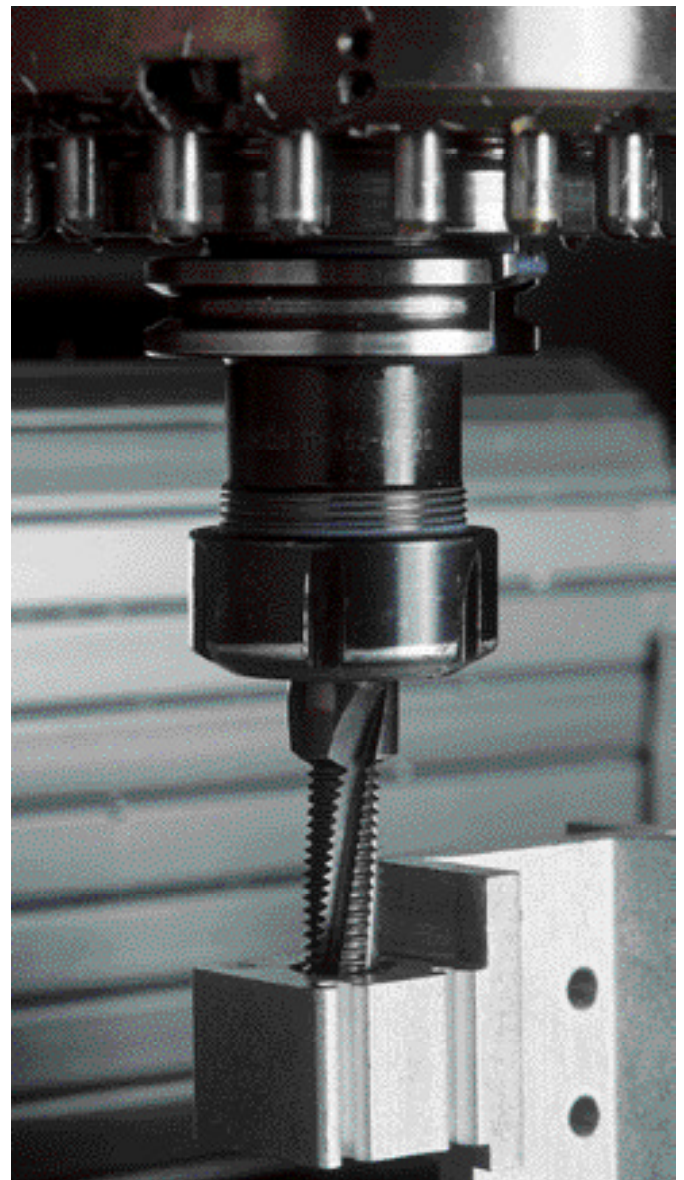
Finalmente existe otra clase que posee una estría helicoidal para virutas para cortes más ligeros con mejor presión durante el roscado. Las roscas externas se realizan utilizando herramientas de roscado comunes o terrajas.

Las roscas también se pueden formar plásticamente mediante el laminado sin la formación de virutas. De esta manera se obtiene una rosca sumamente fuerte.

El diámetro externo de la pieza a ser roscada deberá ser de 0,2 a 0,3 veces el tamaño del paso del tornillo en comparación con el diámetro nominal de la rosca.

Es muy importante que las líneas centrales de la pieza de metal y de la herramienta estén alineadas.

También se obtienen óptimos resultados al roscar hasta M5.

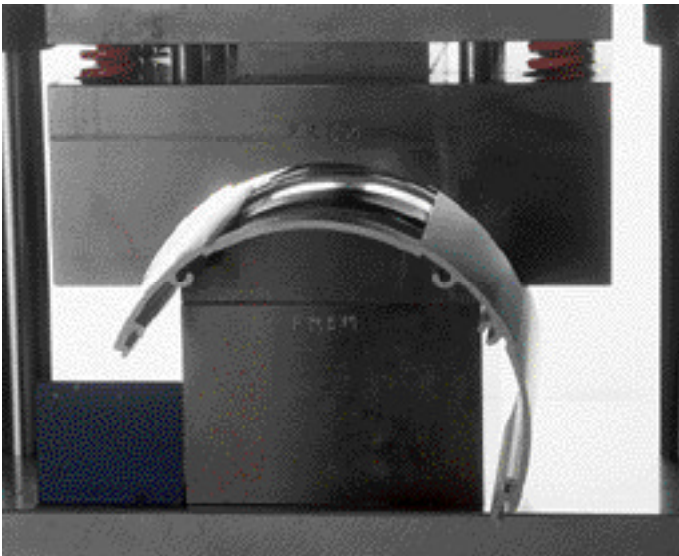


## Cizallamiento / punzonado

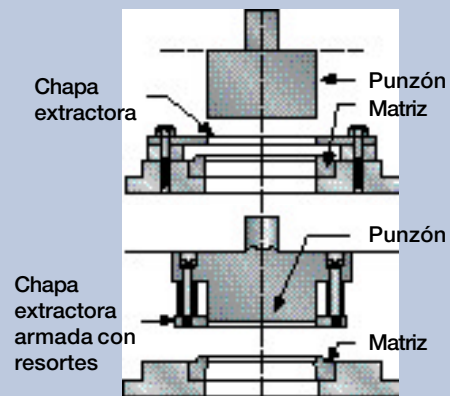
La tarea de punzonado usualmente se desarrolla en prensas de tipo excéntrico mediante una herramienta de corte (cizallamiento). Los troqueles para aluminio son ligeramente diferentes de aquellos diseñados para otros metales. Se recomienda el uso de punzones y matrices de acero templado como herramientas. Las rebabas se evitan afilando regularmente el punzón y la matriz. Asimismo, la fuerza de corte requerida puede ser reducida significativamente si la superficie del punzón está afilada en ángulo (corte). El ángulo de la pieza pulida deberá como máximo ser equivalente al espesor de la parte del material que debe cortarse. En algunos

casos, especialmente cuando se realizan agujeros por punzonado, puede resultar ventajoso pulir el punzón en ángulo mientras se mantiene la matriz plana.

Si la parte cortada es lo que va a utilizarse, el punzón deberá dejarse plano independientemente de la forma de la matriz. Es importante mantener un espacio adecuado entre el punzón y la matriz durante el proceso efectivo de corte. El espacio se determina en función de la composición del material y el grosor del material cortado.



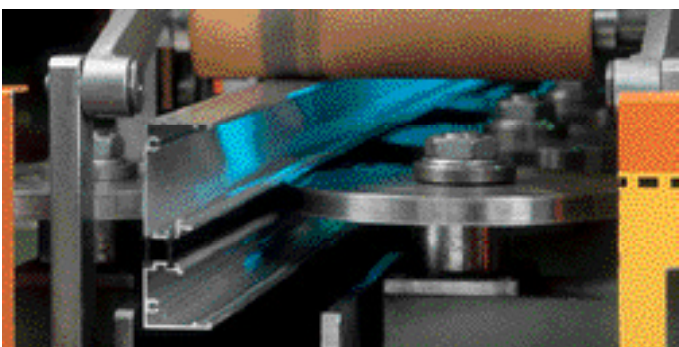
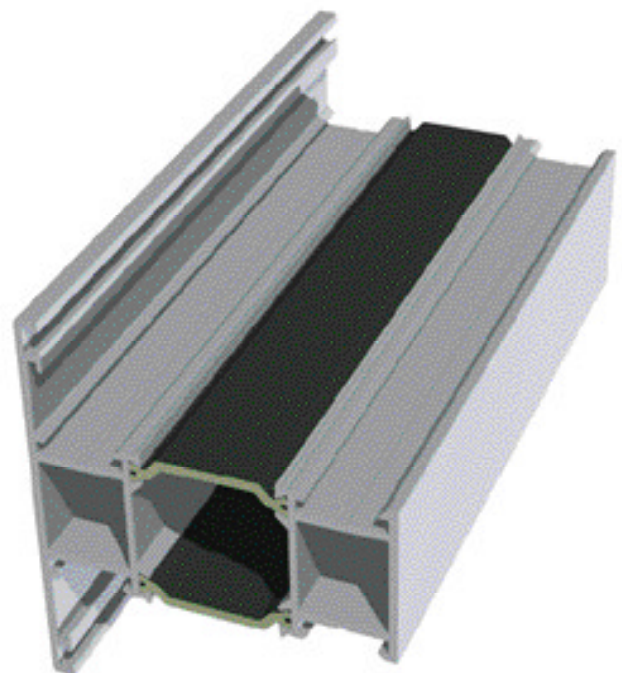
## Herramientas de prensa con chapa extractora



## Aislamiento térmico

El alto coeficiente de conductividad térmica del aluminio no es deseable en aplicaciones donde se intenta lograr bajas transferencias de calor. Existen muchas formas de aislamiento. Comúnmente se utilizan dos técnicas que reducen significativamente la capacidad conductora. En la primera, el perfil es extrusionado en una sola pieza y se inyecta con poliuretano un espacio cerrado del perfil. Una vez que el poliuretano se endurece, el perfil se divide en dos partes las cuales se mantienen unidas por el poliuretano. De esta forma se interrumpe el puente térmico (rellenado y fresado).

En el otro método, dos perfiles de aluminio se unen utilizando bandas de PVC o poliamida. El perfil se conforma a lo largo de estas de manera de que queden firmemente unidas. Esta forma de aislamiento posibilita el uso de diferentes colores en el interior y el exterior de la ventana.





# Conformado plástico

Los perfiles de aluminio pueden ser curvados utilizando el mismo equipo que para otros metales. El curvado puede darse con el metal templado para radios mayores, pero aquellos de menor tamaño usualmente requieren de un metal recocido o en estado T4. Es posible endurecerlos hasta la máxima resistencia después del curvado.

Si se necesita una capa anodizada completa sin grietas, el curvado deberá realizarse antes del anodizado.

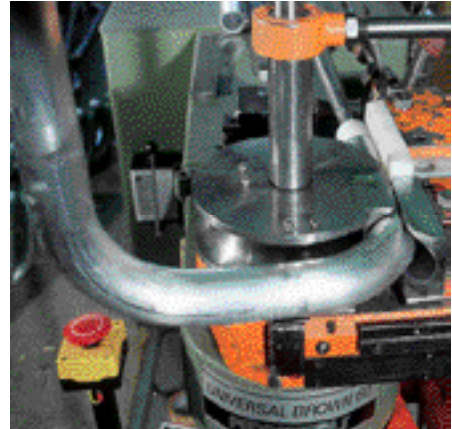
La necesidad de curvado deberá tomarse en cuenta en la etapa de diseño.

No se deberán producir lotes grandes en condición T4 ya que existe el riesgo de que se deje el material almacenado y se autotemple.

El material en la zona curvada puede resultar más duro que en el resto, en el caso de grandes tensiones, por ejemplo, con radios muy pequeños. Esto es importante si el material original se encuentra en condición T4 y debe templarse a T6. En tales casos, la parte curva puede recocerse.



Los cuatro métodos principales para realizar curvas son:



## Curvado

Alta precisión de modelado. El perfil se sujeta firmemente por ambos extremos y la forma se determina por la herramienta en movimiento.

## Conformado por estirado

Con o sin soportes internos y externos. El perfil se sujeta firmemente y rota junto con la herramienta. Este método es apto para radios pequeños y puede llevarse a cabo repetidamente.

## Máquina de curvar de rodillos

Es utilizada para curvar perfiles de aluminio con grandes radios. Se desliza el perfil entre tres ruedas de las cuales una es ajustable. Es posible variar el radio en el mismo componente utilizando máquinas controladas por CNC.

## Curvado por prensado (estampado)

Apta para operaciones simples en lotes grandes. Las piezas se modelan en una herramienta compuesta de dos partes como , por ejemplo, una prensa excéntrica o hidráulica u otro equipo sencillo.

# Tratamiento superficial

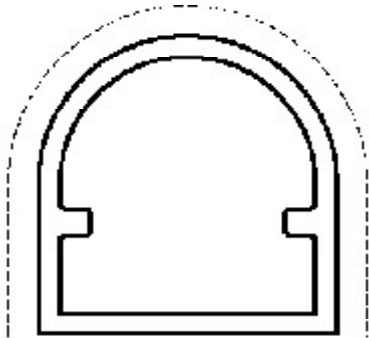
Existen dos razones fundamentales para tratar la superficie de los perfiles de aluminio: una es estética y la otra para darle a la superficie propiedades especiales.

Los métodos de tratamiento están divididos en cuatro clases principales: *el mecánico, el químico, el electroquímico y el orgánico*, que abarcan una serie

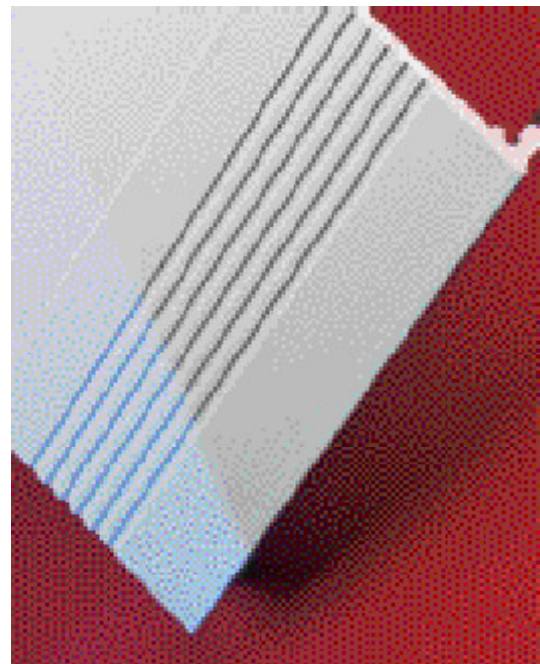
de técnicas diferentes. Algunas de las propiedades que pueden modificarse y perfeccionarse mediante el tratamiento de superficie son la resistencia a la corrosión, la estructura superficial, la dureza, el desgaste, la reflectividad y la capacidad de aislamiento eléctrica.

## Dándole forma al perfil

El proceso de extrusión brinda oportunidades para mejorar la superficie ya desde la etapa de diseño. Los perfiles de aluminio de grandes dimensiones pueden dividirse en partes y pueden ocultarse las variaciones estructurales de los perfiles con una distribución no uniforme del material, por ejemplo mediante ranuras decorativas en la superficie.



Muchos problemas pueden evitarse si se indica al fabricante en los dibujos las caras vistas del perfil.



## Métodos para el tratamiento superficial

Tipo	Técnica	Características
Mecánico	Esmerilado/Cepillado Pulido Pulido por vibrado Pulido a espejo	Líneas finas en el sentido del esmerilado. Otorga un débil aspecto mate sedoso Pule la superficie y las líneas del esmerilado desaparecen parcialmente Superficie mate a brillante, apto para áreas pequeñas Otorga un acabado muy brillante/espejo
Químico	Decapado Abrillantado Cromatizado/Fosfatizado Altisering Recubrimiento electrolítico con cobre, estaño, níquel, plata *	Proceso previo en diversos tipos de tratamientos, otorga una superficie mate limpia Otorga un acabado muy brillante/espejo Tratamiento previo al recubrimiento con pintura en polvo Tratamiento previo al recubrimiento con pintura en polvo, altamente resistente a la corrosión  Otorga una óptima soldadura, conductividad y reflectividad.
Electroquímico	Anodizado  Pulido electrolítico	Otorga una capa dura, clara o coloreada de óxido. Para fines decorativos o una mejor protección de la superficie Otorga una superficie suave con alta reflectividad
Recubrimiento orgánico de la superficie	Recubrimiento con pintura en polvo Serigrafiado Recubrimiento con láminas protectoras	Otorga varios grados de superficies protectoras y decorativas Impresión de texto, dibujos decorativos, etc. Con fines decorativos, de protección u otras propiedades

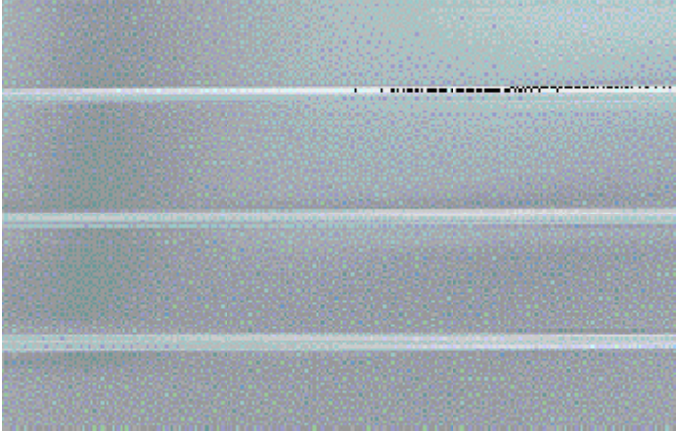
\* estos procesos de recubrimiento electrolítico se llevan a cabo, principalmente, con métodos electroquímicos.

---

# Tratamiento mecánico de superficies

Los acabados superficiales especiales pueden lograrse por tratamientos mecánicos como el pulido y el cepillado. Estos métodos eliminan todos los defectos pequeños en la superficie,

logran un área uniforme y posibilitan un tratamiento posterior para imprimirles una superficie reflexiva o decorativa.

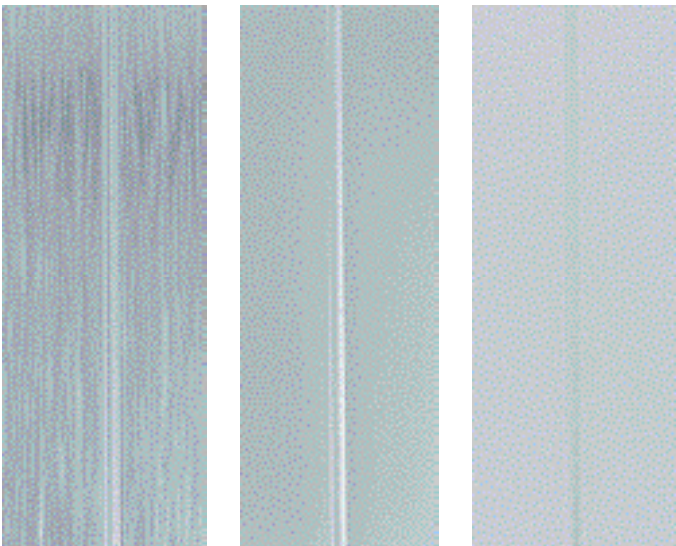
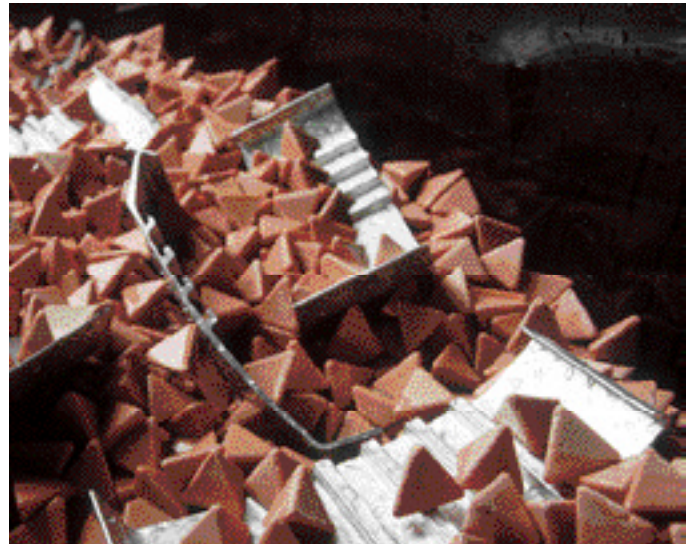


## Pulido

El pulido es un proceso que consiste en el esmerilado, aceitado y pulido con paño en varias etapas, automatizadas o manuales. Se puede lograr una superficie suave, de reflexión brillante y sin rasguños, con buen lustre, con una pérdida insignificante de brillo del material.

## Vibrado

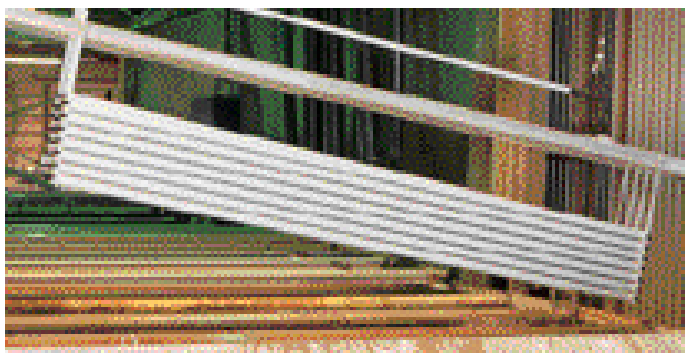
Un buen método para piezas de aluminio más pequeñas para eliminar las rebabas, suavizar los bordes filosos y pulir hasta cierto grado.



## Esmerilado

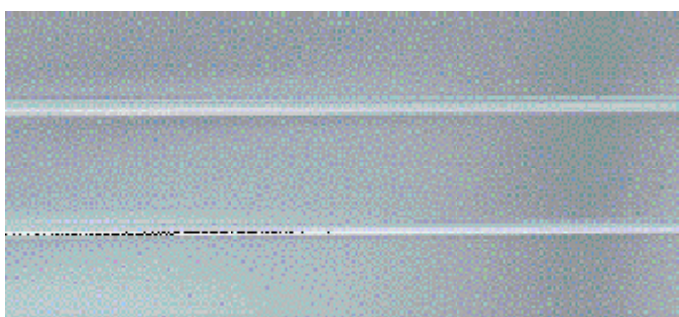
El esmerilado produce una superficie decorativa, no reflexiva, que puede variar entre el aspecto arenado y el aterciopelado. Se deberán anodizar o pintar las superficies esmeriladas para evitar la corrosión.

# Tratamiento químico de superficies



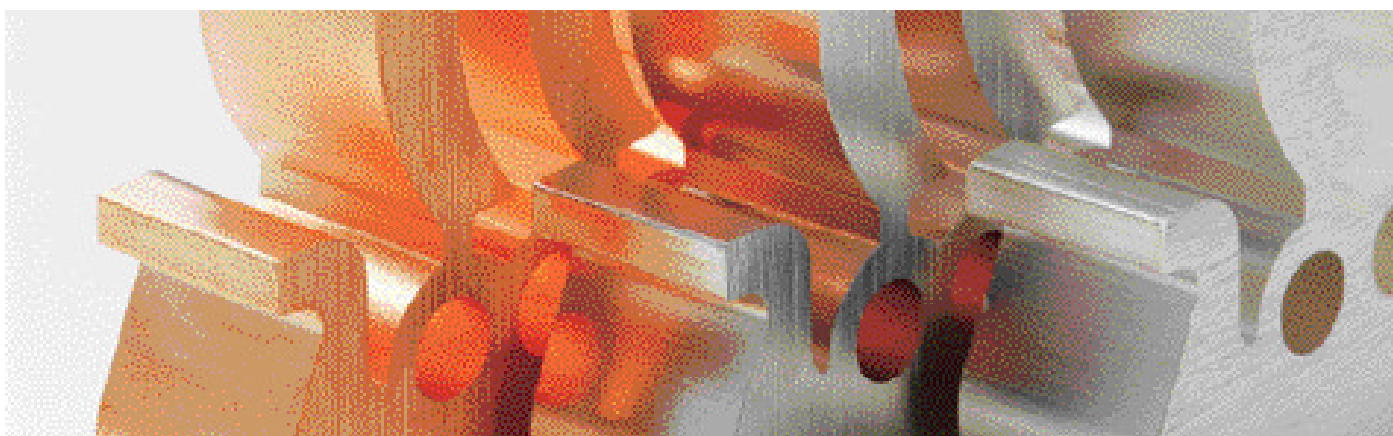
## Decapado

El decapado es un proceso que se realiza en soluciones ácidas o alcalinas. Elimina las pequeñas impurezas distribuidas uniformemente en la superficie como el aceite, la suciedad y la siempre presente capa de óxido. Se puede lograr una superficie grisácea mate en función de la aleación, el estado de la superficie, la composición química y la temperatura del baño, y el tiempo de secado. El decapado se utiliza como un tratamiento previo antes del anodizado o el recubrimiento con pintura en polvo.



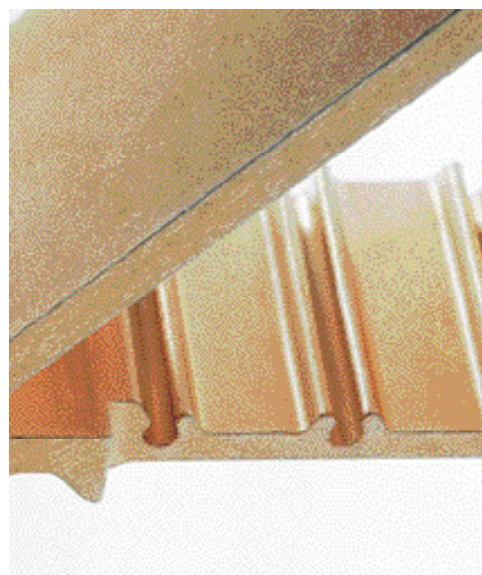
## Abrillantado y pulido químico

Los baños de pulido químico atacan las irregularidades del material dándole una superficie uniforme. Este tratamiento le da a la superficie un acabado brillante pero al mismo tiempo es sumamente sensible y debe ser posteriormente tratado mediante anodizado o pintura.



## Plateado con cobre, níquel, plata, estaño

Son métodos para el tratamiento superficial que logran óptimas propiedades de soldadura, reflectividad y conductividad tanto para la electricidad como para el calor. Estos métodos se utilizan en componentes para telecomunicaciones, automoción, etc...



Cromatizado/Fosfatado/Altisering

## Cromatizado/Fosfatado

El cromatizado o el fosfatado se realiza para mejorar la adhesión entre el sustrato de aluminio y el recubrimiento con pintura en polvo. También se mejora la resistencia a la corrosión. Estos métodos de recubrimiento también se utilizan para los componentes que requieren una óptima conductividad eléctrica.

## Altisering

Se trata de un proceso novedoso y un reemplazo ecológico del cromatizado. Está basado en el uso del óxido de manganeso que, – contrariamente al cromatizado amarillento, – existe en la naturaleza. El *altisering* se utiliza en parte como un tratamiento previo a la pintura, y en parte como un tratamiento superficial con fines de protección en ambientes fuertemente corrosivos. Se usa en componentes que precisan conductividad eléctrica como, por ejemplo, en la industria de las telecomunicaciones.

# Tratamiento electroquímico de superficies

## Anodizado

El anodizado consiste en un proceso electroquímico que crea una capa considerablemente más gruesa de óxido que la que se forma naturalmente. Esto brinda protección contra el desgaste mecánico y la corrosión además de convertir la superficie en aislante eléctrico.

El proceso implica colocar el perfil en un baño electrolítico con una corriente continua en la que éste actúa como ánodo (de allí el nombre). Cuando se aplica la corriente se forma una capa de óxido que pasa a formar parte integral del material. El espesor de la capa está determinado por una combinación de la

temperatura y la composición del baño, la corriente aplicada y el tiempo de anodizado.

La capa de óxido creada consiste en una cantidad de poros abiertos que vuelven el material sensible a la corrosión. Por tanto, el proceso se completa mediante el cierre de los poros con un sellado.

La capa de óxido anódico también puede colorearse según una amplia gama de tonos. El coloreado se realiza antes del sellado.



## Propiedades

La capa de óxido anódico formada por el anodizado brinda una excelente resistencia a la corrosión. La superficie no resulta normalmente afectada por el contacto con soluciones y sustancias con pH entre 4 y 8,5. La superficie puede ser manchada y dañada por sustancias fuertemente alcalinas. Es importante recordar este dato para los componentes de aluminio para la construcción, que deberán ser protegidos del cemento durante el trabajo.

La capa de óxido natural del aluminio posee un espesor cercano a los 0,02  $\mu\text{m}$ . Mediante el anodizado, el espesor de la capa de óxido puede aumentarse a 25  $\mu\text{m}$ .

La dureza de la capa anódica es mayor que la del acero, el níquel y el cromo, y es la misma que el corindón (óxido de aluminio). Adicionalmente, el punto de fusión de la superficie aumenta hasta cerca de los 2000°C.

La capa de óxido formada por el anodizado posee óptimas cualidades aislantes y un voltaje de ruptura de 500 – 600 V en un espesor de 12 – 15  $\mu\text{m}$ . La resistencia al desgaste y la corrosión de la superficie puede mejorarse aumentando el espesor de la capa anodizada. La tabla siguiente describe los espesores recomendados para diversas aplicaciones.

Los perfiles de aluminio anodizados son aptos para una gama de aplicaciones arquitectónicas y decorativas que exigen una superficie bonita y duradera. Las perfiles de aluminio anodizados reducen al mínimo la necesidad de mantenimiento. Sin embargo, por razones estéticas, deben ser limpiados periódicamente, por ejemplo, con agua y detergentes neutros. No se deben usar ácidos fuertes ni alcalinos.

**Espesor recomendado de la capa de anodizado**

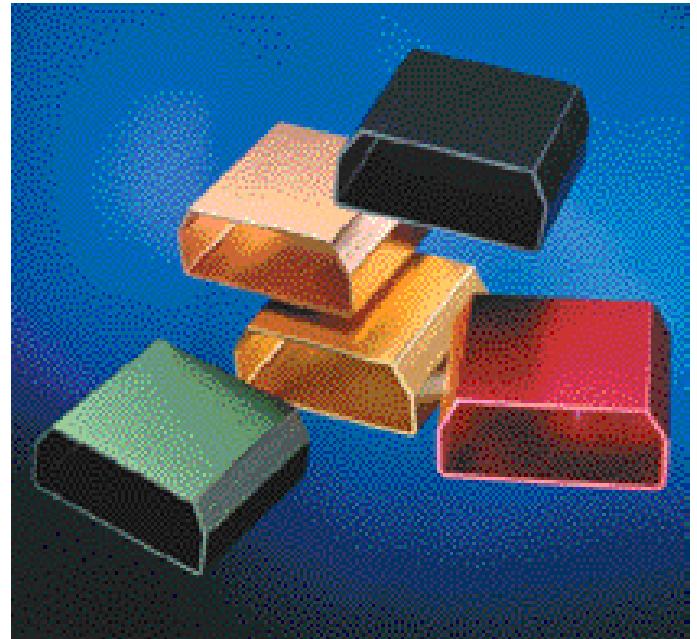
Espesor de la capa en $\mu\text{m}$	Aplicación
25 corrosivos	Superficies fuertemente afectadas por la corrosión o el desgaste, especialmente a la intemperie en ambientes
20	Exposición fuerte o normal a la intemperie, por ejemplo, materiales de construcción, vehículos y barcos
20	Fuerte exposición en interiores a productos químicos, en aire húmedo, por ejemplo, la industria alimentaria
15	Desgaste relativamente fuerte en interiores, por ejemplo, barandillas o elementos decorativos a la intemperie
10	Exposición normal en interiores o exteriores en aire sin vapor de agua y puro. Para reflectores, accesorios, fajas decorativas en vehículos, equipos deportivos
5	Exposición normal en interiores

## Anodizado color

Antes del sellado final de los poros se puede colorear el recubrimiento de óxido anódico utilizando uno de los dos métodos siguientes:

La **tintura** se realiza directamente después del anodizado en una operación diferente. Se utilizan agentes colorantes orgánicos o inorgánicos. El proceso se completa con el sellado. Existen muchos colores disponibles. Sin embargo, las tinturas orgánicas no son resistentes a la luz ultravioleta y este método es más apto para productos que serán utilizados en interiores.

La **coloración electrolítica** se realiza en una operación diferente posterior al anodizado, utilizando una corriente alterna. Los pigmentos, que consisten en sales metálicas, penetran en los poros. Este proceso se continúa con el sellado. El resultado es muy resistente a los efectos de la luz ultravioleta y es sumamente apto para los productos que van a la intemperie. Los colores varían desde el bronce dorado al negro.



## Tratamiento orgánico de superficies

### Recubrimiento con pintura en polvo

El recubrimiento con pintura en polvo de los perfiles de aluminio es un método ecológico de pintura sin disolventes que brinda un amplio espectro de colores. Este método presenta las siguientes ventajas:

- amplia gama de colores
- variedad de acabados superficiales
- óptima resistencia a la corrosión
- óptima resistencia al desgaste y bajo frotamiento de superficie

Los recubrimientos con polvo son resistentes a la luz ultravioleta y, por lo tanto, aptos para productos a ser utilizados a la intemperie.

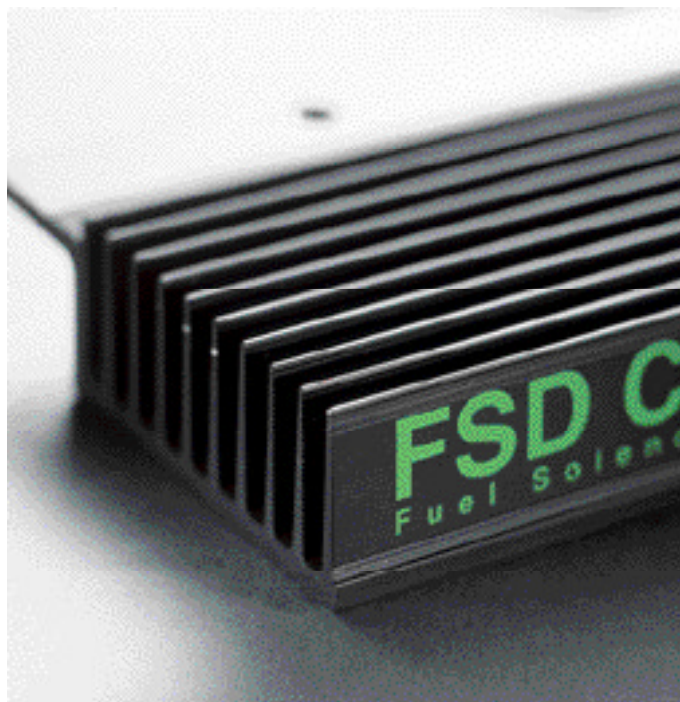
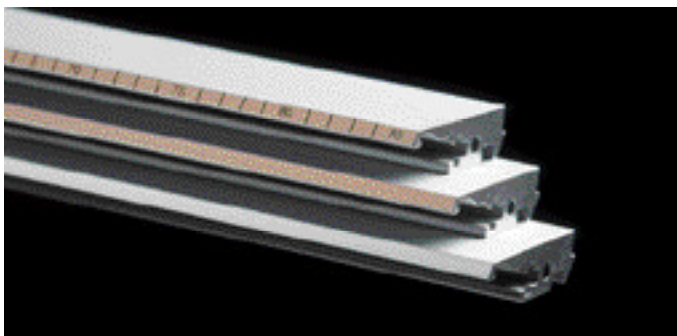


Es importante un tratamiento previo correcto para lograr un resultado satisfactorio y duradero. El tratamiento previo normal consiste en el desengrasado y decapado así como en el cromatizado. El recubrimiento con pintura en polvo permite elegir entre toda la gama de colores RAL y NCS.



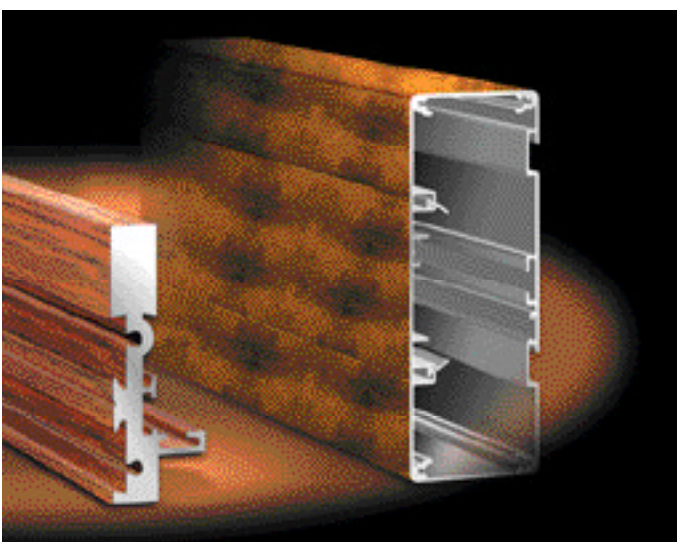
## Serigrafiado

Se puede lograr un resultado duradero y decorativo en los perfiles de aluminio utilizando el serigrafiado. Esto se puede llevar a cabo tanto en superficies sin tratamiento como en las anodizadas. Se pueden obtener resultados especialmente duraderos si la serigrafía se realiza entre los procesos de anodizado y sellado. Los poros en la capa de óxido absorben la tinta y el sellado final cierra los poros, brindando así una protección adicional contra el desgaste.



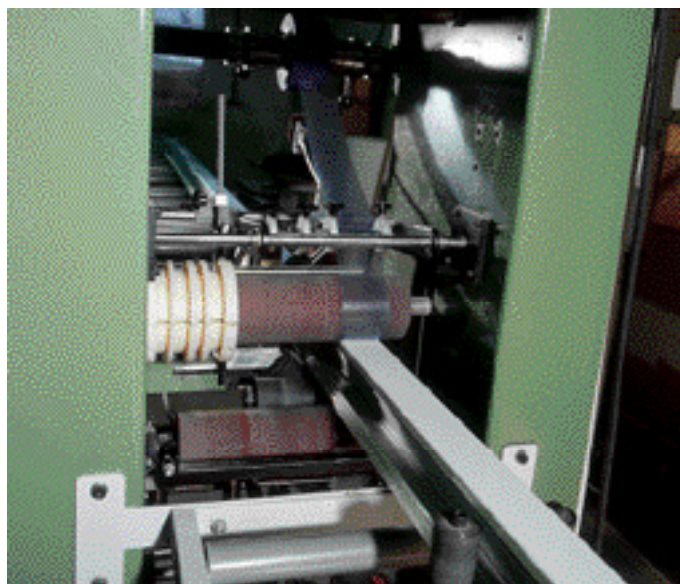
## AluDekor

AluDekor es un proceso de tratamiento superficial que posibilita darle a un perfil de aluminio una superficie con un efecto madera o mármol o cualquier otro efecto que pueda producirse mediante fotografía o gráficos computarizados. AluDekor no consiste en una capa delgada de lámina superficial; se trata de un método de tratamiento que penetra y pasa a formar parte del recubrimiento con pintura en polvo. La superficie es resistente al clima y a los rayos ultravioletas lo que la hace sumamente apta para el uso en exteriores. Asimismo, los perfiles de aluminio tratados con AluDekor pueden ser mecanizados y curvados en la forma usual sin dañar la superficie.



## Láminas protectoras

Se pueden aplicar láminas protectoras a la mayoría de los perfiles extruidos de aluminio para proteger las superficies visibles contra daños durante el mecanizado, el transporte y el ensamblaje. Se logran mejores resultados en máquinas de aplicación con cilindros de prensa adaptados a la forma de la extrusión y a temperaturas que van desde los 15° a los 40°C. Debe tenerse en cuenta el espesor de la película cuando durante el proceso se requieren tolerancias muy concretas. La película tiene un espesor de 50 µm.

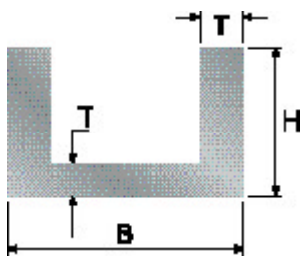


# Tolerancias

Las tolerancias descritas se refieren a perfiles de aluminio de complejidad media.  
En algunos casos puede ser deseable/posible obtener tolerancias menores /más ajustadas.

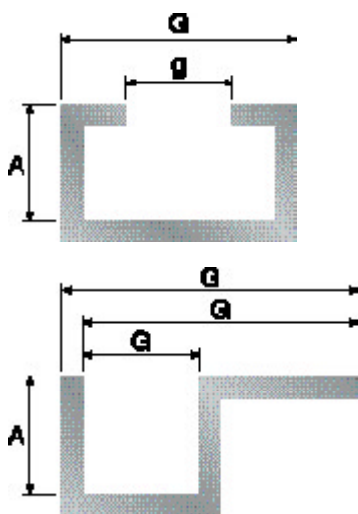
## Perfiles de aluminio planos

Espesor del material



Medidas nominales del material para B, H y T (mm) desde - hasta	Tolerancias B y H ± mm	Tolerancias del espesor T del material (en función del ancho B y H de la extrusión) ± mm					
		0-30	>30-60	>60-100	>100-150	>150-200	>200
0-1,5		0,15	0,15	0,20			
1,5-3	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
3-6	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
6-10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
10-15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
15-30	0,25	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
30-40	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
40-50	0,35	Definiciones: CCD = Diámetro círculo circunscrito T min. = Espesor mínimo del material  $\text{Factor} = \frac{\text{CCD}}{\text{T min.}}$					
50-60	0,40						
60-80	0,50						
80-100	0,60						
100-120	0,70						
120-150	0,80						
150-180	0,90						
180-210	1,10						
210-240	1,20						
240-270	1,40						
270-	1,50						

Medida de la abertura (huecos)

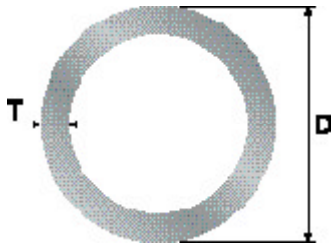


Medida nominal para G, mm desde - hasta	Tolerancias para la medida de la abertura G en función de la distancia A ± mm				
	>5-15 mm	>15-30 mm	>30-60 mm	>60-100 mm	>100 mm
0-6	0,30				
6-15	0,35	0,50			
15-30	0,40	0,55	0,95		
30-40	0,45	0,60	1,00	1,70	
40-50	0,50	0,65	1,05	1,75	
50-60	0,55	0,70	1,10	1,80	2,60
60-80	0,60	0,75	1,20	1,90	2,70
80-100	0,70	0,90	1,30	2,00	2,80
100-120	0,80	1,00	1,40	2,10	2,90
120-150	0,90	1,10	1,50	2,20	3,00
150-180	1,00	1,20	1,60	2,30	3,10
180-210	1,10	1,40	1,80	2,50	3,30
210-240	1,20	1,50	1,90	2,70	3,50
240-270	1,40	1,70	2,10	2,80	3,60
270-	1,60	1,80	2,20	2,90	3,70

Tolerancias medida g:  
Usar la medida G y la distancia A.

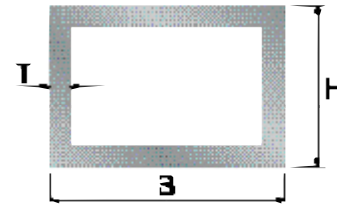


## Tubos redondos



Diámetro D:  $\pm 1\%$  de D, mínimo  $\pm 0,30$  mm  
 Espesor de pared T:  $\pm 10\%$  de T, mínimo  $\pm 0,20$  mm  
 Ovalamiento: Incluida en la tolerancia del diámetro  
 Excentricidad: Incluida en la tolerancia del espesor de pared

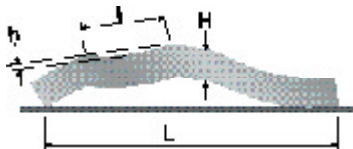
## Otros tubos



H y B: Las mismas tolerancias que para los perfiles de aluminio planos  
 Espesor de pared T:  $\pm 10\%$  de T, mínimo  $\pm 0,25$  mm

## Tolerancias de forma

### Rectitud

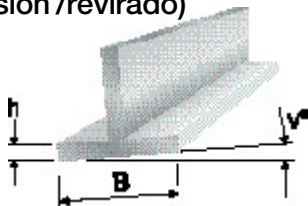


H máxima 1.5 mm por metro (L)  
 h máxima 0.75 mm en 500 mm (l)

Desvío H en mm en función de la longitud i en metros

2	3	4	5	6
3,0	4,5	6,0	7,5	9,0

### Torsión /revirado)



#### Tolerancia

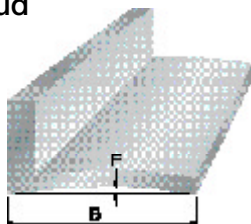
L < 1000: V máx 1°  
 L 1000-3000: V máx. 1° por metro  
 L > 3000: V máx. 3° por longitud

Desviación h en mm en función del ancho B

50	100	150	200	250
0,87	1,75	2,63	3,50	4,38
2,62	5,24	7,86	10,48	13,10

L < 3000: h = 0.0175 x B x L in metre L > 3000: h = 0.0524 x B

### Planitud



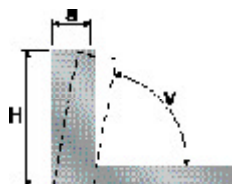
Desvío F en mm en función del ancho B

#### Tolerancia

F máx.  $\pm 0,005 \times B$

100	130	160	190	210	240	270	300
0,50	0,65	0,80	0,95	1,05	1,20	1,35	1,50

### Ángulo

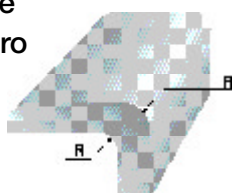


Desvío a en mm en función de la altura H

Factor	Tol. $\pm$
-60	1°
> 60	1,5°

	40	50	60	70	80	90	100
0,0175xH	0.70	0.87	1.05	1.22	1.40	1.57	1.75
0,0262xH	1,05	1,31	1,57	1,83	2,09	2,36	2,62

### Radio de encuentro



Máx.  $\pm 10\%$  de R  
 Esquinaviva:  
 Mín. 0,3

Máx.  $\pm 10\%$  de R  
 Esquinaviva:  
 Mín. 0,3

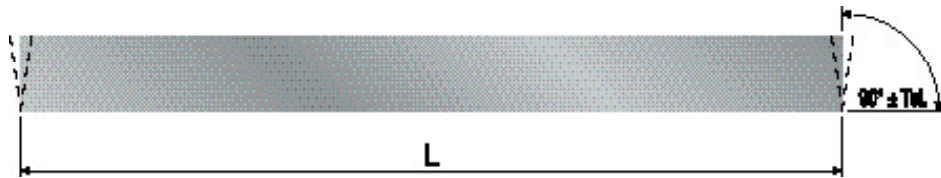
# Tolerancias de longitud

## Corte de prensa

Círculo circunscrito desde - hasta	Tolerancia de longitud para longitud L ± mm	
	3000-5000	5000-8000
0-50	3,0	3,5
50-100	3,5	4,0
100-250	4,0	5,0
250-	5,0	6,0
Ángulo de corte: $90^\circ \pm 1^\circ$		

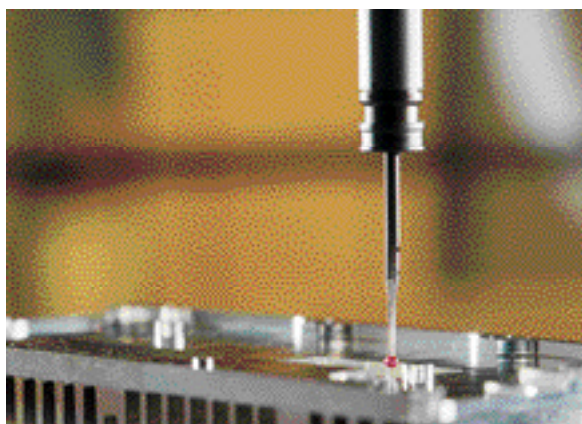
## Nuevo corte (adicional)

Círculo circunscrito desde - hasta	Tolerancia de longitud para longitud L ± mm			
	0-200	200-500	500-1000	1000-3000
0-50	0,25	0,50	0,75	1,00
50-100	0,50	0,75	1,00	1,25
100-150	0,75	1,00	1,25	1,50
150-200	1,00	1,25	1,50	1,75
200-	1,25	1,50	1,75	2,00
Ángulo de corte: $90^\circ \pm 0,5^\circ$				



# Tolerancias de Mecanizado

Nuestros mecanizados se ajustan a las tolerancias DIN ISO 2768-2 intermedias.



Nuestra fabricación de perfiles de aluminio y componentes se somete a verificaciones periódicas de calidad y control de tolerancias como parte de nuestra labor ISO 9001.

**Personalmente, siempre estoy dispuesto a aprender,  
aunque no siempre me agrada que me enseñen.**

Winston S. Churchill (1874-1965)

**Todos los errores están permitidos, excepto uno:  
¡aferrarse a lo antiguo!**

Assar Gabrielsson (1891-1962)

**Las mentes son como paracaídas.  
Sólo funcionan al abrirse.**

Sir James Dewar (1877-1925)

**Pocas cosas son tan difíciles de soportar  
como el fastidio de un buen ejemplo.**

Mark Twain (1835-1910)

**No basta con hacer lo mejor;  
se debe saber qué hacer, y LUEGO hacer lo mejor.**

W. Edwards Deming (1900-1993)

**Haz lo correcto. Le agradará a algunas personas  
y asombrará al resto.**

Mark Twain (1835-1910)

**Esos son mis principios. Si no le agradan, tengo otros.**

Groucho Marx (1890-1977)

**No logro entender por qué las personas se asustan de las ideas nuevas.  
A mí me asustan las viejas.**

John Cage (1912-1992)

**Toda idea realmente novedosa parece alocada al principio.**

Alfred North Whitehead (1861-1947)

**Lo importante es no dejar nunca de cuestionarse.**

Albert Einstein (1879-1955)

**No he fracasado; he descubierto 10.000 maneras que no funcionan.**

Thomas Edison (1847-1931)

**¡No mezcle las cosas con los hechos!**

Groucho Marx (1890-1977)

**Se necesita toda una nueva forma de pensar para solucionar  
las cosas que hemos creado con la antigua forma de pensar.**

Albert Einstein (1879-1955)

# Extrusión



HYDRO

## **Hydro Aluminium Extrusion**

Routes de Chavannes 31, CH-1007 Lausanne, SUIZA.

Tel: + 41 21 621 83 83; Fax: + 41 21 621 83 43.

[www.aluminium-extrusion.hydro.com](http://www.aluminium-extrusion.hydro.com)

## **Hydro Aluminio La Roca**

Pol.Ind. Can Font de la Parera

08430 La Roca del Vallés (Barcelona). ESPAÑA

Tel: + 34 93 7078200; Fax +34 93 8422027

[www.hydroaluminio.es](http://www.hydroaluminio.es)

## **Hydro Aluminio Aldural**

Calle 4 s/n, Parque Industrial Pilar

AR-Pilar B1629MXA

Buenos Aires, ARGENTINA

Tel + 54 2322 496060; fax +54 2322 496060 ext. 211

[www.hydroaluminio.com.ar](http://www.hydroaluminio.com.ar)