



## COLABORAMOS CON EL CAMPO CADA DÍA

Asegurando que la maquinaria agrícola moderna se pueda construir con la ayuda de nuestros productos y expertos.

Las piezas de fundición son indispensables para la construcción de la maquinaria agrícola que necesita ser de una alta calidad para desempeñar un trabajo fructífero. Durante más de 100 años las fundiciones han confiado en un socio solvente que aporta innovación, tecnología eficiente y productos de la máxima calidad. Además del conocimiento y experiencia de nuestros ingenieros de fundición en todo el mundo y aquí mismo.

**FOSECO. Your partner to build on.**



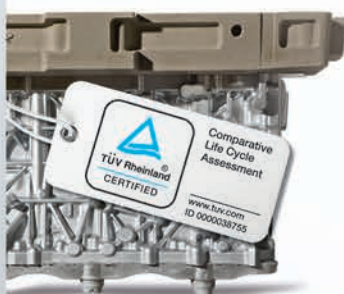
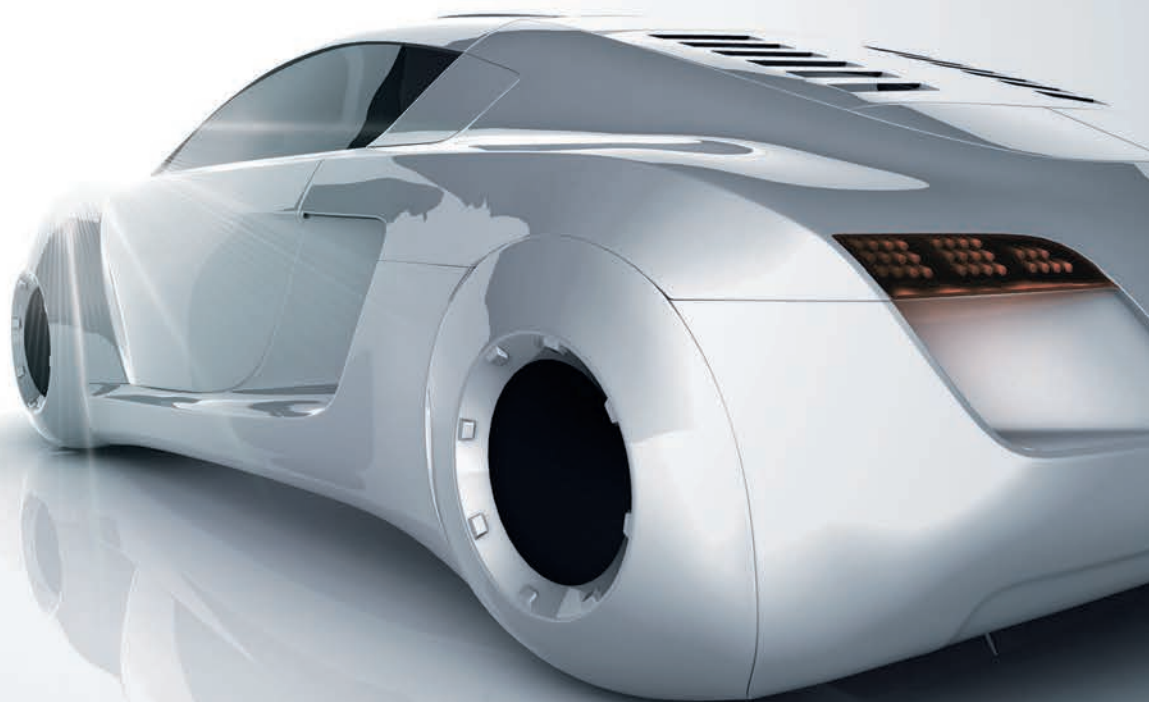
A BRAND OF  
**VESUVIUS**

[dacav@foseco.com](mailto:dacav@foseco.com) // [www.foseco.es](http://www.foseco.es)



TECNOLOGÍA DE FUNDICIÓN  
MÁS ALLÁ DE MAÑANA

# Estás **LISTO** para acelerar con INOTEC™?



Mayor compatibilidad con el medio ambiente,  
mayor productividad y piezas con mejor  
rendimiento

INOTEC™ ofrece claros beneficios medioambientales, excelentes propiedades técnicas e impresionantes mejoras en la productividad - ¡asegurándote de que permaneces en el carril rápido!

Los expertos de ASK Chemicals están a tu disposición:

Tel.: +34 944 569590

E-Mail: [info.spain@ask-chemicals.com](mailto:info.spain@ask-chemicals.com)

[www.ask-chemicals.com/beyondtomorrow](http://www.ask-chemicals.com/beyondtomorrow)

**ASKCHEMICALS**  
We advance your casting





La necesidad de piezas con secciones de pared más finas y diseños más complejos es una tendencia en el mercado de la fundición.

Esto lleva a piezas con secciones más aisladas y como resultado, a la necesidad de una alimentación en detalle.

Leer más en página 29.

O en nuestra web: <https://www.vesuvius.com>

## Sumario • OCTUBRE 2019 - Nº 105

### Información

- Integración, automatización y programación de coladas, el camino hacia la industria 4.0 **8**
- Una apuesta por la fabricación aditiva en la manufactura de herramientas de uso industrial **6**
- Una nueva colaboración lleva la tecnología Hot Form Quench a Norteamérica **8**
- España bate su récord histórico instalando 5.266 robots industriales en 2018 -  
Por AER (Asociación Española de Robótica y Automatización) **10**
- Cámara térmica industrial de alta temperatura FLIR TG297 **12**
- El cobre y sus aleaciones (y Parte IV) - Por Manuel Antonio Martínez Baena **14**
- La celda digital de Bühler es un cambio radical para la industria de fundición a presión **22**
- La serie AgieCharmilles LASER S de GF Machining Solutions para los principales fabricantes de moldes **26**
- Nueva tecnología FEDEX K - VAK - Por Christof Volks **29**
- Universal Robots lanza UR16e **32**
- ExOne y Siemens, partners para llevar la Industria 4.0 a la impresión 3D **34**
- Integración en línea de marcado láser resistente al granallado, en una célula de fundición a presión - Por J. Landry, J. Maltais, J.M. Deschênes, M. Petro, X. Godmaire, A. Fraser. Coautor J. Tort. - AIFSL **36**

Guía de compras **45**

Índice de Anunciantes **50**

Síguenos en



**Director:** Antonio Pérez de Camino  
**Publicidad:** Carolina Abuín  
**Administración:** María González Ochoa  
**Director Técnico:** Dr. Jordi Tartera  
**Colaboradores:** Inmaculada Gómez, José Luis Enríquez, Antonio Sorroche, Joan Francesc Pellicer, Manuel Martínez Baena y José Expósito

#### PEDECA PRESS PUBLICACIONES

Goya, 20, 1º - 28001 Madrid  
 Teléfono: 917 817 776  
[www.pedeca.es](http://www.pedeca.es) • [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es)

ISSN: 1888-444X - Depósito legal: M-51754-2007

Diseño y Maquetación: José González Otero  
 Creatividad: DELEY  
 Impresión: Villena Artes Gráficas

Por su amable y desinteresada colaboración en la redacción de este número, agradecemos sus informaciones, realización de reportajes y redacción de artículos a sus autores. FUNDI PRESS se publica nueve veces al año (excepto enero, julio y agosto). Los autores son los únicos responsables de las opiniones y conceptos por ellos emitidos. Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o artículos publicados en FUNDI PRESS sin previo acuerdo con la revista.

### Asociaciones colaboradoras



# Integración, automatización y programación de coladas, el camino hacia la industria 4.0

Uno de los grandes retos a los que se enfrenta cualquier empresa, es la optimización de su producción, pues por definición, toda actividad empresarial ha de buscar siempre maximizar beneficios, en un difícil equilibrio entre el aumento de ingresos y la reducción de costes.

Para ello, cada vez contamos con más herramientas que nos ayudan en la toma de decisiones y nos permiten gestionar nuestros negocios de manera más rentable.

Nuevas posibilidades como el Big Data o el IoT, han venido para quedarse y ayudarnos a mejorar nuestros procesos productivos.

AMV Soluciones siempre se ha caracterizado por una fuerte apuesta por la innovación y el desarrollo, y así ha ido perfeccionando sus productos para adaptarlos a las necesidades del día a día de sus clientes.

ALEA es el mejor ejemplo, y fruto de ello en la última versión, presentada en GIFA 2019, ha incorporado nuevas funcionalidades enfocadas a la automatización e integración de sistemas que dotan a las fundiciones de una mayor inteligencia, permitiendo gestionar las coladas de forma eficiente y con el menor coste posible.

Con la integración de sistemas y la lectura automática de datos, aplicando técnicas de análisis estadístico y Machine Learning se consigue un importante ahorro en tiempo, materias primas y costes de energía, eliminando los errores humanos e incrementando la productividad.

Esto contribuye a que las fundiciones posean una trazabilidad completa de las coladas en tiempo real, ayudando a corregir desviaciones en el momento en que se presentan.

De este modo, se mejora la consistencia química de las aleaciones, se ofrece un producto más controlado y se responde con mayor inmediatez ante nuevos requisitos del mercado.

Estar siempre a la vanguardia en innovación tecnológica ha hecho posible que AMV Soluciones haya crecido en los últimos años y esté ya presente en 4 continentes, trabajando con algunas de las fundiciones más punteras del mundo, obteniendo la retroalimentación necesaria para continuar desarrollando productos en base a los requerimientos del mercado y dando respuesta a nuevos retos, pues la solución siempre está ahí, ¡sólo hay que imaginarla!



REDUCIR COSTES



MEJORAR LA CALIDAD



OPTIMIZAR LOS  
RECURSOS



DESARROLLO SOSTENIBLE



# Damos forma al futuro. Juntos.



Dos líderes mundiales en **fluidos de proceso industriales**, Quaker Chemical y Houghton International, se han combinado en una compañía para procurar que nuestros clientes de metalurgia no pierdan la delantera en un mundo cambiante.

En Quaker Houghton, nos enorgullece forjar alianzas con industrias de metalurgia de todo el mundo que impulsan un futuro más sostenible y próspero. Trabajamos con sus equipos para ofrecer conocimientos técnicos, servicios y avanzadas tecnologías en materia de fluidos de proceso industriales.

[quakerhoughton.com](http://quakerhoughton.com)

©2019 Quaker Houghton. Todos los derechos reservados.

 **Quaker  
Houghton™**  
Forward Together™

# Una apuesta por la fabricación aditiva en la manufactura de herramientas de uso industrial

En los últimos años las empresas de sectores como la automoción y el aeronáutico, han incursionado en el uso de la tecnología de fabricación aditiva metálica para la creación de prototipos y ciertos utillajes, que no han podido ser diseñados o modificados para obtener una mejora con la fabricación convencional, pero con el pasar del tiempo y la evolución de la tecnología, más empresas se suman a la implementación de la fabricación aditiva metálica para producción de pequeñas series y componentes personalizados.

Empresas como Optimus 3D ubicada en Álava, Vitoria, plantean soluciones e incentivan a las empresas a adoptar la tecnología de la fabricación aditiva en los procesos de producción mediante sus servicios de ingeniería e I+D.

Tras invertir en el sistema RenAM 500 S de Renishaw en 2018, Optimus 3D ha rediseñado para su cliente EGA Master, líder mundial en la fabricación de herramientas de mano una de sus aplicaciones usadas en campos exigentes como el aeroespacial y militar.

EGA Master ha decidido adoptar la tecnología en uno de sus productos, aplicación que requieren algunas caracte-

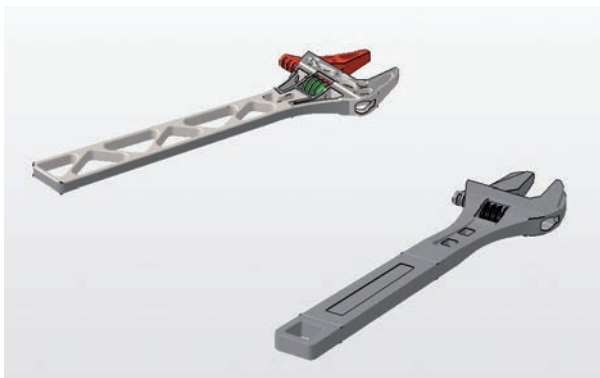


rísticas específicas de material. "Para la empresa es necesario que el componente sea fabricado en un material a magnético, ya que es usado para trabajos en entornos donde existen grandes campos magnéticos y corrosividad, por lo que el requerimiento de material es Titanio 6Al4V", comenta Fernando Oharriz, CEO de Optimus 3D.

Además, con el uso de la tecnología de fabricación aditiva metálica se acorta el tiempo de fabricación y por ende el de suministro de 72 a 48h, así mismo Optimus 3D ha logrado introducir una mejora de reducción de peso gracias a la optimización topológica, facilitando el uso de la herramienta a los operarios.

Al utilizar la tecnología, estas herramientas podrán ser modificadas cuantas veces EGA Master lo requiera. "El sistema RenAM 500 S de Renishaw nos permitirá rediseñar y fabricar aplicaciones a medida de las necesidades de nuestros clientes", añade Oharriz.

Renishaw es uno de los líderes en el desarrollo de sistemas y softwares para la fabricación aditiva metálica a través del proceso de fundición de lecho de polvo mediante láser.





Núremberg, Alemania  
14 – 16.1.2020



# EUROGUSS 2020

Salón Internacional de la Fundición a Presión:  
Técnicas, Procesos, Productos

## IDEAS QUE MOLDEAN EL FUTURO

¡Visite la feria  
líder de Europa!

[euroguss.com](http://euroguss.com)



**Patrocinadores**

VDD Verband Deutscher  
Druckgießereien, Düsseldorf  
CEMAFON, Frankfurt am Main

**¡Nos encanta tenerle informado!**

NürnbergMesse GmbH  
T +49 9 11 86 06-49 16  
[visitorservice@nuernbergmesse.de](mailto:visitorservice@nuernbergmesse.de)

NÜRNBERG MESSE

# Una nueva colaboración lleva la tecnología Hot Form Quench a Norteamérica

Impression Technologies y Telos Global se asocian para atender las necesidades de los fabricantes OEM de automoción.

Impression Technologies Ltd ("ITL"), el creador de la tecnología Hot Form Quench (HFQ®), la solución líder avanzada de peso ligero para estructuras de aluminio de alta resistencia, anuncia una importante alianza con Telos Global, un líder en la manufactura y suministro de herramientas y componentes del sector de automoción.

El acuerdo de colaboración pone la tecnología HFQ® a disposición del mercado norteamericano y permitirá que Telos Global fabrique componentes de chasis y carrocerías listas para pintar en aluminio de alta resistencia, permitiendo así a la compañía atender los requisitos OEM de mercados en rápido crecimiento como, por ejemplo, de SUV, camionetas y vehículos eléctricos.

Telos iniciará la producción de componentes HFQ® en sus instalaciones de Caryville, Tennessee, suministrando al principio a fabricantes OEM de automoción en Norteamérica para posteriormente ampliar su servicio a Asia y

Europa. Esta es una etapa clave en el establecimiento en ITL de una cadena de suministro HFQ® a partir de mediados de 2020, que forma parte de su estrategia para crear una red global de socios que trabajen con los mismos estándares de simulación, diseño y manufactura, después de que se anunciara recientemente la colaboración entre ITL y Fischer group en Europa.

El CEO de ITL, Jonathan Watkins, comenta acerca de este anuncio: "Estamos encantados de iniciar esta colaboración estratégica con Telos Global, que ofrecerá a los fabricantes OEM del sector de automoción un alto volumen de suministro de estructuras más resistentes, ligeras y rentables gracias al uso de la tecnología HFQ® con un estándar garantizado. Estamos deseando trabajar con Telos para desarrollar las capacidades de la cadena de suministro HFQ® tanto en Norteamérica como a nivel global."

Rick Teague, CEO y fundador de Telos Global, dice: "Esta colaboración con ITL ofrece a Telos una oportunidad increíble para suministrar a los clientes de automoción de Norteamérica y de todo el mundo, componentes complejos fabricados con aleaciones nuevas de aluminio de alta resistencia. Estamos convencidos de que la tecnología HFQ® con el sistema de producción escalable de Telos ofrecerá importantes oportunidades para ser flexibles en el diseño y ofrecer poco peso a precios competitivos."

Telos Global fue fundada en 2016 por Rick Teague, anteriormente Director Global de prensa de estampación en caliente y desarrollo de herramientas en Cosma International (parte de Magna International), con el objetivo de suministrar componentes de chasis y carrocerías listas para pintar a los fabricantes OEM más grandes del mundo mediante el uso de las tecnologías más avanzadas de estampación en caliente.







# FEAF

**Federación Española  
Asociaciones Fundidores**



Asociación de Fundidores  
País Vasco y Navarra



Associació de Fonedors  
de Catalunya

Alameda Urquijo, 33 1º D - 48008 BILBAO

Tel. 94 470 07 07

Fax. 94 421 19 88

E-mail: [info@feaf.es](mailto:info@feaf.es)

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

# España bate su récord histórico instalando 5.266 robots industriales en 2018

Por AER (Asociación Española de Robótica y Automatización)

La Federación Internacional de Robótica (IFR) ha publicado recientemente el informe World Robotics Industrial Robots 2019, del cual se extrae la evolución del mercado global de robots industriales, así como la situación del mercado español en 2018.

España mantiene el cuarto puesto en el mercado europeo de la robótica industrial (tras Alemania, Italia y Francia) y recupera la décima posición en el ranking mundial.

Los datos del mercado español provienen del estudio anual que realiza AER en colaboración con los fabricantes y distribuidores con actividad en España.

Las ventas de robots en el mercado español dependen en gran medida de la industria automovilística, siendo España el segundo mayor fabricante de vehículos europeo solo por detrás de Alemania, según datos de la

OICA. Debido a ello, la densidad de robots en la industria automovilística ascendió en 2018 a 1.110 robots por cada 10.000 empleados, muy cerca de los valores alcanzados en 2011.

La densidad de robots en la industria en general es mucho más baja pero ha ido aumentando a lo largo de los años, alcanzado los 80 robots instalados por cada 10.000 empleados en 2018.

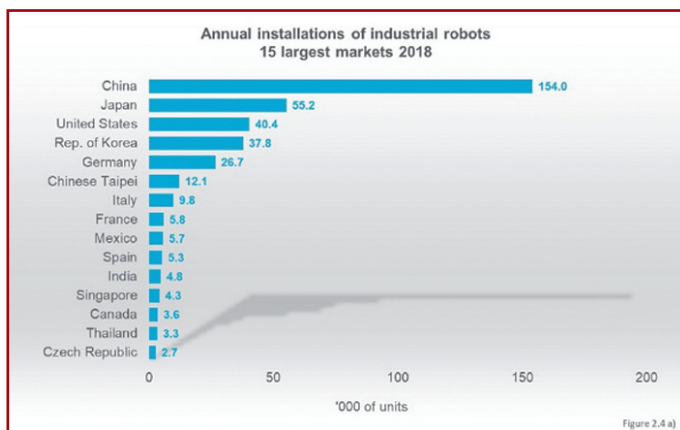
En el ranking global, España ocupa el puesto número 10 por detrás de China, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur, Alemania, China Taipéi, Italia, Francia y México. Sube dos posiciones respecto al año anterior, superando a Vietnam y Singapur.

Las ventas de robots industriales en España han aumentado un 24% en 2018 (5.266 unidades), constituyendo un nuevo récord histórico por cuarto año consecutivo.

Los principales sectores que explican este crecimiento son: automovilístico, metal/maquinaria y alimentación. Las ventas de robots en España entre 2013 y 2018, han aumentado un 14% de promedio anual.

El parque de robots industriales operativos en España en 2018 estaba alrededor de las 35.200 unidades (un 9% más que en 2017).

La IFR prevé que entre 2019 y 2022, las inversiones en robótica industrial en España aumentarán alrededor de un 10% de promedio anual.





# Te ayudamos a exportar



FUNDIGEX es la única asociación española del sector de la fundición especializada principalmente en la exportación. Para ello dispone de una amplia gama de recursos, personal y relaciones institucionales que facilitan la labor internacional de las empresas a través de la información, externalización de servicios y organización.

## [www.fundigex.es](http://www.fundigex.es)



**FUNDIGEX – Castings & Foundry Suppliers from Spain**  
Parque Empresarial Ibarra-barri – c/ Iturriondo, 18 – Edificio A-1, 1ºC  
48940 Leioa (Bizkaia)  
Tel: 94 470 65 05 | [fundigex@fundigex.es](mailto:fundigex@fundigex.es)

# Cámara térmica industrial de alta temperatura FLIR TG297

**F**LIR Systems anuncia la cámara térmica industrial FLIR TG297, que ofrece medición de temperatura sin contacto y termografía para profesionales en una sola herramienta. La versátil cámara para solucionar problemas dispone de un filtro único que permite a inspectores de mantenimiento, reparaciones y operaciones, identificar visualmente y encontrar el origen de muchos problemas habituales en aplicaciones de alta temperatura, como calderas, hornos, material refractario y de fabricación.

La FLIR TG297 supera los límites de los termómetros de infrarrojos (IR) puntuales, permitiendo que el usuario vea los puntos calientes y fríos, que suelen indicar posibles problemas y los sigue hasta el origen.

Los usuarios pueden examinarlo todo, desde conexiones eléctricas hasta averías mecánicas con rapidez y precisión, con un rango de temperatura desde -25 a 1.030 °C (de -13 a 1.886 °F). Por lo general, las altas temperaturas aparecen en blanco en las imágenes térmicas, pero la TG297 dispone de un filtro de alta temperatura móvil que mejora el rango térmico dinámico. Con el filtro activado, los usuarios pueden ver los cambios de color que indican diferencias en el extremo más alto del rango de temperatura de la cámara.

La TG297 se ha diseñado en torno a un sensor térmico FLIR Lepton® de 160 x 120 e incluye algoritmos exclusivos de FLIR de procesamiento de imágenes para conseguir la más alta calidad de imagen. La tecnología de dos cámaras Multi Spectral Dynamic Imaging (MSX™) patentada de FLIR estampa detalles de la cámara visual integrada sobre las imágenes térmicas completas para añadir nitidez y perspectiva. También puede utilizarse la cámara visual para capturar imágenes visuales con una lectura de temperatura integrada.

Los usuarios pueden guardar hasta 50.000 imágenes con 4 gigabytes de memoria flash, para demostrar a los clientes que se ha corregido el problema una vez terminado el trabajo. Con una batería recargable de iones de litio, la cámara funciona durante cinco horas de uso continuo.

La TG297 cuenta con una robusta carcasa IP54 que resiste duros entornos de trabajo. Incluye un puntero láser multipunto para indicar claramente el área medida y una potente linterna LED para ver en zonas oscuras y de difícil acceso.

La tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) permite a los usuarios cargar y compartir imágenes en un dispositivo móvil y crear informes sobre el terreno.





Part of

**ADVANCED  
ENGINEERING**

by **EASYFAIRS**

# **metal**madrid '19

**27 - 28 NOVIEMBRE**  
FERIA DE MADRID

## **LA FERIA LÍDER EN INNOVACIÓN INDUSTRIAL**

 **metal**madrid  
'19



**ROBOMATICA**



**CONNECTED  
MANUFACTURING**



**COMPOSITES  
SPAIN**



**ADDITIVE  
MANUFACTURING**  
New for 2019

**REGÍSTRATE ONLINE**

Activa tu invitación gratuita en [www.entradas.metalmadrid.com](http://www.entradas.metalmadrid.com)  
con el código 285 o directamente escaneando el QR inferior

Gold Sponsors



Event Partners



3D Printing



# El cobre y sus aleaciones (y Parte IV)

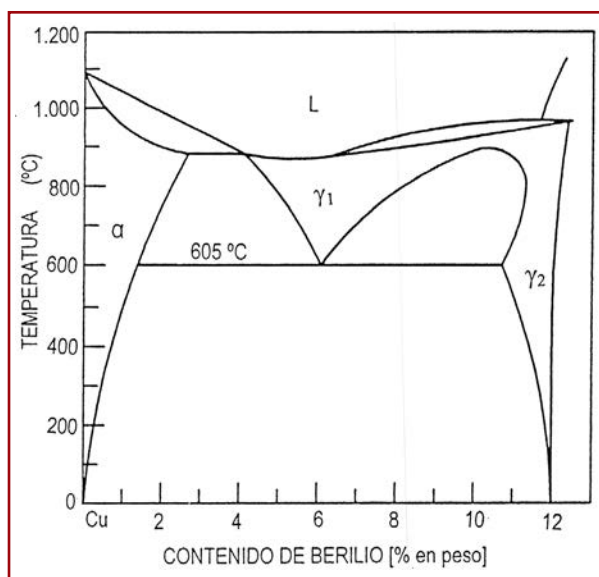
Por Manuel Antonio Martínez Baena. Ingeniero Metalúrgico

## 2.3.4. Bronces al berilio. Cuproberilios

Las aleaciones **cobre-berilio**, están clasificadas dentro de las del conjunto de cobres poco aleados; ver **tabla 1.1**. Esto es debido, principalmente, a baja solubilidad del berilio (**Be**) en el cobre (**Cu**): (1) solubilidad de 2,40 por 100 (**Be** ≤ 2,40%) a la temperatura de 860 °C; (2) solubilidad próxima al 0,60 por 100 (**Be** ≤ 0,60%) a la temperatura de 400 °C; y (3) solubilidad inferior al 0.25 por 100 (**Be** < 0,25%) a la temperatura ambiente. Según se puede apreciar en el diagrama de fases; **figura 2.20**.

Esa disminución de la solubilidad del berilio en el cobre, al disminuir también la temperatura, hace posible el endurecimiento estructural por precipitación, pudiendo alcanzar durezas superiores a 400 Brinell. Al igual, con durezas relativamente más bajas, se consigue una magnífica combinación de resistencia a la tracción, ductilidad y conductibilidad eléctrica.

Los **cuproberilios** son las aleaciones de base cobre que alcanzan la mayor dureza y resistencia. Tienen asimismo,



**Figura 2.20.** Porción rica en cobre del diagrama de fases del sistema cobre-berilio [Cu-Be].

la ventaja de poder modificar sus propiedades mecánicas mediante un tratamiento térmico: solubilización + maduración o envejecimiento. Las más óptimas propiedades mecánicas se obtienen en aleaciones con contenidos próximos al 2 por 100 de berilio [**Be** = (1,73 ÷ 2,25%)].

Un ciclo de tratamiento térmico para estas aleaciones es: (1) solubilización a una temperatura de 800 °C + temple en agua; (2) hechurado y puesta en forma en frío; y (3) maduración a una temperatura entre 300 y 350 °C. Con dicho ciclo de tratamiento térmico, el material alcanza una resistencia mecánica por encima de 1.450 MPa; la resistencia más alta desarrollada en las aleaciones comerciales de cobre. El "temple" en agua, desde una adecuada temperatura de solubilización, [**T<sub>a</sub>** = (800 ± 10 °C)], dará como resultado una estructura de una sola fase: fase alfa (α) sobresaturada. El tratamiento térmico posterior de maduración permitirá la precipitación de finas partículas de fase gamma (γ) repartidas por toda la masa matricial alfa (α). Hay que tener en cuenta el no utilizar una temperatura de maduración demasiado alta, ya que daría lugar al engrosamiento de grano, causa típica de una sobremaduración por exceso de temperatura.

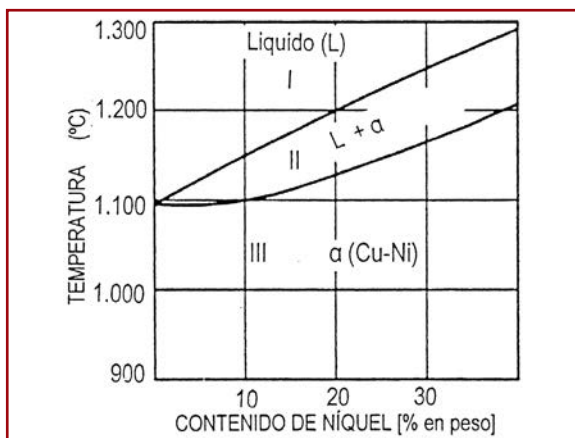
Los **cuproberilios** aumentan constantemente su campo de aplicación debido a sus altas características mecánicas. Por su gran resistencia y elevado límite elástico, – *propiedades sustancialmente superiores a las del acero*– se utilizan en la fabricación de piezas que necesitan una excelente combinación de conformado en frío y un alto límite elástico, aceptable resistencia a la fatiga, así como una cierta resistencia a la fluencia de aquellos materiales ya endurecidos.

Igualmente, los **cuproberilios** se utilizan en componentes constructivos y piezas que requieren resistencia a la corrosión, alta resistencia mecánica y una relativa alta conductibilidad eléctrica –*diafragmas, puentes de contacto, instrumentos quirúrgicos, pernos, muelles, tornillos, etc.*–. Más aplicaciones las tenemos en la fabricación de piezas y mecanismos de encendido, troqueles y herramientas de seguridad antideflagrante, es decir, que no provocan chispas por choque; **p.ej.:** herramientas para minería.



### 2.3.5. Bronces al níquel. Cuproníqueles y Alpacas

Las aleaciones **cobre-níquel** y **cobre-níquel-cinc** –**cuproníqueles** y **alpacas**– son materiales de gran importancia industrial, por sus características mecánicas y tecnológicas. Presentan una solución sólida total según se grafía en su diagrama de fases; **figura 2.21**.



**Figura 2.21.** Diagrama de fases del sistema cobre-níquel [Cu-Ni]. **Cuproníqueles.**

Los **cuproaluminios** (Cu-Ni) son materiales de una solubilidad completa, por tanto son aleaciones mono-fásicas que modifican sus propiedades mecánicas, únicamente por deformación y conformación plástica en frío. Con un cierto incremento de níquel (**Ni**), en dichas aleaciones, se obtienen una serie de mejoras:

- Aumento de las características mecánicas.
- Incremento de la resistencia a la corrosión.
- Su color adquiere un color blanco plateado, a partir del 15 por 100 de níquel (**Ni**  $\geq$  15).

Los aspectos metalúrgicos más característicos de las aleaciones **Cu-Ni** son:

- La susceptibilidad al agrietamiento en caliente durante la colada y riesgo cuando se realizan soldaduras a temperaturas próximas a las de fusión. Riesgo que aumenta con la presencia de “impurezas” [**Pb**; **S**; **P**] en el material.
- La absorción en estado líquido de **H<sub>2</sub>**, **O<sub>2</sub>** y **N<sub>2</sub>**. Gases que se expulsan en el momento de solidificación del material en colada, produciendo porosidad.

Los **cuproníqueles** contienen hasta un 30 por 100 de níquel (**Ni**  $\leq$  30%). En la práctica industrial la proporción de níquel está comprendida entre el 10 por 100 y el 30 por 100 [**Ni** = (10 ÷ 30%)]; mientras que la del cobre se encuentra comprendida en límites más estre-



**EXPOQUIMIA**  
Encuentro Internacional  
de la Química

**2-5 JUNIO 2020**  
RECINTO GRAN VIA

## THE NEXT GENERATION OF CHEMISTRY SOLUTIONS

La industria química está impulsando los principales avances tecnológicos del mundo. **NUEVOS MATERIALES** y **NUEVOS PROCESOS** están surgiendo para dar soluciones a los retos más importantes de la humanidad.

Ejes temáticos del debate:



**TRANSFERENCIA  
TECNOLÓGICA**



**ECONOMÍA  
CIRCULAR**



**TRANSFORMACIÓN  
DIGITAL**

**PARTICIPA** en EXPOQUIMIA 2020,  
una edición que hará historia.  
**expoquimia.com**  
**#expoquimia2020**

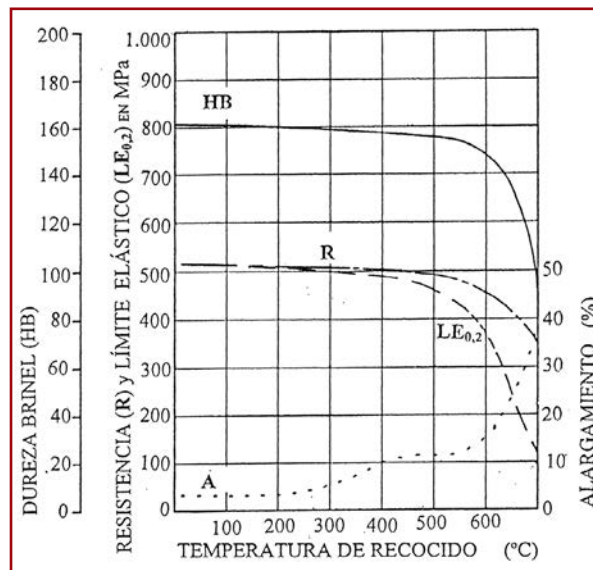
  
**Fira Barcelona**

chos [Cu = (55 ÷ 65%)], y el resto **cinc** (Zn). Con adiciones de 0,50 por 100 al 2,0 por ciento de hierro [Fe = (0,50 ÷ 2,0%)] y de manganeso entre 0,50 por 100 al 2,0 por 100 [Mn = (0,50 ÷ 2,0%)], mejora sustancialmente la resistencia a la corrosión ambiental. En la **tabla 2.VI** se indican las principales aleaciones comerciales [**ALPACAS** y **CUPRONÍQUELES**] de uso industrial: composición química y características mecánicas según su estado.

Los **cuproníqueles**, insistimos, no son susceptibles de tratamiento térmico y por tanto, sus propiedades mecánicas sólo pueden incrementarse mediante trabajos de deformación y conformación plástica en frío; **figura 2.22**. Son aleaciones dúctiles y maleables que se dejan, igualmente, laminar en caliente. Muy resistentes a la corrosión atmosférica, por lo que se emplean en servicios de joyería, ajustes de marina, cubiertas de radiadores de automóviles, etc.

Dada su alta resistencia a la corrosión, a la fatiga y a la acción corrosiva del rápido movimiento del agua de mar, se emplean también en la fabricación de tubos de condensadores, instrumentos de destilería, evaporadores e intercambiadores de calor, así como de componentes para plantas desalinizadoras.

Las **alpacos** son aleaciones de cobre-níquel-cinc [Cu-Ni-Zn] dentro de los límites indicados en la **tabla 2.VI**. Presentan un color blanco brillante, así como unas ca-



**Figura 2.22.** Influencia de la temperatura de recocido sobre las propiedades mecánicas del **cuproníquel CuNi10Fe1Mn**, trabajado en frío.

racterísticas de maleabilidad y resistencia a la corrosión, que les hace ser muy apreciadas para aplicaciones en los sectores de orfebrería, ornamentos, resortes para telefonía y electrónica en general, entre otras aplicaciones. Su utilización depende especialmente de su composición, según sea monofásica o bien bifásica.

ALPACAS							
ALEACIÓN Designación EN Simbólica	Composición (%)	ESTADO O/H	Características Mecánicas				
			R MPa	LE MPa	A (%)	HB 10D <sup>2</sup>	
CuNi10Zn27	Cu = (61,0 ÷ 66,0) Ni = (9,0 ÷ 11,0) Zn = Resto Mn = (0,0 ÷ 0,50)	O	390	150	52	80	
		H18	600	560	6	160	
CuNi12Zn24	Cu = (62,0 ÷ 66,0) Ni = (11,0 ÷ 13,0) Zn = Resto Mn = (0,0 ÷ 0,50)	O	390	160	48	85	
		H18	700	670	5	180	
CuNi15Zn21	Cu = (62, 0 ÷ 66,0) Ni = (14,0 ÷ 16,0) Zn = Resto Mn = (0,0 ÷ 0,50)	0	410	160	45	85	
		H18	610	570	8	170	
Cu-Ni18Zn20	Cu = (60,0 ÷ 64,0) Ni = (17,0 ÷ 19,0) Zn = Resto Mn = (0,0 ÷ 0,70)	O	420	190	45	110	
		H18	700	670	3	190	
CuNi18Zn27	Cu = (53,0 ÷ 56,0) Ni = (17,0 ÷ 19,0) Zn = Resto Mn = (0,0 ÷ 0,50)	O	440	210	48	120	
		H18	800	750	2	200	
CuNi10Zn42Pb2	Cu = (59,0 ÷ 63,0) Ni = (9,0 ÷ 11,0) Zn = Resto Pb = (1,0 ÷ 2,50)	F	490	—	—	120	
		H12	620	560	15	170	
CuNi18Zn19Pb1	Cu = (44,0 ÷ 48,0) Ni = (17,0 ÷ 19,0) Zn = Resto Pb = (0,50 ÷ 1,50)	F	460	—	—	125	
		H12	530	400	15	150	
CUPRONÍQUELES							
CuNi5Fe	Ni = (4,0 ÷ 6,0) Mn = (0,30 ÷ 0,80) Fe = (0,90 ÷ 1,50)	O	280	—	35	65	
CuNi10Fe	Ni = (9,0 ÷ 11,0) Mn = (0,30 ÷ 0,80) Fe = (0,70 ÷ 1,40)	O	320	—	30	65	
CuNi20	Ni = (9,0 ÷ 21,0)	O	300	—	40	70	
CuNi20 Fe	Ni = (20,0 ÷ 22,0) Mn = (0,50 ÷ 1,50) Fe = (0,40 ÷ 1,0)	O	340	—	35	75	
CuNi30	Ni = (29,0 ÷ 32,0)	O	350	—	42	85	
CuNi30 Fe	Ni = (29,0 ÷ 31,0) Mn = (0,50 ÷ 1,50) Fe = (0,40 ÷ 1,0)	O	350	—	35	85	

**Tabla 2.VI.** Composición, estado y características mecánicas de las aleaciones **Cobre-Níquel** [**alpacos** y **cuproníqueles**] más representativas.



Las alpacas de composición monofásica, se utilizan preferentemente en orfebrería; su precio aumenta cuanto mayor sea el contenido de cobre en composición. Admiten perfectamente un baño de plata que mejora sustancialmente su agradable aspecto. Las alpacas de composición bifásica su color es de un tono blanco azulado y sus características mecánicas son más elevadas, frente a las de composición monofásica. Los márgenes de sus composiciones monofásica y bifásica se indican en la **tabla 2.VII**.

ALPACAS. Aleaciones cobre-níquel				
Monofásica			Bifásica	
% Cu	% Ni	% Zn	% Cu	% Ni
62 ÷ 66	12 ÷ 18	Resto	55 ÷ 56	12 ÷ 18

**Tabla 2.VII.** Márgenes de composición química de las alpacas: monofásica y bifásica.

Dichas aleaciones se utilizan fundamentalmente para resortes, resistencias y perfiles extruidos. En algunas ocasiones se les adiciona un contenido de plomo en unas cantidades comprendidas entre el 1 por 100 y 2 por 100 [Pb = (1 ÷ 2%)], para mejorar su maquinabilidad.

Las **alpacas monofásicas** son muy maleables en frío facilitando deformación y conformación mediante laminación, embutición, repulsado, entallado, etc. Las **alpacas bifásicas**, con menor contenido de cobre (**Cu**), son fáciles de trabajar en caliente.

Presentan mayor maquinabilidad que las aleaciones monofásicas, pero en su contra tienen una menor aptitud a la deformación y conformación en frío. Las alpacas bifásicas presentan el fenómeno de "Fire Cracking", que sucede cuando un material forjado es sometido bruscamente a temperatura elevada, motivo por el que tiene lugar una fisuración espontánea. Los valores de resistencia mecánica de dichas aleaciones [**Cu-Ni-Zn**] están por encima de las aleaciones binarias [**Cu-Ni**]; **figura 2.23**.

Resumiendo: Las aplicaciones más importantes, reiteramos, de estas aleaciones **cobre-níquel-cinc** son:

- Aplicación en el sector criogénico.
- Aplicación en orfebrería y ornamentación.
- Piezas y componentes para equipos de telecomunicaciones.

## SUMINISTROS TÉCNICOS PARA LA INDUSTRIA, METAL, FUNDICIÓN

# FUNDICIONES

IBAÑEZ REPRESENTACIONES TÉCNICAS S.L.

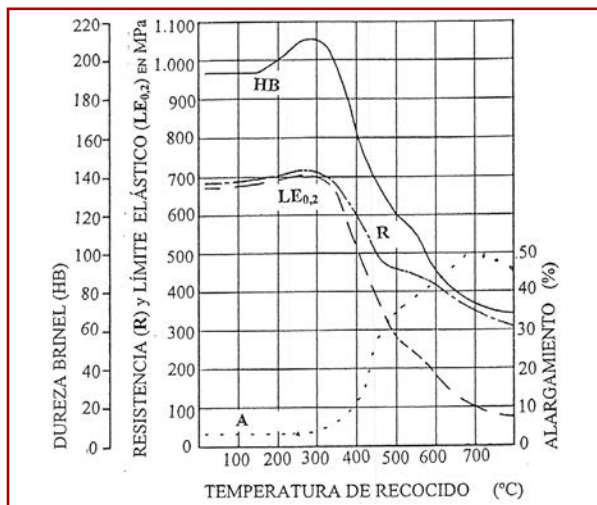


Pol. Ind. Els Mollons • Camí Mas del Moret nº 36 • Apt. de Correos nº 9 • 46970 Alaquàs (Valencia) ESPAÑA  
Tel. +34 96 150 46 47

E-mail: [info@irtec.es](mailto:info@irtec.es) • [www.irtec.es](http://www.irtec.es)

Comercial zonas: Levante: +34 607 31 07 31 • Centro : +34 626 97 60 93 • Cataluña : +34 687 93 31 00





**Figura 2.23.** Influencia de la temperatura de recocido sobre las propiedades mecánicas de la *alpaca* CuNi12Zn24, trabajada en frío.

## 2.4. TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LAS ALEACIONES DE COBRE

Las diversas aleaciones de cobre, tal como se deduce de sus correspondientes diagramas de equilibrio, presentan distintas posibilidades de transformación estructural según el proceso mecánico y tratamiento térmico aplicado.

Los **latones**, grupo de aleaciones **Cu-Zn**, son utilizados dentro de su rango monofásico, por lo que la variación de características mecánicas sólo se produce mediante acritud que, normalmente, es originada en los procesos de conformación y puesta en forma del metal en cuestión. Estado de acritud que permite únicamente, se les puedan realizar a tales aleaciones los tratamientos térmicos de recocido de recristalización, u otros recocidos a más alta o más baja temperatura: de estabilización y/o eliminación de tensiones respectivamente.

Los **bronces**, normalmente, presentan cierta solubilidad a alta temperatura y nula a temperatura ambiente, circunstancia que permite aprovechar la precipitación de segundas fases. Así algunas aleaciones de las anteriormente mencionadas y los bronce, *—aleaciones Cu-Sn—* presentan un eutectoide en las zonas de solubilización; lo que hace presumir la posible obtención de estructuras metaestables por solubilización y posterior enfriamiento brusco: **temple**.

El ciclo del tratamiento térmico puede ser complementado, en algunos casos, con fases intermedias de hechurado por deformación plástica en frío y/o en caliente. Este proceso permite que las propiedades mecánicas del producto final, puedan ser aumentadas muy sustancialmente tras una etapa de maduración o de revenido.

Resumiendo: las aleaciones industriales de cobre, según su naturaleza, pueden recibir los siguientes tratamientos térmicos: (1) recocidos: de homogeneización, de recristalización, de ablandamiento y de alivio de tensiones; (2) tratamientos de solubilización + precipitación o maduración; y (3) temple con transformación martensítica + revenido.

### 2.4.1. Recocidos

Los recocidos son tratamientos de ablandamiento que, además, incrementan la ductilidad y la tenacidad de las aleaciones de cobre. El recocido se acostumbra a aplicar después de todo trabajo tecnológico de conformado: trefilado, moldeo, estampado, extrusionado, etc. Sus efectos están en función de unos cuantos factores y de los procesos mecánicos previos.

#### 2.4.1.1. Recocido de homogeneización

El tratamiento térmico de homogeneización es un recocido donde el metal se mantiene durante largo tiempo a elevada temperatura. Durante el proceso, la alta difusión alcanzada permite la desaparición paulatina de las segregaciones que se hayan producido en los procesos de solidificación de ciertas aleaciones, como por ejemplo: bronce fosforosos, cobres silicios o cobres níqueles.

El recocido de homogeneización, también, puede ser utilizado como tratamiento térmico previo, en aquellas aleaciones susceptibles de ser conformadas plásticamente en frío en fase alfa ( $\alpha$ ). El nivel de temperaturas requerido varía en cada caso, no sólo en función de la aleación sino también del tamaño de grano presente, y del grado de homogeneización deseado. El tiempo de permanencia se extiende entre 3 y 10 horas, y el rango de temperatura normalmente se sitúa alrededor de los 50 °C por debajo de la temperatura límite de solubilidad sólida de la aleación correspondiente.

#### 2.4.1.2. Recocido de recristalización

El recocido de recristalización provoca, generalmente, una regeneración cristalina del metal cuando éste ha sufrido un proceso de deformación plástica en frío. Normalmente en el recocido de recristalización se controla la temperatura, el tiempo de permanencia, y la severidad de conformación previa aplicada al producto [% de reducción]; ver **figura 2.18**.

Las etapas de calentamiento y enfriamiento no acostumbran a ser relevantes, excepto cuando se trata de aleaciones especiales con varias fases o susceptibles de transfor-



maciones de endurecimiento metaestable: **temple**. Los controles de calentamiento, tipo de hornos y atmósferas, procesos mecánicos de hechurado de los productos, etc., pueden ser de interés porque afectan a la uniformidad de resultados y a los costes del tratamiento térmico.

Un factor a tener muy en cuenta es el crecimiento del tamaño de grano del material, ya que la coalescencia de los granos se produce tanto por permanencia a excesiva temperatura, como por utilización de temperaturas de recocido más elevadas de lo establecido. El tamaño del grano final es algo que se ha de tener presente, en particular cuando hay que realizar operaciones sucesivas de hechurado en frío al material de partida. El tamaño de grano también influye con el tiempo y temperatura de recristalización del material previamente conformado en frío.

#### 2.4.1.3. Recocido eliminador de tensiones

Se acostumbra aplicar este recocido sobre aleaciones que presentan problemas de corrosión bajo tensiones: tanto si las tensiones residuales han aparecido después de un tratamiento de deformación y conformación, como si se manifiestan después de un tratamiento tér-

mico de recristalización. La corrosión bajo tensión es muy frecuente en aleaciones con contenidos de cinc a partir de 15 por 100 ( $Zn \geq 15\%$ ). Otros tipos de aleaciones susceptibles de corrosión bajo tensiones, son las aleaciones **cobre-aluminio** y **cobre-silicio**.

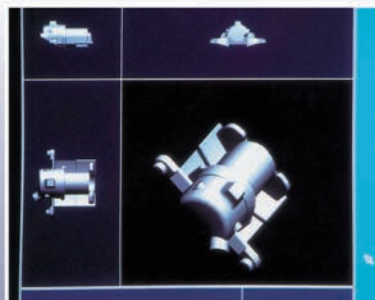
#### 2.4.2. Tratamientos térmicos de solubilización y precipitación estructural

Son ciclos térmicos que particularmente se pueden efectuar sobre ciertas aleaciones: cobre-berilio (**Cu-Be**), cobre-cromo (**Cu-Cr**), cobre-silicio-estaño (**Cu-Si-Sn**), y/o cobre-níquel-silicio (**Cu-Ni-Si**) con contenidos perceptibles de fósforo.

Tal y como se muestra en sus diagramas de fases –**Cu-Be**; figura 7.20– es posible obtener la precipitación de finos compuestos intermetálicos mediante un tratamiento térmico adecuado. Dichas precipitaciones originan tensiones internas de tal valor que su efecto produce una acritud estructural manifestada, con el aumento de características mecánicas –*en la mayoría de los casos en forma muy notoria*–. Características que van acompañadas, además, de un incremento de la conductividad eléctrica.

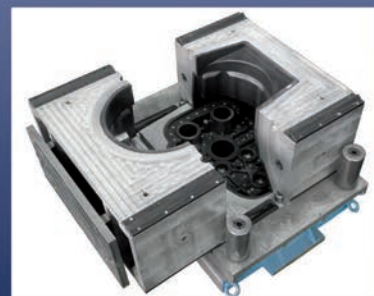


**MODELOS VIAL, S.A.**  
 UTILLAJE PARA FUNDICIÓN  
 FOUNDRY PATTERNS AND TOOLINGS



### MODELOS Y UTILLAJES DE PRECISIÓN POR CAD-CAM MODELOS EN

Madera, Metal, Plástico y Poliestireno, Coquillas de Gravedad,  
 Coquillas para Cajas de Machos Calientes, Modelos para el Sector Eólico.



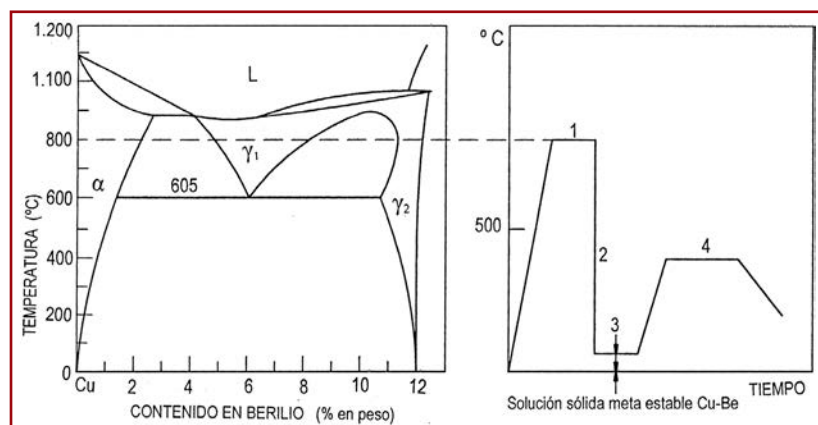
Larragana, 15 01013 Vitoria/Gasteiz Alava (Spain)  
 Tel.: 945 25 57 88 (3 líneas) Fax 945 28 96 32  
 e-mail: [modelosvial@modelosvial.com](mailto:modelosvial@modelosvial.com) - e-mail Departamento técnico: [tecnica@modelosvial.com](mailto:tecnica@modelosvial.com)  
 Visítenos en: [www.modelosvial.com](http://www.modelosvial.com)

El tratamiento térmico consta de tres etapas: (1) en la primera el material se solubiliza en una fase homogénea a una temperatura de transformación determinada: **solubilización**; (2) enfriamiento enérgico en agua, con el fin de mantener la fase homogénea en forma metaestable: **temple**. (3) En esta etapa, se realiza un calentamiento a temperatura relativamente baja, sustancialmente inferior a la de solubilización, hasta conseguir la precipitación de las finas partículas que endurecen estructuralmente el material: **maduración artificial**.

En esta última etapa –*maduración*– el tiempo a la temperatura de tratamiento no suele exceder de tres (3) horas. Aunque el tiempo de permanencia del material a dicha temperatura no es rigurosamente importante; aunque dicho tiempo determina ciertamente sus características mecánicas de resistencia y de elasticidad finales.

En las aleaciones de cobre y berilio (**Cu-Be**), las más duras y las más resistentes de las aleaciones de base cobre, existe la particularidad de poder modificar sus propiedades mecánicas y tecnológicas mediante el ya mencionado tratamiento térmico de **solubilización + temple + maduración**; figura 2.24. La solubilidad máxima, insistimos, del berilio (**Be**) en el cobre (**Cu**) es de 2,40 por 100 [**Be** ≤ 2,40%] a la temperatura de 860 °C; mientras que a 400 °C, la solubilidad está próxima al 0,60 por 100 [**Be** ≤ 0,60%]. Esa disminución de la solubilidad del berilio en el cobre, al disminuir también la temperatura, hace posible el endurecimiento estructural por precipitación.

Los **cuproberilios** son aleaciones que se endurecen estructuralmente por precipitación y pueden alcanzar una dureza máxima alrededor de los 400 Brinell. Con durezas relativamente más bajas se consigue una magnífica combinación de resistencia a la tracción, ductilidad y conductibilidad eléctrica.



**Figura 2.24.** Porción rica en cobre del diagrama de fases del sistema cobre-berilio [**Cu-Be**] y su diagrama de secuencia tiempo-temperatura [T-T] en el que se caracterizan las fases del ciclo térmico cobre-berilio: solubilización, temple y maduración.

En el “**temple**” las piezas, en estado bruto de conformado, sufren un calentamiento de solubilización a  $800 \pm 10$  °C de temperatura y una vez alcanzada dicha temperatura se mantienen, a este rango de temperatura, durante **1** hora para que se “empape” el material de calor y se homogeneice su masa matricial. Finalizado el tiempo de mantenimiento, seguidamente se realiza un enfriamiento enérgico en agua; en ciertas ocasiones el enfriamiento de temple se puede realizar más suavemente en aceite.

En estado templado, los **cobres-berilos** (**Be** = 2,50%) alcanzan una dureza Brinell baja ( $HB \leq 110$ ). Es decir, se ablandan con el temple; y, aprovechando esta circunstancia, se puede continuar sin ninguna dificultad las operaciones de deformación y conformación en frío del material en cuestión. Dado que este tipo de aleaciones tienen la particularidad previa de endurecerse estructuralmente durante el proceso de maduración –“*revenido*”– que sigue al temple. Fenómeno que ya hemos estudiado en las aleaciones de aluminio; p.ej.: en el **duraluminio**.

Tratamiento térmico de **bonificado** que consta, reiteramos, de tres etapas: solubilización + temple + maduración artificial [“*revenido*”]; proceso con el que se alcanzan cargas de rotura superiores a los 1.500 MPa.

En el ciclo completo de acabado de una pieza fabricada de aleación **cobre-berilio**, dadas las características de los procesos térmicos de precipitación estructural; y tal como ya hemos comentado, la masa matricial que se obtiene una vez templado el material es blanda, por lo que se pueden realizar más fácilmente los posteriores procesos tecnológicos de puesta en forma y hechurado, ya que normalmente posibilitan la configuración, en la fase intermedia del ciclo de acabado, de la pieza en cuestión: hechurado entre la etapa de temple y la de maduración.

El tratamiento térmico de solubilización + temple + maduración es de importante aplicación a piezas fundidas, –*en cualquiera de sus procedimientos de moldeo*– puesto que permite mejorar sus características. Dado que una puesta en forma por deformación y conformación en frío, no es posible en la práctica.

#### 2.4.2.1. Temple martensítico + revenido

Se aplican, como es sabido, sobre aquellas aleaciones que presentan diagramas de fases - en el que la



presencia de una masa matricial con composición eutéctica permite una transformación martensítica. Ello es particularmente notable en los **cuproaluminios**. En dichas aleaciones **Cu-Al** la transformación de la fase  $\beta$ , – estable por encima del punto eutéctico del diagrama, ver **figura 2.12**– mediante un enfriamiento rápido de temple da origen a la fase  $\beta'$  metaestable, que es conocida como la fase martensítica  $\beta$ .

El temple con un enfriamiento rápido, que se asemeja al temple de los aceros en general, y un calentamiento posterior a una temperatura aproxima a los 600 °C, en forma similar al revenido de los aceros, produce una fina precipitación de partículas  $\alpha$  sobre la estructura beta  $\beta'$ . Dicho revenido de precipitación estructural de la fase  $\alpha$  mediante el cual se reduce la dureza y la acritud, e incrementa la ductilidad y tenacidad del material previamente templado.

El temple martensítico se efectúa a los **cuproaluminios** con contenidos de aluminio entre 8 por 100 y 14 por 100 [**Al** = (8 , 14%)]. La temperatura de temple es de 800/ 850 °C, y la temperatura de revenido se realiza entre 595 y 650 °C con un tiempo de permanencia que ha de ser, como mínimo, de dos (2) horas. La resistencia aproximada que se alcanza es de 600 MPa (**R** ~ 600 MPa).

Forzando el revenido a una temperatura de 400 °C se aumenta la resistencia, alcanzándose entonces una resistencia no inferior a 700 MPa (**R**  $\geq$  700 MPa), pero las características de alargamiento (**A**%) y de resiliencia (**p**) resultantes son sustancialmente bajas.

La adición de níquel (**Ni**), acompañado de hierro (**Fe**), y del manganeso (**Mn**), este último como desoxidante, ofrece mejores perspectivas; ya que, asimismo, se alcanzan por temple + revenido, unas características mecánicas superiores a

las obtenidas por el clásico **cuproaluminio**. El temple es aplicable tanto para productos obtenidos por conformación plástica, –en caliente o enfri– como los obtenidos por moldeo.

Más información sobre el tratamiento térmico de **bonificado** de los **cuproaluminios**, la tenemos en el apartado correspondiente a dichas aleaciones **Cu-Al**.

Resumiendo: la estructura de las aleaciones de cobre, así como sus las características mecánicas, se modifican bajo la influencia de la composición química del material y de temperatura de tratamiento térmico.

Es difícil de explicar el proceso de temple de las aleaciones de cobre estudiadas sin conocer, ciertamente, la teoría de sus diagramas de fases, que indican la concentración –contenido (%) en peso– de los distintos componentes base de cada sistema, en función de la temperatura y de la composición global de la aleación correspondiente.



**MADE IN ITALY**

**DITTA MUSTO**

**Timeless quality products**  
crucibles for magnesium and zinc alloys

**DITTA MUSTO**

**Via Molise, 26/28**  
**40060 Osteria Grande (BO) ITALY**  
**Tel. +39 051 945811 - info@dittamusto.it**  
**www.dittamusto.it**

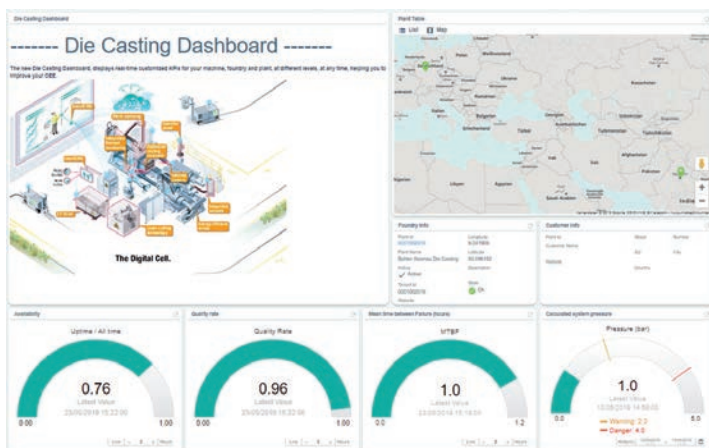
# La celda digital de Bühler es un cambio radical para la industria de fundición a presión

**B**ühler Die Casting presenta la visión de Digital Cell, una solución que tiene como objetivo ofrecer un 0% de chatarra, un 40% menos de tiempo de ciclo y 24 horas al día, 7 días a la semana para realizar la fundición a presión. Industria más rentable y eficiente. Tres soluciones lanzadas que forman parte de la futura célula digital, la primera de las cuales será el cerebro digital inteligente de todas las futuras unidades de fundición a presión de Bühler: el SmartCMS (Sistema de gestión de células inteligentes). Con la capacidad de recopilar y administrar la información de cada componente y periférico, mejorará el rendimiento del proceso y permitirá aumentar significativamente la OEE (Eficacia general del equipo). El segundo avance es un conjunto de servicios digitales, entre ellos Predictive Analytics, que puede ofrecer una reducción de diez veces en los tiempos de inactividad gracias al mantenimiento predictivo. El tercer desarrollo clave es

Fusión, la próxima generación de plataformas de fundición a presión de Bühler.

La celda digital tiene el potencial de transformar la fundición a presión. Es la visión para monitorear, controlar y administrar la célula completa. "Para lograr un cambio significativo en la fundición a presión, no es suficiente concentrarse en componentes individuales. Para aumentar significativamente la productividad, tenemos que abordar el sistema como un todo", dice Jonathan Abbis, Director General de Bühler Die Casting. Proporcionará beneficios clave para las fundiciones de todo el mundo.

Con mayores niveles de productividad y tiempo de actividad las 24 horas del día, Digital Cell permitirá a los fabricantes y proveedores de automóviles utilizar piezas de aluminio y magnesio de manera rentable en toda la gama automotriz.



## 0% de chatarra

Al analizar los puntos de datos de todos los procesos clave en tiempo real, la celda digital finalmente reconocerá los problemas de calidad y se optimizará de inmediato para corregir el problema. 0% de chatarra sería un cambio de juego para la economía y la sostenibilidad de la industria de fundición a presión.

## 40% menos de tiempo de ciclo

En este momento, alrededor de un tercio del tiempo de ciclo promedio puede ser ocupado con los procesos de





gestión térmica. La armonización de la micro-pulverización, el enfriamiento conforme y las cámaras infrarrojas dentro de la celda digital reducirán significativamente el tiempo del ciclo, potencialmente hasta en un 40%.

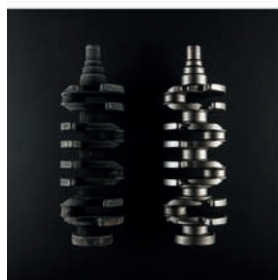
### Tiempo de actividad 24/7

Hoy, cuando hay un problema en un proceso, la célula puede detectarlo, pero no puede hacer mucho proactivamente.



## Abrasivo de acero de alta calidad para granallado

La tecnología de Ervin para abrasivos con alto contenido de carbono es la más avanzada del mundo. Ervin fabrica sus productos en Alemania y el Reino Unido de acuerdo con los estándares internacionales SAE e ISO. Nuestro proceso de producción, completamente controlado, garantiza productos uniformes con una microestructura martensítica templada. Los estrictos controles de calidad, combinados con un proceso de producción líder, reducen el consumo y aumentan la transmisión de energía de la granalla, proporcionando el mejor resultado para nuestros clientes.



**ERVIN**

Ervin Germany GmbH  
P +34 628 531 487  
iberia@ervin.eu

The World Standard for Quality

[www.ervin.eu](http://www.ervin.eu)



El plan para la Celda Digital es que utilice aprendizaje automático, algoritmos de inteligencia artificial y otras tecnologías para tomar decisiones inteligentes sin la necesidad de intervención, reduciendo costos y aumentando la productividad gracias a una producción ininterrumpida las 24 horas, los 7 días de la semana.

SmartCMS es el cerebro de la celda digital. La celda digital reúne a todos los componentes individuales de fundición a presión bajo un cerebro digital inteligente llamado Smart CMS (Sistema de gestión de células inteligentes). "Si pensamos en una célula de fundición a presión como un cuerpo humano, con muchas tareas diferentes realizadas por diferentes partes, el SmartCMS es el cerebro, listo para coordinar toda esa actividad de la manera más efectiva", dice Jonathan Abbis. Sienta las bases para la gestión inteligente de células enteras de fundición a presión, con la capacidad de recopilar información de cada componente y periférico en un solo sistema de control. Inicialmente disponible a nivel de celda, SmartCMS ofrece mejoras a través de la conectividad de los equipos, la automatización y operación de las celdas, las alarmas centralizadas, la recopilación de datos, el flujo de piezas flexible y la administración de recetas. Mejorará el rendimiento del proceso y permitirá aumentar significativamente la OEE.

### Los servicios digitales reducen al mínimo el tiempo de inactividad

The Digital Cell, con sus tecnologías de Industria 4.0 y IoT, puede crear oportunidades para una amplia gama de servicios digitales destinados a mejorar el rendimiento de la fundición a presión. El Die Casting Dashboard ofrece una plataforma visual para monitoreo de máquinas, alarmas, soporte remoto y datos históricos de rendimiento. Éste es el primer paso importante para brindar a los gerentes y propietarios de fundición información oportuna y perspectivas estratégicas.

Predictive Analytics utiliza el aprendizaje automático a partir de datos de sensores en cada celda. En lugar de lidiar con una falla inesperada que puede costar a una fundición alrededor de 30 horas hasta que el sistema vuelva a funcionar, Predictive Analytics puede reducir esas 30 horas a 3 horas porque calcula los "parámetros de ingeniería" de las piezas clave de la máquina y sugiere intervenciones programadas. Reduce el tiempo de inactividad caro y que consume mucho tiempo 10 veces. La precisión validada de la predicción es del 95%. Esto se ampliará pronto para incluir procesos aún más críticos que cubran los componentes responsables de aproximadamente el 80% de las paradas inesperadas en la máquina de fundición a presión.



Cada hora de inactividad en una sola celda puede costar a un cliente miles de euros y ejerce presión sobre los plazos de entrega. Comprender más sobre lo que está causando tiempos de inactividad y aplicar arreglos proactivos puede ahorrar sumas significativas. El Análisis de tiempo de inactividad es una herramienta integral de análisis de fallas basada en la nube, que proporciona informes de causa raíz desde la máquina de fundición a presión. El análisis puede ayudar a reducir el tiempo de inactividad en una sola máquina. Luego puede informar los cambios en otras máquinas dentro de la fundición, ayudando a impulsar las mejores prácticas. Si bien se proporcionan datos sobre varios parámetros de la máquina de fundición a presión, se planea una extensión para cubrir toda la celda en un futuro próximo. Todos los datos se almacenan de forma segura en la plataforma IoT de Bühler Insights con tecnología de Microsoft Azure.

Fusión es la plataforma de fundición a presión de tres placas de Bühler Die Casting de última generación, diseñada para ofrecer una excepcional OEE. Puede hacer un uso completo de las capacidades de aprendizaje automático e inteligencia artificial de Smart CMS. Con su control de bucle cerrado, marco de energía modular y capacidad de automatización de la Industria 4.0, Fusión es una solución flexible para piezas de fundición a presión de aluminio y magnesio de alta calidad. La hidráulica servo controlada más suave puede reducir el tiempo del ciclo y reducir el consumo de energía hasta en un 40%.

Con las tecnologías digitales aplicadas por expertos que entienden los procesos, es el momento adecuado para que la fundición a troquel adopte completamente el poder de lo digital. La visión de Digital Cell es impulsar el desarrollo para el futuro, y los primeros pasos para este avance están aquí ahora.



## Leading Manufacturers of Mixing, Mould Handling, Core Making and Sand Reclamation Equipment



sinto FOUNDRY INTEGRATION

OMEGA SINTO FOUNDRY MACHINERY LTD

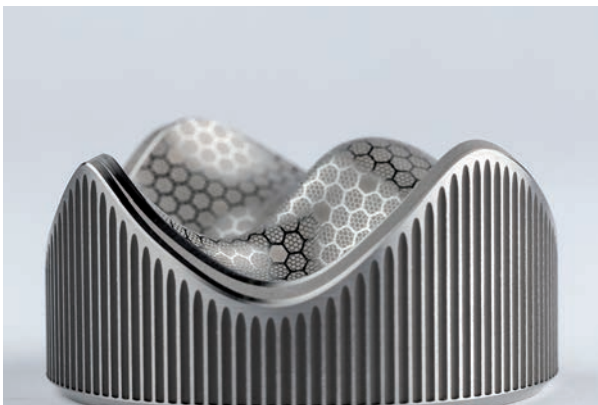
Morley Way, Peterborough,  
PE2 7BW, United Kingdom. Tel +44 (0) 1733 232231 Fax +44 (0) 1733 237012

New Harmony >> New Solutions™

[www.ofml.net](http://www.ofml.net)

# La serie AgieCharmilles LASER S de GF Machining Solutions para los principales fabricantes de moldes

**H**a comenzado la era de la fabricación digital y las grandes compañías de diseño industrial y fabricación de moldes, se han puesto al frente de la revolución con la nueva serie AgieCharmilles LASER S de GF Machining Solutions, que pudo verse en EMO Hannover 2019 en Alemania. La nueva serie ofrece una solución integral de texturizado por láser altamente eficiente y totalmente digital que ya representa un activo de gran valor para dos conocidos fabricantes de moldes: Reichle Technologiezentrum, de Bissingen an der Teck, Alemania, y la división Piazza Rosa de Standex Engraving Mold-Tech, con sede en Alpagó, Italia.



La nueva serie AgieCharmilles LASER S de texturizado por láser de GF Machining Solutions ayuda a los fabricantes de moldes a ejecutar diseños complejos como el de la imagen con mucha más facilidad y, al mismo tiempo, reducir las desviaciones de calidad. El resultado es una ejecución perfecta de la geometría del grano, grabados 3D por láser más rápidos y operaciones de pulido y lapeado de alta precisión, lo que permite abrir nuevas oportunidades de negocio.

La nueva gama AgieCharmilles LASER S ayuda a Reichle Technologiezentrum y a la división Piazza Rosa de Standex Engraving Mold-Tech, a aplicar sus diseños de texturas a superficies complejas con la máxima precisión y, al mismo tiempo, controlar el coste por pieza, reducir los tiempos de producción y mecanizado, y mejorar sustancialmente la calidad. Con la tecnología de texturizado por láser de GF Machining Solutions, estos grandes líderes del diseño industrial pueden acceder a medios totalmente digitales, para superar las carencias de los métodos de texturizado manuales y convencionales. Esto les permite realizar diseños complejos con mucha más facilidad y reducir considerablemente las desviaciones de calidad, lo que les abre nuevas oportunidades de negocios futuros... en el presente.

## Texturas perfectas, tiempos de mecanizado más cortos

En Reichle Technologiezentrum, el mayor proveedor europeo de servicios de texturizado por láser, la gama LASER S proporciona texturas de grano perfecto y reduce el tiempo de mecanizado hasta en un 45 %.

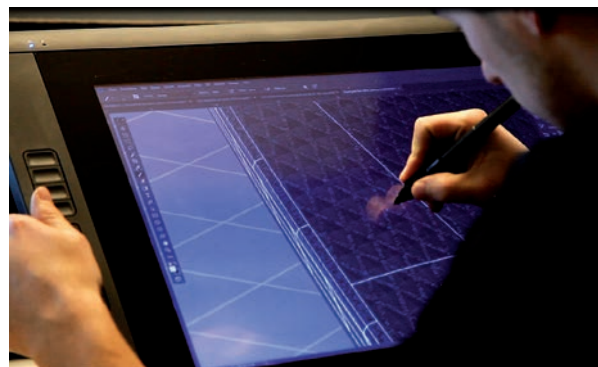
Fundada hace 40 años como empresa unipersonal, hoy es un centro de servicios europeo que cuenta con más de 1.000 clientes en los sectores de la automoción, alimentación, sanidad, navegación aeroespacial, cosmética y embalaje. Impulsada por el afán de innovación, la búsqueda de nuevas áreas de actividad y el esfuerzo, Reichle Technologiezentrum utiliza la serie LASER S para llevar la fiabilidad de sus procesos y la calidad del grano



en los moldes de inyección a niveles sin precedentes y, al mismo tiempo, reducir sustancialmente el tiempo de mecanizado. La empresa está profundamente centrada en desarrollar nuevos productos para anticiparse a las necesidades de los clientes y establecer nuevos estándares de diseño y calidad, e integrar tecnologías de vanguardia forma parte de esa misión. En la actualidad, la compañía utiliza 10 máquinas láser de GF Machining Solutions para elaborar texturas y abandonó el grabado químico tradicional hace años. Aparte del texturizado por láser, Reichle está especializada en operaciones de reparación del grano, pulido, grabado, soldadura por láser y soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG).

Para tratar de mejorar la calidad del texturizado, Reichle Technologiezentrum puso a prueba la LASER S en una pieza de ensayo que "parece muy simple", pero no lo es, explica Marco Reichle, representante autorizado de la compañía y responsable de planta.

"...Esta pieza de ensayo presenta todas las zonas críticas que puedes encontrar en una herramienta de inyección en serie, [por ejemplo] una forma muy compleja con su-



Reichle Technologiezentrum está muy centrada en desarrollar nuevos productos para anticiparse a las necesidades de los clientes y establecer nuevos estándares. La serie LASER S de GF Machining Solutions ayuda a la empresa a conseguir nuevos niveles de fiabilidad en sus procesos de moldes de inyección y acortar los tiempos de mecanizado.

perfiles cóncavos y convexas", añade Reichle señalando que es posible probar los distintos ángulos para ver la accesibilidad del haz de láser. "Todas las texturas desarrolladas por nuestros diseñadores se probarán en esta herramienta, antes de empezar el proceso láser en una

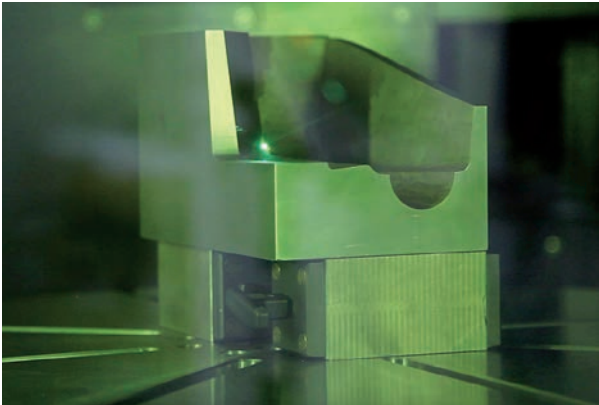


**PALETS DE MADERA**  
**PALETS DE PLÁSTICO**

**CERCOS DE MADERA PLEGABLES**  
**USADOS Y NUEVOS**



**Llámanos 941 182 292**



Reichle Technologiezentrum puso a prueba la serie AgieCharmilles LASER S con esta pieza aparentemente simple y descubrió que la máquina reduce el tiempo de mecanizado en un 45% con más calidad y control sobre el brillo de las superficies.

herramienta de trabajo en serie, porque tenemos que asegurar la fiabilidad de nuestros procesos al 100 %".

Las pruebas han dado resultados impresionantes: la LASER S reduce el tiempo de mecanizado en un 45 %, produce una calidad claramente superior y genera resultados perfectos para reducir el riesgo de que se produzcan ángulos de reflexión de la luz no deseados en las superficies.

"Recomiendo GF Machining Solutions porque trabajan en estrecha colaboración con el cliente y con tiempos de respuesta muy cortos", afirma Reichle, que continúa diciendo: "Además, es muy interesante e importante para obtener nuevas ideas para el futuro".

### El futuro se construye en Piazza Rosa, grupo Standex Engraving Mold-Tech

La innovación no es algo nuevo en Piazza Rosa, una empresa con una larga trayectoria en los sectores de la automoción y el embalaje. Con más de 36 años de experiencia en el diseño de conceptos de molde y acabado de superficies, esta división de Standex Engraving Mold-Tech con sede en Alpagno, Italia, sigue abriendo nuevas fronteras tecnológicas con un parque de máquinas de texturizado por láser distribuido por todo el planeta. Standex Engraving Mold-Tech es líder en innovación, volumen y capacidad de grabado por láser, químico y mecánico en Europa y el resto del mundo.

Respaldada por su amplio dominio de los procesos de endurecimiento por láser, grabado, soldadura, grabado químico y pulido, Piazza Rosa tiene como objetivo mantener satisfecha a su base de clientes mientras desarrolla nuevas aplicaciones con láser a fin de abrir nuevos mercados.

El diseño de texturas forma parte del ADN de Standex y sirve de motor a la compañía para explorar las múltiples capacidades de la LASER S.

"Antes, los límites de las tecnologías convencionales hacían algunos proyectos inviables o demasiado laboriosos, pero la serie LASER S lo ha cambiado todo", afirma Marzio Dal Farra, responsable técnico de grabado por láser. La funcionalidad del software y el hardware de la solución, permiten a los técnicos de la firma aplicar fácilmente sus conocimientos y convertir las superficies de los moldes de sus clientes en obras de arte.

"Podemos usar nuestro conocimiento con criterio para elegir [entre] las distintas opciones y esto puede acortar el tiempo de trabajo y mejorar la calidad", continúa Dal Farra y añade: "La máquina es muy estable y requiere poco trabajo de calibración". Además, las máquinas LASER S han aumentado la viabilidad y la velocidad de los proyectos en Piazza Rosa.

"Podemos aplicar texturas geométricas con resultados perfectos a máxima velocidad y, como ha demostrado la pieza de ensayo procesada con la LASER S, recortar el tiempo de mecanizado", continúa Dal Farra, que concluye diciendo: "GF Machining Solutions nos proporciona un magnífico soporte y herramientas de grabado por láser excelentes".

La serie LASER S es sólo una de las soluciones que protagonizaron la exposición de GF Machining Solutions en EMO Hannover 2019. Con el lema "Conectados a sus necesidades", el stand de 1.156 metros cuadrados de la compañía exhibió una amplia gama de soluciones inteligentes y fundamentales para fabricantes de piezas de precisión de alto valor, así como del sector de moldes y matrices.



Standex Engraving Mold-Tech cuenta con un parque de 31 máquinas de texturizado por láser AgieCharmilles (14 en Europa, 7 en Estados Unidos y 10 en Asia) para realizar trabajos de acabado en moldes a más velocidad que nunca y con la máxima calidad.



# Nueva tecnología FEEDEX K - VAK

Por Christof Volks

**L**a necesidad de piezas con secciones de pared más finas y diseños más complejos es una tendencia en el mercado de la fundición. Esto lleva a piezas con secciones más aisladas y como resultado, a la necesidad de una alimentación en detalle.

Este artículo describe los progresos y la optimización de la tecnología de aplicación de manguitos de contracción, utilizando un diseño patentado de una galleta metálica colapsable. El último desarrollo es resultado de la incorporación de las experiencias obtenidas en el área de la alimentación en líneas de moldeo de alta presión.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos cuarenta años, los conceptos de desarrollo de alimentación han venido impulsados por las necesidades técnicas y puntuales de cada fundición. Los cambios en los procesos de producción de las fundiciones como, por ejemplo, las presiones de moldeo más elevadas, han tenido como resultado nuevos diseños de manguitos de alimentación adaptados puntualmente a la necesidad de la fundición.

La presión provocada por el coste del proceso y diseños cada vez más complejos de las piezas que demandan los clientes finales, han influido en el mercado para conseguir manguitos con un volumen de metal menor, manteniendo los módulos y galletas de corte reducidas con menor contacto en la superficie de la pieza. Como resultado de ello, se han desarrollado soluciones con menores costes de desbarbado y limpieza en combinación con un rendimiento optimizado.



## DESARROLLO DE GALLETAS DE COMPRESIÓN COLAPSABLES

En 2004 se comercializó una nueva generación de manguitos de alimentación exclusivos con el objetivo de satisfacer las necesidades de las fundiciones (Fig. 1).



Figura 1: Gama de productos de manguitos de alimentación con galletas de compresión colapsable.

El concepto de galleta de compresión metálica colapsable ofrece dos ventajas fundamentales:

- La presión de moldeo es absorbida parcialmente cuando colapsa la galleta de compresión metálica y se compacta la arena del molde situada debajo, lo que posibilita que la galleta soporte presiones de moldeo muy superiores en comparación con otras soluciones convencionales.
- La altura del cuello del manguito de alimentación

se reduce durante el moldeo y esto ayuda a que permanezca abierto hasta que se solidifica la colada (Fig. 2).

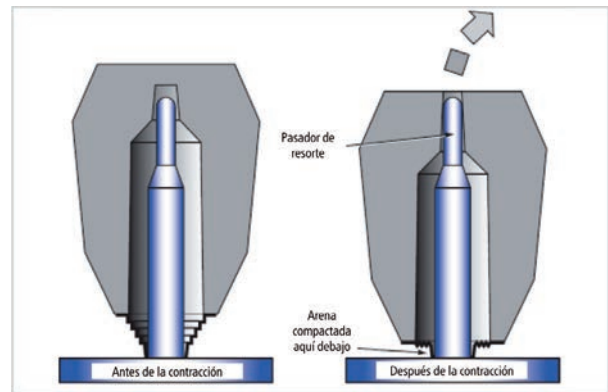


Figura 2: Manguito y galleta de compresión metálica antes y después de la compactación.

## ÚLTIMO DESARROLLO DEL MANGUITO DE ALIMENTACIÓN

Otro desarrollo, que se inició en 2015, aprovechó las ventajas de los manguitos de alimentación con galletas de compresión metálicas colapsables, con un corte de las mazarota fácil y consistente, con un volumen de alimentación constante y excelentes resultados del moldeo. Este nuevo diseño permitió reducir la sección de la pared metálica del macho de compresión, consiguiendo que siguiera pudiendo utilizarse en líneas de moldeo de alta presión.



Figura 3: Aplicación de FEEDEX VAK aprovechando las ventajas del menor volumen.



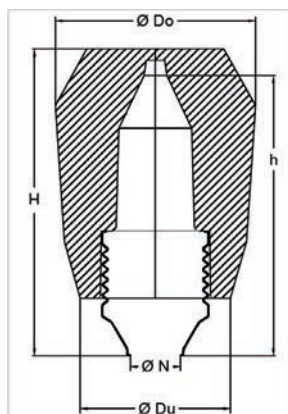


Figura 4: Esquema básico de la nueva generación de galletas de compactación metálicas colapsables junto con el sistema de alimentación puntual.

El diseño de la galleta original escalonada ha sido alterada y convertida en un diseño con ranuras (Fig. 4).

El nuevo concepto del manguito permitió combinar la galleta de compresión metálica con el manguito del sistema de alimentación sin aplicación de pegamento caliente, en una operación simple de prensado.

La galleta de compresión descansa sobre una pequeña toma situada en la abertura del manguito del sistema de alimentación. Durante el moldeo se produce la compactación de la parte ranurada del macho metálico y el cuerpo del manguito del sistema de alimentación principal desciende en dirección a la placa modelo, compactando la arena del molde situada entre el manguito y la placa modelo (Fig. 5).



Figura 5: Nuevo concepto antes y después de la compactación: habitualmente distancia de 8 a 15 mm entre el cuerpo principal del manguito y la colada.

Una vez finalizada la compactación, el material del manguito altamente exotérmico sobrecalienta la parte principal de la galleta de compactación metálica. Como resultado de ello, la superficie del cuello de metal en contacto directo con la arena del molde se reduce en un 50%, en comparación con el diseño escalonado anterior (Fig. 6).



Fig. 6: Comparación del diseño nuevo y el diseño convencional después de la aplicación.

Diversos ensayos de campo han demostrado un rendimiento equivalente o incluso superior del paso por el cuello del sistema de alimentación, en comparación frente al concepto ya existente con resultados de corte de la mazarota similares (Fig. 7).

Actualmente, FEEDEX VAK es una solución que se utiliza en un gran número de aplicaciones en el sector de la fundición de hierro.



Figura 7: Resultado del corte de la mazarota con el nuevo concepto de sistema de alimentación novedoso: pieza que no requiere virtualmente ningún otro trabajo de desbarbado.

## CONCLUSIÓN

El concepto de galleta de compactación colapsables ofrece varias ventajas fundamentales, por ejemplo, resultados de moldeo consistentes, incluso con las presiones de moldeo más altas, así como menos áreas de contacto con el cuello y un tamaño reducido.

Otros desarrollos han dado lugar a un mejor diseño y presentan excelentes características de paso por el cuello del sistema de alimentación. Un amplio programa de ensayos y pruebas de campo ha demostrado la validez técnica de este concepto.

# Universal Robots lanza UR16e

**U**niversal Robots, el fabricante de robots colaborativos con más implementaciones del mundo, ha anunciado el lanzamiento de su nuevo cobot UR16e, que cuenta con una impresionante capacidad de carga útil de 16 kg.

El nuevo modelo se exhibirá por primera vez en España en MetalMadrid 2019, feria líder en innovación industrial, que tendrá lugar el 27 y 28 de noviembre en IFEMA (Madrid).



UR16e combina su alta capacidad de carga con un alcance de 900 milímetros y una repetibilidad de  $\pm 0,05$  mm, lo que lo convierte en una opción idónea para automatizar tareas como la manipulación de piezas y materiales pesados y la supervisión de maquinaria.

“En el incierto clima económico actual, los fabricantes necesitan apostar por soluciones flexibles para mantenerse competitivos”, afirma Jürgen von Hollen, Presidente de Universal Robots. “Con UR16e, damos respuesta a la necesidad de robots colaborativos que puedan abordar tareas pesadas de manera fiable y eficiente. El lanzamiento amplía significativamente la versatilidad de nuestro portafolio de productos y ofrece a los fabricantes aún más formas de mejorar su rendimiento, superar los desafíos laborales y hacer crecer su negocio”.

## Crece la familia e-Series

Desarrollado en el marco de la plataforma e-Series de Universal Robots, UR16e ofrece enormes beneficios, capacidades y valor a los fabricantes, entre ellos:

- Implementación rápida y cómoda con una programación sencilla y un tamaño reducido. UR16e contribuye a acelerar la automatización de manera fácil y rápida. Su programación e integración son simples, independientemente de la experiencia del usuario o su conocimiento previo. Como todos los otros cobots de Universal Robots, UR16e se puede desempaquetar, montar y programar en menos de una hora para empezar a trabajar. Con un alcance de 900 mm, el brazo robótico se integra fácilmente en cualquier entorno de producción



sin interrumpir la actividad.

- Resuelve los problemas de ergonomía en la industria y reduce costes. Con una capacidad de carga de 16 kg, UR16e elimina los problemas de ergonomía y productividad relacionados con el levantamiento y desplazamiento de piezas y productos pesados, lo que reduce los costes y los tiempos de inactividad.
- Ideal para el manejo de material pesado y la carga y descarga de maquinaria. Robusto y fiable, el cobot UR16e es ideal para automatizar aplicaciones de carga de material pesado y supervisión de máquinas CNC, incluyendo la manipulación de diferentes piezas, sin comprometer la precisión.

“En Universal Robots seguimos ampliando los límites de lo que es posible con la robótica colaborativa”, continúa von Hollen. “Estamos logrando que hoy en día sea más fácil que nunca para cualquier fabricante, beneficiarse del poder de la automatización al presentar al mercado un cobot con una mayor carga útil, que aumenta las posibilidades de nuestro portfolio”.

La ampliación de la familia de brazos robóticos más grande del mundo, la e-Series, pone la guinda del pastel a la evolución meteórica que ha experimentado esta plataforma en solo un año de desarrollo, para hacer llegar la alta tecnología a empresas de todas las dimensiones.

Igual que los otros cobots de la e-Series de Universal Robots (UR3e, UR5e y UR10e), el nuevo UR16e incorpora sensores de detección de fuerza, diecisiete funciones de seguridad configurables, que incluyen tiempo y distancia de parada personalizables, y un flujo de programación intuitivo. UR16e cumple las normas de conformidad y seguridad más exigentes para posibilitar una colaboración humano-robot sin obstáculos, entre las que se encuentran la EN ISO 13849-1, PLd, Category 3 y EN ISO 10218-1.

La e-Series sienta, además, las bases tecnológicas para la robótica colaborativa más versátil: su hardware se conecta a las herramientas de fin de brazo con mayor po-



tencia, velocidad y personalización que en modelos anteriores para alcanzar una elevada extensibilidad. Al mismo tiempo, incorpora una amplia colección de software para simplificar la programación de aplicaciones, como el paletizado o la interacción con herramientas externas.

### Built To Do More

Universal Robots ha cambiado el paradigma de la automatización en las fábricas. En la última década, su portfolio de cobots ha empoderado a los fabricantes para competir, ganar y crecer. La solución que ahora presenta da un paso adelante con nuevas prestaciones.

Alejándose de las soluciones de automatización tradicionales, que eran costosas, complejas y peligrosas, Universal Robots ofrece a los fabricantes de cualquier tamaño todo lo que necesitan para acelerar la automatización en las líneas de producción con cobots sencillos en la implementación, intuitivos en la programación y con cero interrupciones en el flujo de trabajo.

Actualmente, Universal Robots cuenta con más de 37.000 robots trabajando alrededor del mundo. Estos llevan a cabo tareas tediosas y críticas en miles de entornos de producción, incluyendo ensamblaje, pick and place, pulido, paletizado, supervisión de maquinaria y atornillado, entre otras. Con Universal Robots +, un ecosistema abierto de productos certificados, y Universal Robots Academy, plataforma gratuita de formación online, implementar el cobot óptimo según las necesidades de una operación en específico se puede efectuar sin interrupciones y garantizando su rentabilidad gracias a un rápido retorno de la inversión y un bajo coste.

# ExOne y Siemens, partners para llevar la Industria 4.0 a la impresión 3D

**T**he ExOne company un líder global en impresoras de metal y arena mediante tecnología Binder Jetting, anunció recientemente su colaboración con SIEMENS, la empresa tecnológica global en automatización y digitalización, que beneficiará a sus clientes industriales en la fundición, mercado aeroespacial, automóvil, energía y otros.

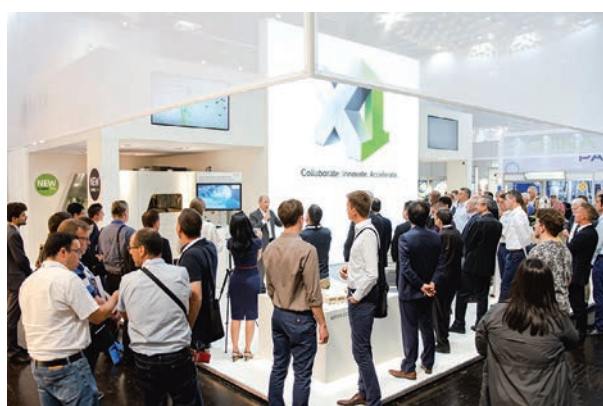
El Portfolio de software de SIEMENS Digital Enterprise, así como tecnología de automatización, que incluye MindSphere, se encuentran implementadas en la nueva S-MAX Pro que puede alcanzar un rendimiento de 135 capas / hora (18 segundos / capa). La S-MAX Pro se lanzó al mercado durante la GIFA 2019 en la Feria de Düsseldorf.



En palabras de John Hartner, CEO de ExONE, "con esta colaboración ExOne podrá aportar más valor a nuestros clientes del sector de la fundición y fabricantes. Estamos orgullosos de ser la primera empresa de impresión 3D en integrar totalmente las últimas tecnologías de control, sensórica y movimientos de SIEMENS junto con la







tecnología MindSphere, con lo que nuestros clientes accederán a un nuevo nivel de control y planificación productiva."

El Dr. Karsten Heuser, Vicepresidente de Additive Manufacturing en SIEMENS Digital Industries declaraba: "estamos orgullosos de fortalecer más aún nuestra relación con ExOne y avanzar en la industrialización de la Additive Manufacturing. SIEMENS acerca nuevas tecno-

logías digitales y mediante su profundo Know How permite que ExOne aporte valor adicional a sus clientes. La nueva S-MAX Pro permite proveer al mercado antes, con mayor rendimiento y una disponibilidad máxima."

### Sistemas de impresión conectados ExOne 3D

El portfolio Digital Enterprise de SIEMENS incluye hardware, software y servicios de apoyo a ExOne para materializar las ventajas de la Industria 4.0. En el centro de este sistema se encuentra el "Digital Twin" basado en un modelo de datos compartido por toda la cadena de valor: desde el diseño de la máquina, a través de su simulación, diseño y puesta en marcha hasta operación y servicio. Los operadores de máquina aseguran su inversión con tiempos de suministro menores, un rendimiento de la máquina superior y apoyo en las decisiones en cuanto al servicio.

La APP ExOne "3D Live" funciona sobre MindSphere – el sistema operativo IoT abierto y ubicado en la nube de SIEMENS, que analiza parámetros de la máquina y otros datos relevantes en tiempo real, como base para la toma de decisiones automatizada que genera valor a partir de la información. Como ejemplo, las máquinas ExOne permiten al operador detectar anomalías que mejorarán el mantenimiento con acciones correctivas, de manera que los tiempos de parada se reducen.

"Estamos deseando trabajar con SIEMENS para desarrollar nuestras capacidades a la hora de proveer soluciones productivas para la impresión industrial 3D. Juntos conseguiremos ofrecer a nuestros clientes integrar nuestros sistemas con otras soluciones existentes de SIEMENS" añadió Hartner.



# Integración en línea de marcado láser resistente al granallado, en una célula de fundición a presión

Por J. Landry<sup>1</sup>, J. Maltais<sup>1</sup>, J.M. Deschênes<sup>1</sup>, M. Petro<sup>2</sup>, X. Godmaire<sup>1</sup>, A. Fraser<sup>1</sup>

Coautor: J. Tort – Automation in Foundries S.L.

**L**aserax es una empresa canadiense que ofrece soluciones láser innovadoras, para aplicaciones industriales más exigentes como el procesamiento de materiales láser, la limpieza láser y el marcado láser en metales primarios. En su último proyecto, el equipo de Laserax ha creado una máquina de trazabilidad y marcado láser de fundición a presión, que revolucionará el sector del marcado en la fundición, ya que gracias a su tecnología, se pueden aplicar tratamientos posteriores al marcado Laser como por ejemplo el granallado y continuar disponiendo de un código totalmente legible por los lectores electrónicos.

Automation in Foundries S.L. como representantes y servicio técnico de Laserax en España y Portugal somos una empresa especializada en ingeniería industrial, automatización, diseño y construcción de complementos auxiliares para los procesos industriales, con más de 15 años de experiencia en el sector de la fundición de aluminio. Gracias a su amplio conocimiento y su equipo de ingenieros eléctricos, electrónicos y diseño industrial podemos dar solución a las inquietudes de la fundición a presión.

Gracias a esta asociación con Laserax, AIFSL puede ofrecer a sus clientes una solución de marcado innovadora.

## RESUMEN

En los últimos años, los altos costes relacionados con la defectos en los automóviles por parte de los fabricantes han aumentado significativamente la demanda de trazabilidad individual de los componentes y las piezas fundidas no son una excepción. Como resultado, los requisi-

tos para marcas de identificación únicas en piezas especialmente de alta integridad, se están volviendo cada vez más comunes en la industria. Estas marcas usualmente toman la forma de un código de datos de matriz 2D. Además de las necesidades de los fabricantes de equipos originales, también hay ventajas importantes para los fabricantes de piezas al tener números de serie individuales y marcados únicos en cada pieza: esto les permite saber exactamente cuándo y dónde se ha producido una pieza específica (defectuosa o no), para que puedan rastrear el proceso y los parámetros ambientales asociados con esa pieza. Los fabricantes también pueden usar esta información para mejorar los procesos y rastrear otras piezas que se encontraron con situaciones similares. Para identificar correctamente las piezas y evitar posibles confusiones, el marcado debe realizarse dentro de la célula de fundición a presión, justo después de su extracción del molde. Como estas piezas a menudo pasan por un proceso de granallado después, esto agrega un desafío a las propiedades de marcado porque este proceso es bastante agresivo. Después de estudiar ampliamente este tema durante los últimos tres años, Laserax finalmente encontró los parámetros láser correctos que permiten el marcado con láser de los identificadores, que resisten la mayoría de los procesos de granallado y mantienen un alto nivel de calidad y legibilidad. Los grandes resultados obtenidos durante el último año demostraron que un método de marcado por láser rápido y robusto permite la integración en una célula de fundición a presión, sin ningún compromiso en el rendimiento por primera vez. Los excelentes índices de lectura de los identificadores marcados con láser después



del granallado, ahora permiten una verdadera trazabilidad para las fundiciones y facilitan el camino hacia una nueva era de mejoras en los procesos.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de la trazabilidad de componentes individuales ha aumentado significativamente en los últimos años, especialmente en la industria automotriz. El principal desafío relacionado con el marcado directo de piezas de matrices 2D únicas en estos componentes, ha sido principalmente reducir el tiempo de marcado para que se ajuste al tiempo de ciclo disponible de la máquina, así como crear un código que sea resistente a los procesos posteriores aplicados a la pieza después de la fundición. Para la fundición a presión, entre el 25% y el 50% de los componentes se someten a un proceso de granallado abrasivo en el que se disparan bolas de acero carbono o de acero inoxidable para alisar su superficie. El proceso, llamado granallado, borra completamente el marcado láser de la superficie de la pieza. El tema de la marcación con láser resistente al granallado fue investigado en publicaciones anteriores por nuestro equipo en la última exposición de NADCA (2017), en la que Laserax presentó una primera demostración de lectura de un código 2D marcado con láser después del granallado. Para abordar los desafíos experimentados por las industrias de fundición a presión, se requirió una investigación más exhaustiva de varios parámetros, como la profundidad del marcado, el tamaño de la celda y para optimizar el proceso de marcado en términos de calidad de código 2D, se investigaron parámetros como el contraste y tiempo de marcado.

## TEORÍA

Un código de matriz de datos (DMC) es un código bidimensional que contiene cuadrados, que son blancos o negros, para representar la información codificada. Cada DMC está compuesto por dos bordes adyacentes sólidos que forman una "forma de L" (izquierda y abajo), así como dos bordes que alternan entre las celdas blancas y negras llamadas patrón de reloj (arriba y derecha). La figura 1 muestra un ejemplo de este tipo de código.



[TB1] Figura 1: Ejemplo de código de matriz de datos (DMC) con la dirección web de Laserax codificada en él.

El número de filas y columnas incluidas en el DMC depende de la cantidad de datos que se deben codificar. La Tabla 1, como se ve a continuación, muestra la relación entre el número de celdas y la capacidad de datos de un DMC. La capacidad de datos se divide en dos categorías: datos alfanuméricos, que contienen números y letras, y datos numéricos, que contienen números.

TAMAÑO	ALFANUMÉRICO	NÚMÉRICO
10x10	3	6
12x12	6	10
14x14	10	16
16x16	16	24
18x18	25	36
20x20	31	44
22x22	43	60
24x24	52	72

Tabla 1. Relación entre el tamaño de un DMC y su capacidad de datos.

Sabemos por estudios anteriores que el ennegrecimiento de la superficie del metal bajo la irradiación con láser se debe a un aumento del valor local rms en la región negra, lo que crea un acoplamiento de luz en el material (Maltais et al., 2016)<sup>1</sup>. La medición del perfil de superficie y una imagen SEM se muestran en la Figura 2 a continuación.

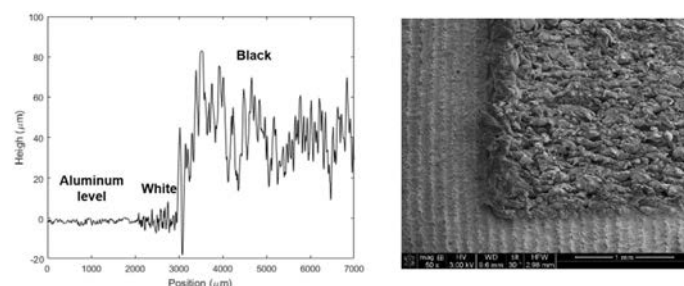


Figura 2a y 2b. Izquierda: Resultados de un perfil de superficie. La superficie sin tratamiento está representada en valores anteriores a 2.000 µm, entre 2.000 µm y 3.000 µm se representa la superficie blanqueada. Los valores superiores a 3.000 µm son los que generaron una superficie ennegrecida. Derecha: imagen SEM del blanco y negro.

El aspecto blanco de la superficie es generado por un alto nivel de reflexión difusa de la luz. El oscurecimiento, por otro lado, se genera por un alto nivel de absorción dentro de la superficie. Al ajustar los parámetros del láser, podemos controlar con precisión la rugosidad de la superficie y luego controlar el nivel de gris en el área de marcado (blanco -> gris -> negro).

Cuando un DMC es marcado por un láser de última ge-

neración, la parte alta y negra de la marca se aplanan fuertemente, de modo que las superficies absorbentes migran a las superficies reflectantes. Esto explica por qué los contrastes desaparecen. Para preservar los contrastes, debemos proteger las partes negras de las marcas que provoca el granallado.

La idea principal de nuestro trabajo para crear un DMC resistente al granallado es tener las partes negras del código grabadas más profundamente en el material, para que las paredes exteriores protejan la microestructura de las bolas de granalla. La figura 3 ilustra un ejemplo de este principio. En este ejemplo, se crean celdas profundas (con fondo de absorción negro) con dimensiones más pequeñas que el diámetro medio de la bola de granalla.

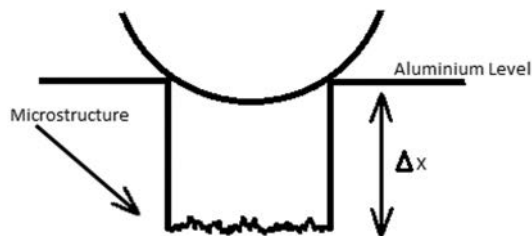


Figura 3: Esquema de la protección geométrica de la marca negra por una celda más pequeña que la bola de granalla.

## EXPERIMENTAR

Inicialmente realizamos el marcado láser DMC con células profundas y pequeñas utilizando un láser LXQ-100 con la configuración que se muestra en la Figura 4. Las muestras resultantes se sometieron a un tratamiento de granallado por la empresa Cascade Die Casting Group con un sistema Viking Blast & Wash (modelo: CB -3614). Vea la Figura 5 para más detalles.

Los resultados se mitigaron, ya que los DMC con las cel-

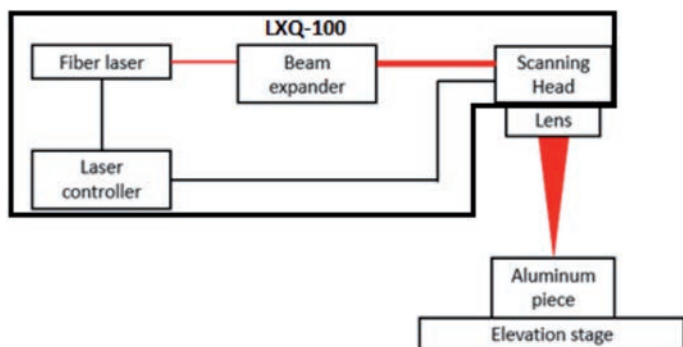


Figura 4: Configuración experimental para el marcado con láser en un componente de aluminio.



Figura 5: Modelo Viking Blast & Wash System: CB-3614.

das más pequeñas no se podían leer en absoluto. Algunos de los DMC con celdas ligeramente más grandes eran legibles, incluso si sus diámetros eran más grandes que el diámetro de la granalla. De hecho, para las celdas más pequeñas, el alisado de la superficie generado por el proceso de granallado aplanó las paredes exteriores y obstruyó los orificios. La ausencia de orificios hizo que el código posterior a la inyección no se pudiera leer (Figura 6). Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que fabricar celdas con dimensiones más pequeñas que el diámetro de la granalla, no era una solución viable para proteger de manera eficiente la superficie ennegrecida.

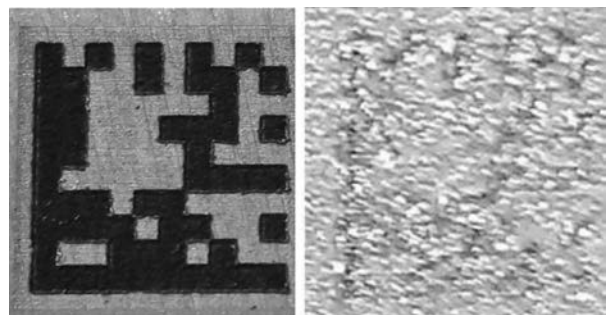


Figura 6: Primer plano de un DMC de celdas pequeñas antes y después del tratamiento de granallado.

Durante este experimento, también observamos que para las celdas más grandes eran demasiado grandes para ser borradas por el alisado de la superficie, las celdas aisladas en el patrón del reloj mostraron un mejor contraste que las celdas que estaban rodeadas por celdas vecinas. La figura 7 a continuación muestra este fenómeno.



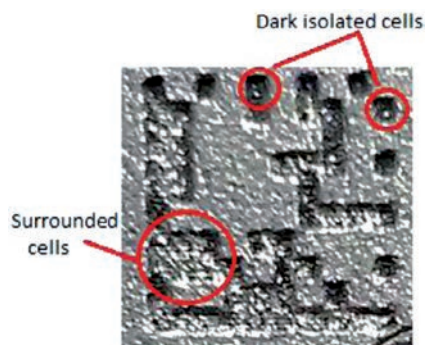


Figura 7: Primer plano de un DMC con 100% de llenado de celda, post granallado.

Por lo tanto, tuvimos la idea de introducir una "proporción de llenado" de celda individual que ayudaría a preservar un borde circundante entre cada celda. Las figuras 8 y 9 muestran con más detalle lo que representan estos rellenos. En la Figura 9, el módulo estaría lleno si el relleno fuera del 100%. El tamaño de celda se define como SC y representa un porcentaje de SO.

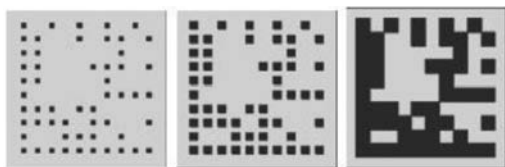


Figura 8: DMC con diferentes rellenos (30%, 55% y 100% respectivamente).

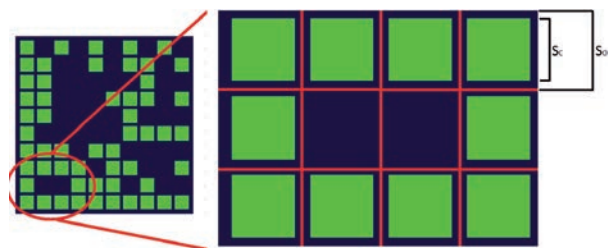


Figura 9: Un primer plano de una matriz 2D rellena al 80% del tamaño del módulo.

Como se ve en la Figura 10, el contraste en la matriz parcialmente rellena fue mucho mayor. Tenía una tasa de legibilidad mucho mejor que la celda completamente llena.

La presencia de una pared que separa las celdas se aplicó a varias muestras marcadas en aluminio [TB3]. Estas muestras se mantuvieron a un llenado del 80% (este valor se determinó experimentalmente como óptimo para el propósito previsto).

Se crearon un total de 85 DMC (con un tamaño de 10 x

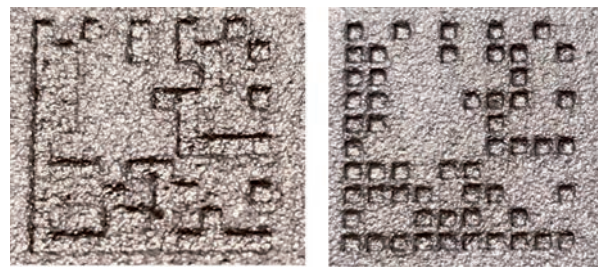


Figura 10: Primeros planos de un DMC lleno al 100% (izquierda) y un DMC lleno al 80% (derecha). El tamaño de celda (SC) es de 1 mm.

10) utilizando un láser de fibra Laserax LXQ-100 (100W) en una aleación de aluminio que contiene 8-10% de Silicio (Aural 2TM). Las 85 muestras se mantuvieron con un relleno del 80%; sin embargo, el tamaño de la celda varió de 0,3 mm a 1,6 mm.

En términos de optimización, el tamaño de celda y la profundidad fueron los dos parámetros que variaron de una muestra a otra. La profundidad se varió cambiando el número de veces que el láser pasaría por encima de la marca.

Las pasadas de láser variaron de 1 a 5 y luego se tradujeron a profundidades físicas medibles con un perfilador de superficie (modelo DEKTAK 150). El aumento del tamaño de la celda tiene el efecto de aumentar el tamaño total de la matriz, como se puede ver en la Figura 11 a continuación.

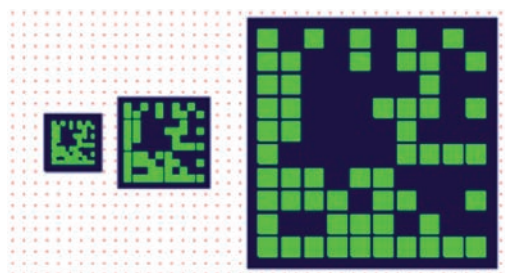


Figura 11: DMC con tamaño variable: de izquierda a derecha, 0,3 mm, 0,55 mm y 1,6 mm de tamaño de celda, respectivamente).

El proceso de granallado se realizó en un Wheelabrator Tumblast (visto abajo en la Figura 12) con una bola de acero fundido tipo S170 (tamaño de disparo medio de 0,430 mm) en Groupe Canimex en Drummondville, Quebec. El proceso duró un total de 90 segundos.

Las 85 marcas se analizaron para ver sus contrastes antes y después del proceso de granallado con la cámara Cognex DM262X. El valor de contraste se calculó de acuerdo con la norma ISO 29158 utilizando la siguiente ecuación:



Figura 12: Modelo de Wheelabrator: Tumbblast.

$$CC = \left( \frac{A_W - A_D}{A_W} \right)$$

La cámara DM262X dividió cada píxel en escala de grises y le asignó un valor de 0 a 255. Luego se utilizó un algoritmo para dividir los píxeles claros de los píxeles oscuros.

$A_W$  fue el valor promedio en bits (0 a 255) del área clara, mientras que  $A_D$  fue el valor medio en bits (0 a 255) del área más oscura. Por lo tanto, el contraste se define como la relación entre la diferencia en áreas claras, oscuras y el área clara.

## RESULTADOS

El primer paso para evaluar las configuraciones óptimas de un código para una marcación resistente al granallado, es garantizar su legibilidad después del post-tratamiento. Las figuras 13 y 14, como se ve a continuación, muestran imágenes de las marcas antes y después del tratamiento de granallado.

Es importante mencionar que el contraste aparente de los códigos mostrados en las imágenes de arriba de-

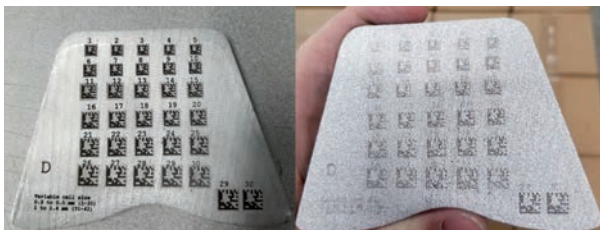


Figura 13: DMC con tamaños de celda que van desde 0,3 mm a 0,55 mm antes y después del procedimiento de granallado.



Figura 14: DMC con tamaños de celda que van de 0,85 mm a 0,95 mm antes y después del procedimiento de granallado.

pende mucho de la iluminación y el ángulo de visión. Para evitar este problema y obtener datos objetivos al tiempo que reduce el número de variables, se instaló un lector de códigos de barras, el DM262X, en un montaje fijo. Por lo tanto, el ángulo de visión y la iluminación se mantuvieron constantes y no influyeron en el valor del contraste de una medición a otra.

De acuerdo con la certificación de marcado de parte directa ISO 29158, muchos criterios como el contraste de celda, la modulación de celda y la deformación axial y de la rejilla, deben evaluarse para evaluar el grado del marcado. Estas calificaciones proporcionan una herramienta cuantitativa para evaluar la legibilidad de un código. Un grado A según ISO 29158 es el mejor grado, mientras que un grado F es el peor. La calidad de calificación de un código siempre representa el valor de calificación más bajo para todos los criterios [TB4]. Un código que tiene un valor de calificación A para los contrastes aún puede terminar siendo una C, debido a un valor de calificación más bajo obtenido para cualquiera de los otros criterios (modulación de celda, deformación axial y de rejilla, etc.). La cámara DM262X otorgó una calificación general de todos los 85 DMC creados para este experimento antes del proceso de granallado. La Tabla 2 a continuación muestra la calidad general de la calificación de las marcas después de la explosión.

El contraste, siendo central en la evaluación de la calidad del código, se usó como una herramienta cuantitativa para las marcas posteriores a la explosión en este experimento. La tabla 3 a continuación proporciona la equivalencia de grado al contraste según ISO 29158.

Las siguientes subsecciones presentan gráficos de los valores de contraste medidos en relación con el tamaño de celda, la profundidad y el tiempo de marcado.

## TAMAÑO CELDA

La Figura 15 a continuación, muestra cómo cambia el contraste con respecto al tamaño de celda con cada



TAMAÑO CELDA / PROFUNDIDAD	POST GRANALLADO				
	GRADO				
	0,15 mm	0,30 mm	0,45 mm	0,55 mm	0,60 mm
0,3 mm	F	F	F	F	F
0,35 mm	F	F	F	F	F
0,40 mm	F	F	F	F	F
0,45 mm	F	F	F	F	F
0,50 mm	F	F	F	F	F
0,55 mm	B	B	B	B	B
0,60 mm	B	B	B	B	B
0,65 mm	C	B	A	A	A
0,70 mm	C	B	A	A	A
0,75 mm	C	B	A	A	A
0,85 mm	B	A	A	A	A
0,90 mm	A	A	A	A	A
0,95 mm	A	A	A	A	A
1,00 mm	F	C	B	B	B
1,20 mm	F	F	F	F	F
1,40 mm	F	F	C	B	B
1,60 mm	F	F	C	B	B

Tabla 2: Calidad de grado según ISO 29158 evaluada con DM262X para los 85 códigos después del tratamiento de granallado.

Contraste	Grado
≥ 30%	A
≥ 25%	B
≥ 20%	C
≥ 15%	D
< 15%	F

Tabla 3: Evaluación del grado con ISO 29158 respecto al contraste obtenido para el marcado.

conjunto de marcas. Podemos observar la presencia de tres secciones diferentes. La primera sección abarca desde 0,3 mm a 0,5 mm, en el que el contraste es cero para las celdas más pequeñas (a un DMC no legible se le ha asignado un valor cero para el contraste) y aumenta a medida que las celdas se hacen más grandes. En la segunda sección del gráfico que abarca desde 0,5 mm hasta aproximadamente 0,9 mm, el contraste muestra algunas variaciones. Sin embargo, sigue siendo bastante alto en todo este rango. La tercera sección cubre celdas más grandes que abarcan desde 0,95 mm hasta 1,6 mm

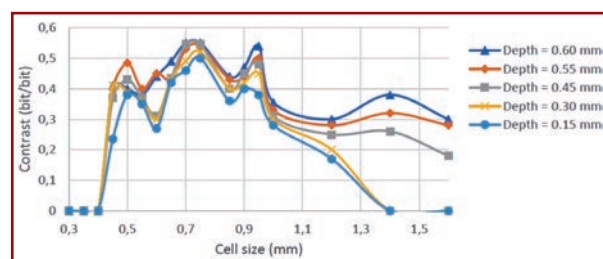
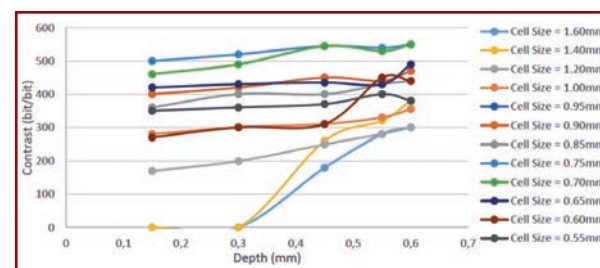


Figura 15: Evolución del contraste en relación con el tamaño de celda.

y muestra una mayor dependencia de la profundidad de la celda junto con una disminución general del contraste, a medida que las celdas se hacen más grandes.

## PROFUNDIDAD

La Figura 16 muestra cómo cambia el contraste con la profundidad de todos los DMC legibles.



[TB6] Figura 16: Evolución del contraste en relación con las profundidades para todos los DMC legibles.

Este gráfico muestra que las celdas más grandes se ven más afectadas por una variación de profundidad que las más pequeñas. De hecho, para la sección central que contiene un tamaño de celda que varía de 0,50 mm a 0,90 mm, el contraste en la profundidad sólo afecta ligeramente al contraste. La tercera sección, que tiene tamaños entre 0,95 mm y 1,60 mm, está mucho más afectada por la profundidad de la celda. Para las celdas más grandes, 1,40 mm y 1,60 mm, parece que incluso hay una profundidad mínima que se debe alcanzar para calcular un contraste.

## TIEMPO

La relación entre las diversas combinaciones de parámetros y los tiempos de marcado se muestra en la Figura 17.

Si observamos la Figura 17, parece obvio que los pases de láser de tercero a quinto (profundidades de celda de 0,45 mm a 0,60 mm) requieren mucho más tiempo para obtener un contraste similar. Si eliminamos los pasos del láser del tercero al quinto de la Figura 17 y eliminamos las celdas que eran demasiado pequeñas (menos de 0,5 mm) o demasiado grandes (más de 1), obtenemos la Figura 18.

Como se muestra en la Figura 18, hay varias configuraciones disponibles para crear una marca resistente al granallado que optimiza el tiempo y el contraste. De hecho, si se van a codificar 6 o menos caracteres numéricos (que corresponden a la capacidad de la DMC 10X10 de este estudio), es posible crear una marca re-

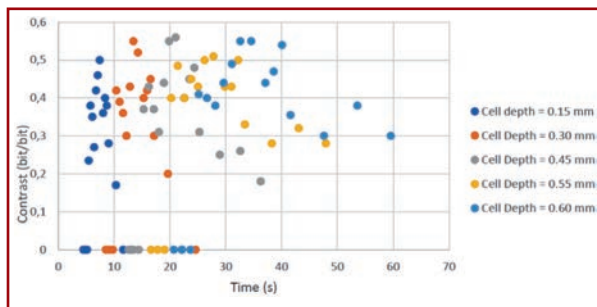


Figura 17: Evolución del contraste en relación con el tiempo para las cinco profundidades diferentes.

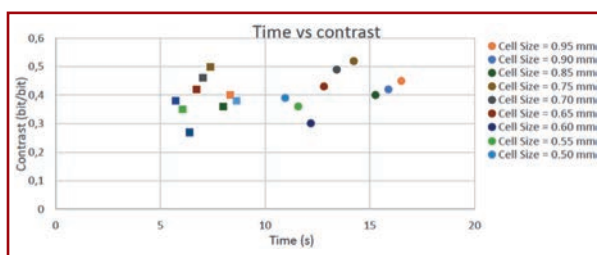


Figura 18: Evolución del contraste en relación con el tiempo de marcado con énfasis en los dos primeros pases de láser. Los cuadrados representan la profundidad de 0,15 mm, mientras que los círculos representan la profundidad de 0,30 mm.

sistente al granallado en menos de 10 segundos manteniendo un contraste relativamente alto que permita una lectura consistente y un código de alto grado (A o B). Aunque la cámara dio valores de contraste similares a los códigos con 1 pasada y 2 pasadas, se obtuvieron mejores calidades y calificaciones para 2 pasadas.

## ANÁLISIS

Los resultados muestran que los DMC con tamaños de celda individuales más pequeños que aproximadamente 0,5 mm presentan un contraste mucho menor o no se pueden leer con la cámara. Nuestra hipótesis inicial era que tener un tamaño de celda pequeño evitaría que la bola de acero entrara en el orificio marcado y, por lo tanto, preservaría el contraste después del granallado, ya que las superficies inferiores de las celdas mantendrían su microestructura. Sin embargo, al observar de cerca las muestras con tamaños de celda  $<0,5$  mm, parece que los orificios están obstruidos por las superficies aplanadas que los rodean. Esto se puede observar en la Figura 6. Esto no es demasiado sorprendente ya que el aluminio es un material blando y dúctil, mientras que el acero es comparativamente mucho más duro. Un impacto de una bola de acero en una superficie de aluminio indudablemente deformaría la superficie y obs-

truiría los agujeros más pequeños. Estos orificios obstruidos hacen que el código sea ilegible en general. Como resultado, los tamaños de celda más grandes son más deseables para obtener un código legible después del granallado.

Por encima de 0,5 mm y hasta aproximadamente 0,9 mm, el contraste es bueno y bastante constante. Por encima de 0,9 mm, el contraste tiende a disminuir hasta el tamaño máximo de celda de 1,6 mm (como se ha intentado en este experimento). Sin embargo, la profundidad inesperadamente no tuvo un alto impacto en el contraste. Basándonos en la idea principal de tener la superficie de absorción inferior de las celdas protegidas por las paredes circundantes, realizamos un análisis geométrico de la forma del cráter con respecto a la dimensión del disparo para obtener una mejor comprensión del fenómeno físico.

## ANÁLISIS GEOMÉTRICO

Durante el proceso de granallado, un gran número de bolas de acero golpean la superficie desde todas las direcciones. Esto tiene el efecto de pulir la superficie sobre la cual la bola entra en contacto. En el caso de las celdas marcadas en negro, el efecto de pulido destruye la microestructura y aumenta la cantidad de luz reflejada en la parte inferior de la celda.

En este análisis, suponemos que las únicas áreas que permanecerán negras son las áreas donde las bolas de acero no pueden estar en contacto directo con la superficie. La figura 19 a continuación muestra el análisis.

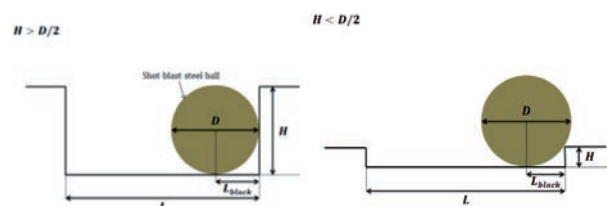


Figura 19: Interpretación geométrica de una bola de acero fundido que interactúa con el fondo de una celda.

Los parámetros  $D$ ,  $H$ ,  $L$  y  $L_{black}$  son los diámetros de la bola de acero de granalla, la profundidad de la celda, la longitud de la celda y la longitud del área oscura restante, respectivamente. Para simplificar, este análisis descuida la deformación de las paredes y las bolas de acero. La figura 20 a continuación muestra un esquema del fenómeno.

El valor teórico de  $L_{black}$  viene dado por:



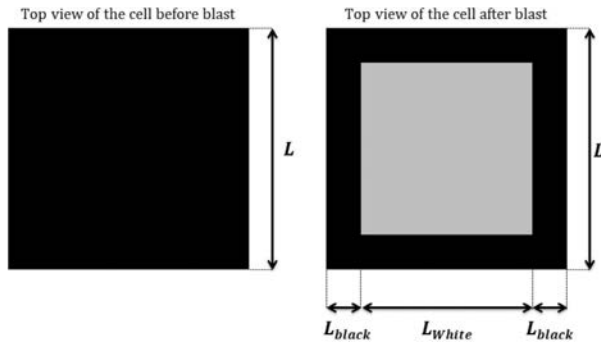


Figura 20: Vista superior de una célula antes y después del tratamiento de granallado.

$$L_{Black} = \begin{cases} \frac{D}{2}, & H \geq \frac{D}{2} \\ \sqrt{DH - H^2}, & H < \frac{D}{2} \end{cases}$$

Entonces es posible calcular el área proporcional de la celda que permanecerá en negro después del granallado.

$$\frac{A_{Black}}{A_{tot}} = \begin{cases} \frac{L^2 - (L - D)^2}{L^2}, & L \geq D \text{ if } H \geq \frac{D}{2} \\ 1, & L < D \end{cases}$$

$$\frac{A_{Black}}{A_{tot}} = \begin{cases} \frac{L^2 - (L - 2\sqrt{DH - H^2})^2}{L^2}, & L \geq 2\sqrt{DH - H^2} \text{ if } H < \frac{D}{2} \\ 1, & L < 2\sqrt{DH - H^2} \end{cases}$$

La Figura 21 a continuación muestra claramente que el análisis geométrico anterior se observa efectivamente en los resultados.

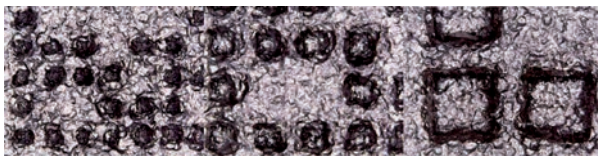


Figura 21: Tres DMC (de izquierda a derecha SC = 0,5 mm, SC = 0,75 mm, SC = 1,6 mm) tomadas a una profundidad de 0,60 mm.

Estas ecuaciones obtenidas del análisis geométrico se representan gráficamente en las Figuras 22 y 23 a continuación y se comparan con los resultados experimentales. El valor de D se establece en 430  $\mu\text{m}$ , que es el diámetro medio de la bola de granalla S170.

Se puede observar una correlación entre los resultados experimentales y teóricos. De hecho, este modelo geométrico presenta un buen ejemplo de por qué la profundidad de la celda sólo tiene un pequeño impacto en el

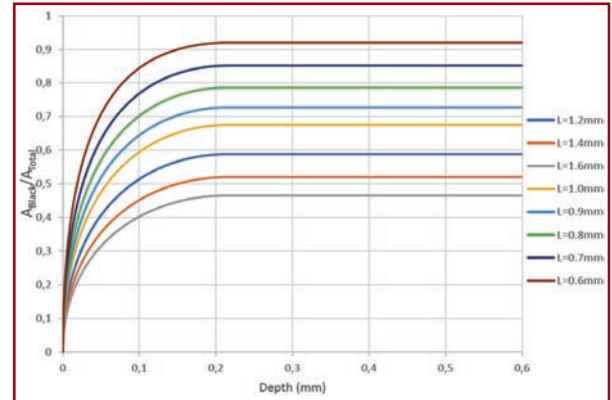


Figura 22: Gráficos de la relación entre la proporción del área negra y las profundidades para tamaños de celda que van desde 0,6 mm a 1,6 mm.

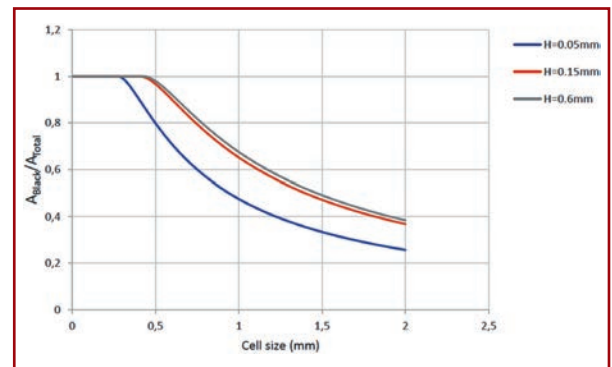


Figura 23: Gráficos de la relación entre la relación del área negra para profundidades de celda de 0,05 mm, 0,15 mm y 0,6 mm.

contraste y por qué el contraste disminuye para un tamaño de celda mayor que el tamaño del disparo. Más allá de un cierto valor crítico de profundidad ( $D/2$ ), la proporción de área oscura no aumenta para profundidades mayores y sólo se ve afectada por el tamaño de la celda.

Por lo tanto, nuestro modelo geométrico está demostrando claramente el contraste DMC que fue modificado por el proceso de granallado, excepto por las celdas más pequeñas en las que el efecto dominante es el alisado de la superficie que obstruye los agujeros.

Las marcas eficientes resistentes al granallado deben mostrar una relación de llenado aproximada del 80%, una profundidad alrededor de  $D/2$  o superior (típicamente 200  $\mu\text{m}$ ) y un tamaño de celda individual que oscile entre 0,55 mm y 0,95 mm. La elección final del tamaño de celda debe ser un compromiso entre los tiempos de marcado cortos (0,55 mm a 0,75 mm) y el grado más alto (0,85 a 0,95). [TB14]

## INTEGRACIÓN EN LÍNEA

Hay dos tipos diferentes de máquinas recomendadas para la integración de marcaje resistente al granallado en una celula de fundición a presión: envoltentes al aire libre y envoltentes de mesa giratoria. Estas dos máquinas están representadas en la Figura 24 a continuación.

Una comparación de las ventajas y desventajas de ambas máquinas se muestra en la Tabla 4 a continuación.

La tabla 5 a continuación muestra la relación entre la capacidad de almacenamiento y el tiempo de marcado, para el tamaño de celda de 0,70 mm y 1 ó 2 pasadas.



Figura 24: Izquierda: envoltente al aire libre, Derecha: envoltente de la mesa giratoria.

AIRE LIBRE		MESA GIRATORIA	
Pros	Contras	Pros	Contras
Menor coste	Tiempo de marcado afecta directamente al tiempo de proceso	Intrínsecamente Clase I	Mayor coste
Menor marca	Puede ser más difícil lograr la Clase I	Tiempo de marcado no afecta al tiempo de proceso	Mayor marca
Sin partes móviles		Permite el uso de láser con menor potencia ya que el tiempo de marcado no afecta al tiempo total del proceso	Con partes móviles
		Permite hacer marcas más profundas	Tiempo giro mesa afecta al tiempo de proceso.

Tabla 4: Comparación de las ventajas y desventajas de la máquina de mesa giratoria y al aire libre.

Dependiendo del tiempo de ciclo disponible en el proceso y la cantidad de datos a codificar, la elección correcta del tipo de envoltente se muestra en la Tabla 6.

Tenga en cuenta que las recomendaciones de la Tabla 6 consideran dos pasadas de láser y un tamaño de celda de 0,70 mm.

TAMAÑO	ALFANUMÉRICO	NÚMÉRICO	Tiempo para 1 pasada láser (s) ± 5%	Tiempo para 2 pasadas láser (s) ± 5%
10x10	3	6	7,04	13,42
12x12	6	10	9,05	17,35
14x14	10	16	11,97	22,96
16x16	16	24	15,71	30,21
18x18	25	36	20,53	39,55
20x20	31	44	23,95	46,05
22x22	43	60	28,51	54,76
24x24	52	72	33,68	64,58

Tabla 5: Relación entre el tamaño de un DMC, su capacidad de datos y el tiempo requerido para grabar un código resistente al granallado de un tamaño de celda de 0,70 mm para una pasada de láser (profundidad de aproximadamente 0,15 mm) y dos pasadas de láser (profundidad de aprox. 0,30 mm).

Capacidad almacenamiento (caracteres numéricos)	Tiempo de ciclo disponible				
	4s<t<13s	13s<t<17s	17s<t<23s	23s<t<30s	30s<t<45s
6 o menos	Mesa giratoria	Aire libre	Aire libre	Aire libre	Aire libre
7 a 10	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Aire libre	Aire libre	Aire libre
11 a 16	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Aire libre	Aire libre
17 a 24	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Mesa giratoria	Aire libre

Tabla 6: Máquina sugerida en función del tiempo de ciclo disponible y de la capacidad de almacenamiento, para un código resistente al granallado de un tamaño de celda de 0,70 mm, que ha tenido dos pasadas de láser (profundidad de aproximadamente 0,30 mm).

## CONCLUSIÓN

La marcación con láser sigue siendo la tecnología más viable y confiable para las marcaciones permanentes en los componentes para garantizar la trazabilidad. Los desafíos cada vez mayores que surgen en el sector del marcado directo de piezas, se pueden responder fácilmente con tecnología láser. El sistema láser LXQ-100 de Laserax puede abordar la necesidad de marcas resistentes a los granallados, que optimizan tanto el tiempo de marcado como la legibilidad del código. Para los DMC con poca capacidad de almacenamiento de datos (seis caracteres numéricos o menos), se pueden lograr tiempos de marcaje de menos de 10 segundos manteniendo una calificación de B o mejor en comparación con las normas ISO 29158. También demostramos que los DMC de mayor capacidad de almacenamiento pueden mantener altas calificaciones con tiempo de ciclo razonables y después poder realizar un granallado. Finalmente, explicamos qué recintos son los más adecuados, según los requisitos de almacenamiento de datos y los tiempos de ciclo disponibles dentro de los procesos de conversión. Basados en estos avances, las fundiciones a presión pueden ahora considerar seriamente la implementación de soluciones de



marcaje láser en línea en sus células de fundición a presión, incluso si las piezas están sujetas a un tratamiento de granallado.

Gracias a la colaboración con Laserax, AIF SL puede facilitar este innovador diseño de marcado láser en el territorio español y portugués, además de ofrecerles otros equipos y su servicio técnico en el territorio nacional:

- ABK Pressenbau und Automation, empresa alemana especializada en soluciones completas de automatización para células de fundición a presión desde una sola fuente, incluyendo prensas de recorte, prensas de desbarbado o prensas de ajuste para la fabricación de moldes.
- EidoSolutions-Gilardoni, empresa italiana dedicada al diseño y construcción de plantas y sistemas industriales de rayos X de alta calidad, con los mejores componentes disponibles y satisfaciendo las necesidades de los clientes.
- Green Box-Frigel, empresa italiana dedicada al diseño, fabricación de máquinas y sistemas para el

control de la temperatura de los moldes de fundición a presión.

- Yizumi, empresa de la Republica China especializada en el sector de la fabricación de máquinas de inyección de alta presión, ofreciendo una solución única como proveedor de equipamientos, integrando funciones de diseño, investigación y desarrollo, fabricación, comercialización y servicio al cliente. La calidad de estas máquinas puede competir con las empresas del sector europeo, ofreciendo la gran ventaja de su reducido coste.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros socios por este proyecto: Cascades Die Casting Group, Mercury Marine y Groupe Canimex por su apoyo y por permitirnos usar su equipo de granallado para este estudio.

## REFERENCIAS

1. Maltais, J., Brochu, V., Frayssinous, C., Vallée, R., Godmaire, X., Fraser, A. "Estudio de análisis de superficies de marcado por láser de aluminio", ICSCOB 2016.

**FABRICAMOS:**

**MÁQUINAS PARA EL DESENGRASE, LAVADO Y LIMPIEZA TÉCNICA DE TODO TIPO DE PIEZAS INDUSTRIALES**

**Lavar, Desengrasar, Fosfatar, Secar... Todo tipo de piezas eliminando: Óxidos, fangos, pastas de pulir, pegamentos, virutas, ferrichas, aceites, grasas, polvo...**

**En máquinas de tipo: TÚNEL, ROTATIVAS, CUBAS, CABINAS, TAMBORES.**

**\*Disponemos de laboratorio propio para el control de calidad de la limpieza.**



**TÚNELES** **ROTATIVAS** **CABINAS** **CUBAS**

**Bautermic S.A.**

Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408  
[www.bautermic.com](http://www.bautermic.com)  
[comercial@bautermic.com](mailto:comercial@bautermic.com)

SUMINISTROS TÉCNICOS PARA LA INDUSTRIA, METAL, FUNDICIÓN

**FUNDICIONES TEC**

IBAÑEZ REPRESENTACIONES TÉCNICAS S.L.

FRECH MetallFlow COLOSIO FENDERMA

Pol. Ind. Els Mallons • Camí Mas del Moret nº 36 • Apt. de Correos nº 9 • 46970 Alaquàs (Valencia) ESPAÑA  
 Tel. +34 96 150 46 47 E-mail: [info@irtec.es](mailto:info@irtec.es) • [www.irtec.es](http://www.irtec.es)  
 Comercial zonas: Levante: +34 607 31 07 31 • Centro: +34 626 97 60 93 • Cataluña: +34 687 93 31 00

Agentes desmoldeantes revolucionando la fundición.

DESMOLDEANTES + LUBRICANTES DE ÉMBOLOS

**Chem Trend**

Release Innovation™

VISITE [CHEMTREND.COM/ES](http://CHEMTREND.COM/ES)



## Especialistas en tratamientos térmicos

- Temple y revenido en alto vacío.
- Temple y revenido en sales.
- Temple y revenido en pote.
- Nitruración y nitrocarburoción.
- Consulting técnico.
- Temple por inducción.
- Estabilizados, normalizados, recocidos.
- Estabilizado por vibración.
- Cementación gaseosa

**METALTERMICA-GAI, S.A.**  
C/ Ibarra 15  
48300 GERNIKA -BIZKAIA  
www.metaltermica-gai.com

Tfno: 94 625 12 08  
Fax: 94 625 59 31  
Email: metaltermica@metaltermica-gai.com

## FLOW-3D®

**simulaciones y proyectos**  
www.simulacionesyproyectos.com  
central@simulacionesyproyectos.com  
Bilbao-Madrid-Bogotá

Fabricamos hornos y estufas industriales  
Modelos estándares y especiales

**[tecno  
piro®]**  
www.tecnopiro.com



**Hornos del Vallés, S.A**  
Barcelona (Spain)

T/ 936 926 612 - 606 134 562  
hdv@tecnopiro.com

**insertec**  
Furnaces & Refractories

Ettxerre Kaminoa 21 \  
48970 Basauri \  
Bizkaia \ Spain

Tel.: +34 - 944 409 420  
Fax: +34 - 944 496 624  
email: insertec@insertec.biz  
www.insertec.biz

885 00115  
Service  
365/24

**MAR Casting**  
"Global Refractory Service"

**ESPECIALISTAS EN FUNDICIÓN**  
SOLUCIONES REFRACTARIAS

Productos Refractarios Especiales  
Ingeniería, Construcción, Suministros

Desarrollo de Proyectos - Atención pre y post-venta - Formación - Informes Técnicos - Termografías  
Montaje de Obra Nueva, Reparaciones, Mantenimiento Preventivo, Secados, Tratamientos Térmicos

**MAR Casting, S.L.**  
C/ Río de Solís, 2 - bajos G y H  
39610 El Astillero - Cantabria  
Telf.: 942 54 47 42

**País Vasco**  
Pol. Ind. San Lorenzo - C/ Amillaga, 28  
20570 Vergara - Guipúzcoa  
Telf.: 943 22 92 41

**Madrid - Sur - Sureste**  
Telf.: (+34) 949 97 73 63  
**Aragón - Cataluña**  
Telf.: (+34) 638 27 21 13

Web: www.marcasting.net - E-Mail: marcasting@marcasting.net

Su partner  
para la mejora  
técnica y económica

**labecast**  
Foundry Engineering & Services

**Labecast, S.L.**  
Parque Empresarial Zuatzu  
Edificio Europa, Planta 5ª, local 2  
20018 Donostia - San Sebastián  
Tfno.: 943 225 985 - Fax: 943 225 986  
jrguridi@labecast.com  
www.labecast.com

**SU MEJOR COMUNICACIÓN**  
REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

Estrenamos  
Nueva Web  
www.pedeco.es

- Nuevo diseño y navegación más fácil, rápida e intuitiva.
- Nuevos contenidos con los temas que le interesan.
- Nueva presentación e información actualizada día a día.
- Web responsive para que consulte desde su dispositivo favorito.



¡PREPÁRESE POR NUESTROS  
PACKS DE  
PUBLICIDAD!

**PEDCA Press** Publicaciones  
COMERCIALES  
C/ Goya, 20, 1º - 28001 MADRID  
Telf.: 91 781 77 76 - Fax: 91 781 71 26  
pedca@pedeco.es - www.pedeco.es

**HEA**  
SINCE 1945

**HORNOS INDUSTRIALES**  
www.alferieff • hea@hornoshea.com  
Tel: 916396911 • MADRID





# IMF diecasting

- Repuestos para máquinas de inyección.
- Compraventa de maquinaria de segunda mano del sector de la fundición inyectada.
- Reparaciones y asistencia técnica.
- 24 horas al servicio de nuestros clientes.

**Representantes**  
**Italpresse**  
**Gauss**  
**Industrial Frigo**  
 Para España y Portugal

**IMF DIECASTING**  
**Ind. Maqu. inyección S.L.**  
 Cami frente a l'estació  
 43800 Valls (Tarragona) SPAIN  
 GSM: +34 690 074 627  
 Tef +34 977 609 904 /Fax: +34 977 604 266  
[www.imfdiecasting.com](http://www.imfdiecasting.com)  
[comercial@imfdiecasting.com](mailto:comercial@imfdiecasting.com)



# TECRESA®

TECNICAS DE REFRACTARIOS, S.A.U.

A member of the **STEULER** Group

**EMPRESA LIDER EN MONTAJE, SUMINISTRO, MANTENIMIENTO Y SUPERVISION DE REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS**

**Revestimientos Refractarios Industriales**  
**Pavimentos Industriales – Protección de Superficies**  
**Reparación y Refuerzo Estructural – Protección Pasiva contra Incendios**  
**Ingeniería de Revestimientos Refractarios - Estudios de Eficiencia Energética**

**CENTRAL**  
 Ribera de Zorrozaurre 15, 2º  
 Tf: +34 902 11 89 47 Fax: +34 944 48 37 32  
 48014 BILBAO  
[www.tecresa.com](http://www.tecresa.com) • [tecresa@tecresa.com](mailto:tecresa@tecresa.com)

**DELEGACIONES**  
 Asturias  
 Andalucía  
 Galicia  
 Cantabria



# ACRO

GRANALLADORAS Y RECAMBIOS ANTIDESGASTE

**Fabricamos recambios para granalladoras desde 1980**

**SOLUCIONES ANTIDESGASTE**

Tel: 93 450 80 19 • Fax: 93 450 80 21  
 C/ Trinxant 77-79 Local 1 • 08026 Barcelona  
[acro@acroperda.com](mailto:acro@acroperda.com)  
[www.acroperda.com](http://www.acroperda.com)



# FELEMAMG

magnetismo

**EXPERTOS EN MAGNETISMO INDUSTRIAL**

**ELEVACIÓN MAGNÉTICA**

**SEPARACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y DE IMÁN PERMANENTE**

Electroimán circular

Separador magnético tipo overband

Tambor envolvente rotativa

Avda. Agricultura, 15  
 33211 Gijón (España)  
 Tf: (34) 985 324 408  
 Fax: (34) 985 324 226  
[E-mail: felemamg@felemamg.com](mailto:E-mail: felemamg@felemamg.com)  
[www.felemamg.com](http://www.felemamg.com)



# ERVIN

The World Standard for Quality

Ervin es el fabricante especialista en granalla de Acero y Granalla de Acero inoxidable.

No sólo ofrecemos la mejor calidad de granalla del mercado, sino también un excelente servicio técnico.

- Máxima productividad, mínimo coste
- Desgaste reducido
- Reducción del polvo y de la eliminación de residuos

Por favor, póngase en contacto con el Sr. Manuel Forn:  
 M +34 628 531 487 [mform@ervin.eu](mailto:mform@ervin.eu) [www.ervin.eu](http://www.ervin.eu)



# Wheelabrator

Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies

Maquinaria y consumibles para granallado, chorreado, shotpeening y acabado por vibración.

Gran Via de les Corts Catalanes 133, At.B. 08014 BARCELONA  
 Tel. +34 93421265 Fax. +34 934223137

[www.wheelabratorgroup.com](http://www.wheelabratorgroup.com) • [contact@wheelabratorgroup.es](mailto:contact@wheelabratorgroup.es)  
 Norican Group es la empresa matriz de DISA y Wheelabrator



# SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

*Estrenamos Nueva Web*  
[www.pedeca.es](http://www.pedeca.es)

- Nuevo diseño y navegación más fácil, rápida e intuitiva
- Nuevos contenidos con los temas que le interesan
- Nueva presentación e información actualizada día a día
- Web responsive para que consulte desde su dispositivo favorito

**PAGUE POR NUESTROS PACKS DE PUBLICIDAD IMPRESIÓN + DIGITAL**

**PEDECA Press Publicaciones**

C/ Goya, 20. 1º • 28001 MADRID  
 Tel.: 91 781 77 76 • Fax: 91 781 71 26  
[pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) • [www.pedeca.es](http://www.pedeca.es)



# GranallaTECNIC S.L.

- Granalladoras de turbina, nuevas y de ocasión.
- Instalaciones automáticas de chorreado.
- Ingeniería y construcción de instalaciones especiales.
- Servicio técnico de todas las marcas y modelos.

C/ Josep Tura, 11 B - Pol. Ind. Mas D'en Cisa  
 08181 SENTMENAT (Barcelona)  
 Teléf.: 93 715 00 00 - Fax: 93 715 11 52  
 Email: [granallatecnic@granallatecnic.com](mailto:granallatecnic@granallatecnic.com)  
[www.granallatecnic.com](http://www.granallatecnic.com)



**AMETEK**  
MATERIALS ANALYSIS DIVISION

**Analizadores Estacionarios de Metales**  
La solución integral para sus necesidades de análisis de metales

**SPECTROLAB**  
Máximas prestaciones para la siguiente generación de analizadores de metal

**SPECTROMAXx**  
El Analizador de Metales Preferido

**SPECTROCHECK**  
Las máximas prestaciones y fiabilidad al precio más bajo posible

**Visitenos en:**  
**MetalMadrid - 27 y 28 de Noviembre - Stand D40**

**944 710 401 • comercial@spectro.es**

**40 YEARS SPECTRO**

**ASKCHEMICALS**  
We advance your casting

Aproveche toda la experiencia del conocimiento en fundición global

ASK Chemicals España, S.A.U.  
C/ Autonomía, nº 4 - 2º  
E-48940 - Leioa (Bizkaia)  
Tel.: +34 944 56 95 90  
Fax: +34 944 36 29 08  
e-mail: info.spain@ask-chemicals.com  
www.ask-chemicals.com

**TRATAMIENTO DE SUPERFICIES**

- Granalladoras de turbina
- Equipos de chorreado
- Lavadoras y túneles de lavado

**ABRASIVOS Y MAQUINARIA, S.A.**

Telf. 93 246 10 00 - 93 246 16 01  
E-mail: info@aymsa.com  
www.aymsa.com

**ACEMSA**  
Centro Metalográfico de Materiales

C/ Arboleda, 14 - Local 114  
28031 MADRID  
Tel.: 91 332 52 95  
Fax: 91 332 81 46  
e-mail: acemsa@gmx.es

**Laboratorio de ensayo acreditado por ENAC**

- Laboratorio de ensayo de materiales : análisis químicos, ensayos mecánicos, metalográficos de materiales metálicos y sus uniones soldadas.
- Solución a problemas relacionados con fallos y roturas de piezas o componentes metálicos en producción o servicio : calidad de suministro, transformación, conformado, tratamientos térmico, termoquímico, galvanico, uniones soldadas etc.
- Puesta a punto de equipos automáticos de soldadura y robótica, y temple superficial por inducción de aceros.
- Cursos de fundición inyectada de aluminio y zamak con práctica real de trabajo en la empresa.

**FUNDICIÓN. EQUIPOS Y SISTEMAS**

**GENERAL KINEMATICS**  
Proyectos y fabricación de equipos vibrantes con tecnología punta para la industria de la Fundición. Compañía de primer orden mundial.

**B.G.T.**  
La última tecnología (Scrubbers) en la Depuración de las aminas y su neutralización.

**miglesias.ing@gmail.com**

**alju**

- Granalladoras.
- Instalaciones de chorreado manual y automático.
- Líneas de granallado y pintado.
- Filtros de aspiración.
- Piezas y calderería antidesgaste.
- Esmeriladoras pendulares.

**FABRICANTES CON INGENIERÍA PROPIA**

Teléf.: +34 944 920 111 • e-mail: alju@alju.es • www.alju.es

**EURO-EQUIP**  
INGENIERÍA Y EQUIPOS PARA FUNDICIÓN

Desde la máquina más simple, hasta la más compleja instalación llave en mano.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA ESPAÑA DE:

**ABP INDUCTION** **CLANSMAN DYNAMICS** **DISA** **MAGMA**  
shaping industry

**MIKROPUL Nederman** **gaur-tech AB** **SIMPSON** **wheelabrator** **YUATSUKI**

Poligono Industrial La Cruz - Parcela 4-5 - 48196 Lezama - BIZKAIA (SPAIN)  
Tel.: (34) 944 761 244 - FAX: (34) 944 761 247 • E-mail: euroequip@euroequip.es  
**www.euroequip.es**

**interbil**  
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.  
Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

P.I. Sangróniz, Iberre 1-M5  
E-48150 SONDICA (Vizcaya)  
Tel.: 94 453 50 78  
Fax: 94 453 51 45  
bilbao@interbil.es

- Ingeniería de Hornos.
- Suministro y fabricación de resistencias.
- Quemadores recuperativos y regenerativos.
- Reguladores de potencia.
- Sistemas de control de procesos.
- Control de atmósferas.

**www.interbil.es**



**KROWN**

**Tecnología y Diseño propios**

Fabricación hornos Fundición Aluminio  
 Venta de repuestos  
 Servicio Postventa  
 Auditoría Técnica  
 Reconstrucciones

MADRID | ESPAÑA  
 +34 91 628 4050  
[www.krownsa.com](http://www.krownsa.com)  
[comercialkrown@krownsa.com](mailto:comercialkrown@krownsa.com)



**INGENIERÍA DE  
REFRACTARIOS  
Y COMBUSTIÓN**

**Compromiso  
y fiabilidad**

**DEGUISA**

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



**RÖSLER®**  
*finding a better way ...*

Rösler International GmbH & Co. KG P.I.  
 Cova Solera C / Roma, 7 08191 Rubí (Barcelona)  
[www.rosler.es](http://www.rosler.es)

Tel.: 93 588 55 85 [rosler@rosler.es](mailto:rosler@rosler.es)  
 Fax: 93 588 32 09  
 Tel.Cial: 93 697 63 20 [comercial@rosler.es](mailto:comercial@rosler.es)

- VIBRACIÓN
- GRANALLADORAS Y CHORREADORAS
- LINEAS DE GRANALLADO Y PINTADO
- RECAMBIO Y PIEZAS DE REPUESTO
- LAVADORAS INDUSTRIALES
- INGENIERIA MEDIOAMBIENTAL

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

**INSTALACIONES PARA TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE**

**SISTEMAS DE DETECCIÓN DE RADIATIVIDAD**

**ALEASTUR**  
 SISTEMAS DE RADIACIÓN

**RADIATION SOLUTIONS INC**

- Detectores tipo pórtico, manuales y laboratorio
- Más de 30 años de experiencia con más de 120 equipos instalados en España

985 514 097  
[www.aleastur.com](http://www.aleastur.com)  
[steel.sales@aleastur.com](mailto:steel.sales@aleastur.com)



**MODELOS VIAL, S.L.**  
 UTILLAJE PARA FUNDICIÓN  
 FOUNDRY PATTERNS AND TOOLINGS

**MODELOS Y UTILLAJES DE PRECISION POR CAD-CAM**  
**MODELOS EN:**  
 Madera, metal, plástico y poliestireno, coquillas de gravedad,  
 coquillas para cajas de machos calientes, placas para cáscara.

Larragana, 15 - 01013 Vitoria/Gasteiz Alava (Spain)  
 Tel.: 945 25 57 88 (3 líneas) - Fax: 945 28 96 32  
 e-mail: [modelosvial@modelosvial.com](mailto:modelosvial@modelosvial.com)  
 e-mail Departamento técnico: [tecnica@modelosvial.com](mailto:tecnica@modelosvial.com)



**BERG**  
 ARTÍCULOS PARA FUNDICIÓN

Pol. Ind. Can Carner  
 C/ Terra Alta, 57  
 08211 Castellar del Vallès (Barcelona)  
 Telf. 937 473 636 - Fax 937 473 628  
[berg@bergsl.com](mailto:berg@bergsl.com)

**Artículos para inyectado:**

- Granulos lubricantes para pistón
- Desmoldeantes
- Pistones de acero de larga duración
- Evacuadores de aire para moldes (Chill-Vent)

**Artículos para fundición:**

- Cazos, potes, escoriadores, lingoteras, tenazas
- Evacuadores de aire para coquillas
- Aditivos de arena
- Arena preparada Petrobond.
- Reparación de piezas e impregnación (Dichtol)
- Recuperadora de aluminio de las escorias

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

**CATÁLOGO DE ARTÍCULOS Y PRODUCTOS PARA FUNDICIÓN**  
**BERG S.L.**  
 Nuevo catálogo digital  
<http://tinyurl.com/bergsl>



**HA**  
**ILARDUYA**

**Foundry Inside**  
 Soluciones Globales para la industria de la Fundición.

[HA-ILARDUYA.COM](http://HA-ILARDUYA.COM)  
 Tel: +34 946 730 858  
[info@ha-ilarduya.com](mailto:info@ha-ilarduya.com)



**Thermo SCIENTIFIC**  
 A Thermo Fisher Scientific Brand

**Espectrómetros OES para Análisis de Metales**  
 ARL iSpark, ARL SMS-2500, ARL 3460 y ARL 4460

**Thermo Fisher Scientific España**  
 Valportillo Primera, No. 22, 28108 Alcobendas, Madrid - Tel. +34 914 845 965  
[analyze.es@thermofisher.com](mailto:analyze.es@thermofisher.com) - [www.thermoscientific.com/oes](http://www.thermoscientific.com/oes)



## INDICE de ANUNCIANTES

ABRASIVOS Y MAQUINARIA .....	56	HEA .....	54
ACEMSA .....	56	HORNOS DEL VALLÉS .....	54
ACRO .....	55	IMF DIECASTING .....	55
ALEASTUR .....	57	INSERTEC .....	54
ALJU .....	56	INTERBIL .....	56
ALTAIR .....	CONTRAPORTADA	IRTEC .....	17
ASK CHEMICALS .....	Interior PORTADA	KROWN .....	57
BAUTERMIC .....	53	LABECAST .....	54
BERG .....	57	M. IGLESIAS .....	56
CHEM TREND .....	53	MAR CASTING .....	54
DEGUISA .....	57	METALMADRID .....	13
DITTA MUSTO .....	21	METALTERMICA GAI .....	54
EMBALAJES BERCALSA .....	27	MODELOS VIAL .....	19
ERVIN AMASTEEL .....	23	NÜREMBERG FIRAL .....	ENCARTE
EURO-EQUIP .....	56	OMEGA .....	25
EUROGUSS .....	7	QUAKER HOUGHTON .....	5
EXPOQUIMIA .....	15	REVISTAS TÉCNICAS .....	Interior CONTRAPORTADA
F.E.A.F. ....	9	RÖSLER .....	57
FELEMAMG .....	55	SIMULACIONES Y PROYECTOS .....	54
FOSECO .....	PORTADA	SPECTRO .....	56
FUNDIGEX .....	11	TECRESA .....	55
GRANALLATECNIC .....	55	THERMO SCIENTIFIC .....	57
HA .....	57	WHEELABRATOR .....	55



## Próximo número

### NOVIEMBRE

Nº Especial PROVEEDORES. Granalladoras y granallas. Shot Peening. Laboratorio. Calidad. Metrología. Microscopía. Espectrómetros. Dispositivos ópticos. Moldeo. Arenas. Equipos e instrumentos de medición y control. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores.



# SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL



**PEDECA** *Press* Publicaciones  
S O M O S   S U   M E D I O

C/ Goya, 20. 1º. • 28001 MADRID • Telf.: 91 781 77 76 • [pedeca@pedeca.es](mailto:pedeca@pedeca.es) • [www.pedeca.es](http://www.pedeca.es)





# Altair

SIMULATION-DRIVEN INNOVATION™

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



## El futuro de la Simulación en la Fundición y Fabricación Aditiva a tu alcance

Innova y crear piezas con Altair Inspire Cast

# Ven a conocernos a MetalMadrid 2019

27 y 28 de Noviembre

Concierta tu cita con nosotros en [web.altair.com/metalmadrid2019](http://web.altair.com/metalmadrid2019)

Altair Spain

Avenida de la Institución Libre de Enseñanza, 43 - 28037 Madrid.  
[www.altair.com](http://www.altair.com) Tfno: +34 910 81 00 [sales-spain@altair.com](mailto:sales-spain@altair.com)