

EL FUNDIDOR

Única revista de información especializada en el sector

N° 141 | ABRIL 2026

Riesgo de incidentes:
control, causas y
propiedades básicas

ALUMINIO LÍQUIDO Y LA PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES

PÁG. 08

**EROSIÓN PATA DE ELEFANTE:
CAUSAS Y SOLUCIONES**

Los metales y sus técnicas

PÁG. 18

**NORBERTO D. RIVERO
DE FUNDICIÓN TITANIA**

Historia viva de la fundición

PÁG. 22

ARENAS DE MOLDEO EN VERDE

Los metales y sus técnicas



CIFRA
FUNDIDORES
ARGENTINA



MEDEMET®

IDEAS Y PROYECTOS GENUINOS

SIEMPRE **UNA PROPUESTA MÁS**



- **Administración y Ventas:**

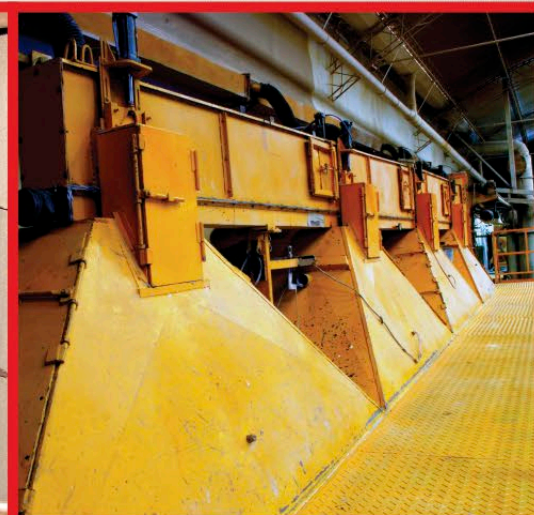
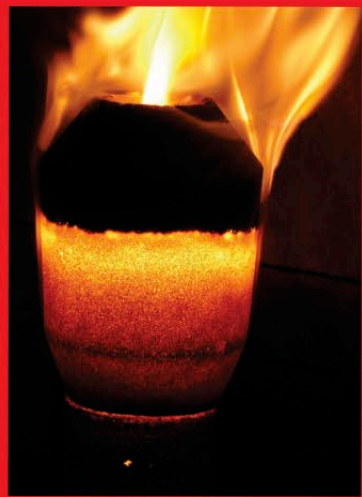
Lamadrid 1246 (1653)
Villa Ballester, Argentina
Tel: 54 11 4849 - 0222
medemet@medemet.com.ar
www.medemet.com.ar

- **Plantas de Distribucion:**

Buenos Aires: Concejal Natalio Querido 1920
Florida Oeste

Córdoba: Bv. de los Irlandeses 6225
Barrio Los Boulevares - Ciudad de Córdoba

Santa Fe: Juan Domingo Perón 611
km 178 Ruta 178 - Las Parejas



El Fundidor - Edición N° 141

Propiedad de la Cámara de Industriales Fundidores de la República Argentina (CIFRA)
Alsina 1609 3er. Piso - (1088) Buenos Aires, Argentina

Teléfonos:

0810 345 9060 Int. 2152
+54 11 4966 9868
+54 11 5219 4150

E-mail: fundidores@cifra.org.ar

Instagram: @cifrafundidores

Facebook: CIFRA - Cámara Industriales Fundidores de la República Argentina

LinkedIn: Cámara Industriales Fundidores de la República Argentina

CETEF:

Romero, Alberto Daniel (Presidente)
Di Stanislao, Domingo (Vicepresidente)

Comisión Directiva:

Presidente

Gaspari, Pablo

Vicepresidente 1°

Sforzini, Enzo

Vicepresidente 2°

Manavella, Hugo Pedro Miguel

Secretario General

Capisano, Carlos Eugenio

Pro-Secretario

Cresta, Santiago

Tesorero

Bendersky, Alejo

Pro-Tesorero

Meneghetti, Marcos

Secretaria de Actas

Manavella, Analía

Sec. de Relac. Gremiales

Aragón, Fernando

Sec. de Relac. Institucionales

Rivero, Norberto Isidro A.

Gerente

Bernocco, Martín

Órgano de fiscalización

Paolini, Walter

Onaha, Alberto

Consejeros Titulares

Carneiro, Miguel Ángel

Conesa, Marcelo José

Di Stanislao, Domingo

Morchio, Carlos Alberto

Piccioni, Nicolás

Porreca, Marcelo Javier

Rizzotto, Mauricio Javier

Consejeros Suplentes

Chinellato, Luciano Roque

Dominguez, Ignacio Oscar

Ottone, Pablo Jorge

Romero, Alberto Daniel

Souto, Daniel

Producción editorial:

Antena Estudio

Coordinación general:

Lic. Natalia Mac Mahon

Dirección editorial:

Lic. Candelaria Pernas Rusconi

Diseño y diagramación:

Dg. Pablo Cairo

Espacios publicitarios:

Para la publicación de publicidades en la revista ponerse en contacto a través del e-mail o teléfonos de CIFRA

Propiedad intelectual y agradecimientos:

Las notas de autores nacionales son colaboraciones voluntarias y pueden ser reproducidas mencionando la fuente de origen. Agradecemos a los columnistas, funcionarios, profesores y fundidores que participaron en este número, aportando su experiencia, conocimiento y valiosa mirada sobre la Industria.

Los artículos, columnas, anuncios publicitarios, espacios de divulgación pagos y gratuitos, gacetillas de novedades, productos, servicios y empresas, publicados en la revista *El Fundidor*, no reflejan necesariamente la opinión de CIFRA y son responsabilidad exclusiva de sus autores y anunciantes, deslindando a la institución y a la revista de toda responsabilidad al respecto de sus repercusiones. Los textos e imágenes de novedades y notas de divulgación de técnicas, productos y servicios quedan son propiedad de la revista con lo cual para su reproducción debe ser citada.

SUMARIO

- 06 Editorial**
No perdamos el sueño
- 08 Los metales y sus técnicas**
Erosión "pata de elefante": causas y soluciones
Por David C. Williams & Ying H. Ko.
Traducción al español: José M. Bermúdez, MEDEMET
- 18 Historia viva de la fundición**
Norberto Rivero, el titán de Campana: innovación, oficio y una empresa familiar que construyó su lugar en la fundición nacional
- 22 Los metales y sus técnicas**
Arenas de moldeo en verde: una buena composición
Por el Ing. Jorge Hirschvogel
- 30 Análisis térmico en fundición de hierro: principios básicos, parte 1**
Por Beñat Bravo, AZTERLAN
- 36 Nota de tapa**
Riesgo de incidentes en el manejo del Aluminio líquido
Por el Ing. Alberto Forcato
- 42 Red Fundidora**
FUNDIGEX: una asociación con vocación internacional
Por Marina Giacopinelli, FUNDIGEX
- 46 Capacitación e industria**
Escuela Técnica N°33 "El Plumerillo": 75 años formando técnicos metalúrgicos
Un aniversario que une generaciones
- 50 Novedades INTI**
Qué son y para qué sirven los Ensayos No Destructivos (END)
Por el Ing. Jorge Ernesto Schneebeli
- 53 CIFRA en acción**
Innovación, articulación y proyección de la fundición argentina
CIFRA presente
- 54 Economía**
La industria frente a la lógica financiera
Por Enzo Sforzini
- 57 En todo lo que ves hay fundición**
Miniaturas Buby: los autos que corrían sobre baldosas
- 58 Novedades LEMIT**
Fundición de precisión o cera perdida
Por Jorge E. Grau y Ricardo W. Gregorutti
- 61 CIFRA en los medios argentinos**
La función en la agenda pública
- 62 Informe Coyuntural**
La industria en números
El informe mensual que realizamos con el aporte de los socios de CIFRA

26
AÑOS

**AL SERVICIO
DE LA INDUSTRIA**

METALPROD

CONSOLIDANDO CALIDAD Y SERVICIO

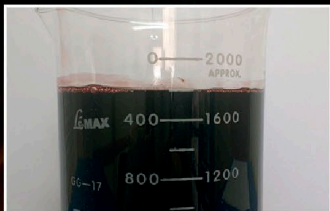
🔥 **ASESORAMIENTO TÉCNICO GRATUITO**

🔥 **BRINDAMOS UN SERVICIO DE EXCELENCIA
Y CALIDAD CERTIFICADA**

🔥 **ATENCIÓN DIRECTA A TODO EL PAÍS**

🔥 **ENTREGA INMEDIATA**

PRODUCTOS DE LA MAS ALTA CALIDAD



🔥 **RESINAS Y AGLUTINANTES**



🔥 **NODULIZANTES**



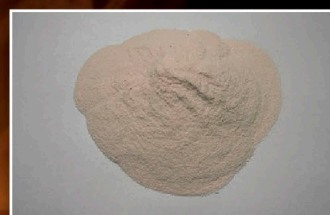
🔥 **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**



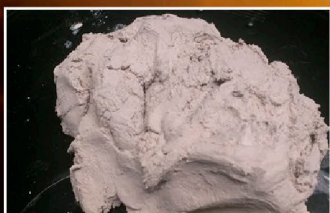
🔥 **FERROALEACIONES**



🔥 **INOCULANTES**



🔥 **FUNDENTES**



🔥 **PINTURAS**



🔥 **REFRACTARIOS**

📍 **Castañón 3549/51/53 - C.A.B.A**

☎ **Tel: 4919-8888/1871 - 4918-4806**

🌐 **www.metalprod.com.ar**

🔥 **REPRESENTANDO LAS MEJORES MARCAS**

calderys
REFRACTORY SOLUTIONS

GLOBE
METALES

QUIMASUR

NO PERDAMOS EL SUEÑO



**Pablo
Gaspari**

*Presidente de
CIFRA, socio
gerente de
Megafund
S.A.*

Es bien sabido que las pymes en la Argentina representan el 99 % del entramado productivo y generan más del 70 % del empleo formal. Su presencia es fundamental para la economía del país y constituye uno de los pilares sobre los que se sostiene la actividad productiva.

Dentro de ese universo, las pymes industriales cumplen un rol particularmente relevante. Son las que agregan valor y desarrollan conocimiento técnico, de aquí la expresión mencionada por el presidente de la UIA: “Sin industria no hay nación”. Desde nuestro sector podríamos agregar una frase que sintetiza el lugar que ocupa nuestra actividad dentro de ese entramado productivo: sin fundición no hay industria.

Las pymes fundidoras, como tantas otras industrias argentinas, enfrentan hoy diversos desafíos vinculados a factores externos a cada empresa.

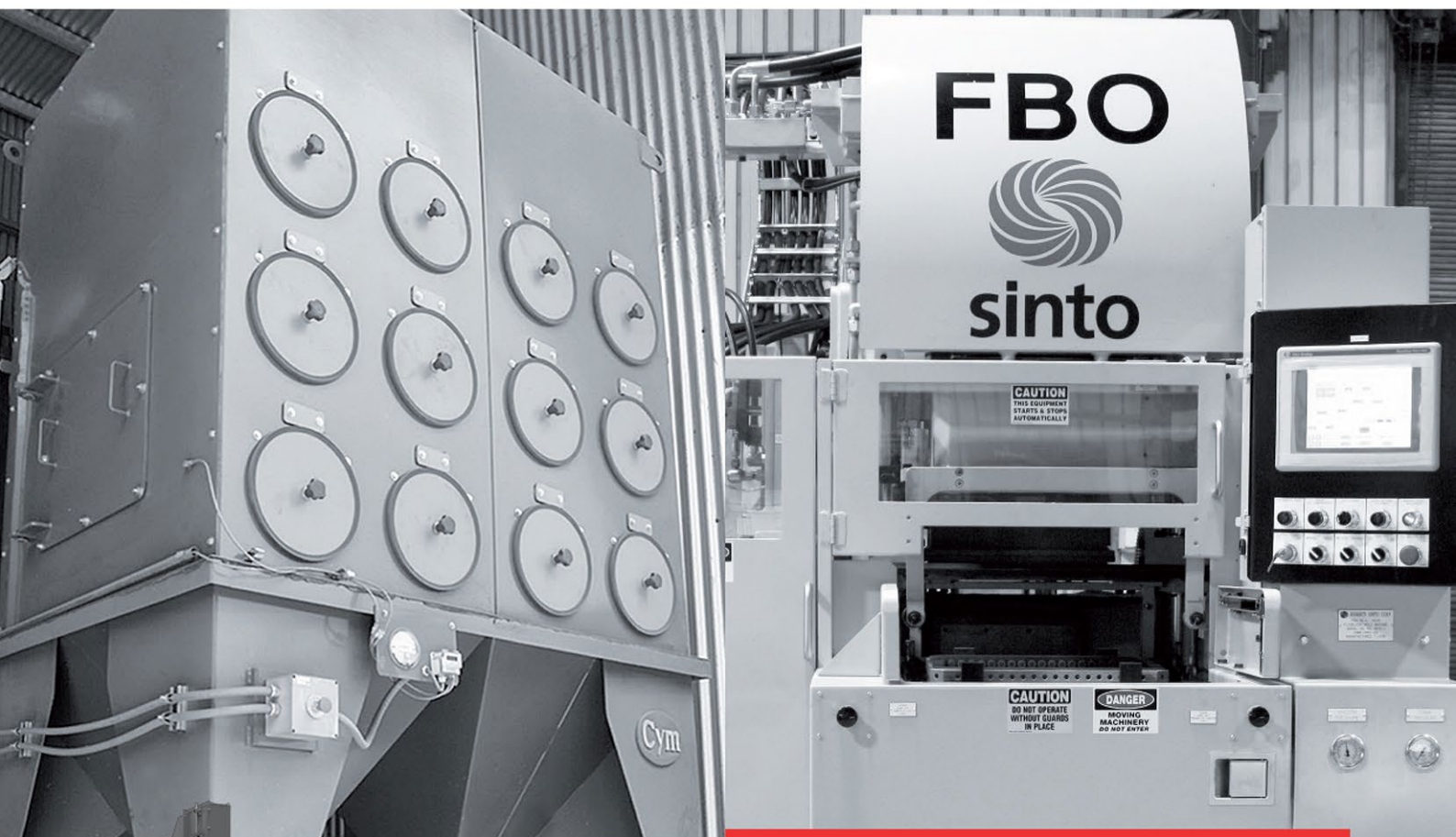
Sin embargo, es importante no perder de vista la mirada de largo plazo y reconocer que al fundidor promedio le cuesta mucho salir de la coyuntura y de las urgencias del día a día. Al mismo tiempo decimos con orgullo que la mayoría de las fundiciones argentinas tienen más de 40 años de historia. Cuántos gobiernos pasaron en ese tiempo y, sin embargo, continuamos produciendo y generando empleo.

Por eso los invito a hacer una reflexión: ¿cómo sería hoy nuestra empresa si hace algunos años hubiéramos dedicado tiempo no solo a resolver las urgencias del día a día, sino también a soñar qué fundición queríamos construir hacia adelante?

Yo no tengo ninguna duda de que estaríamos mucho más equipados, mejor organizados y con más capacidades. Por eso, a pesar de lo difícil de la situación actual, los invito a soñar, y recuerden que “para que un gran sueño se realice, primero hay que tener un gran sueño”. Hoy, en lo que sí podemos hacer por nuestras empresas es donde debemos poner el foco. Desde CIFRA trabajamos permanentemente para acercar a nuestros socios los avances tecnológicos, las herramientas de gestión y las experiencias que se desarrollan tanto en la Argentina como en el mundo. Creemos firmemente que el intercambio de conocimiento y la cooperación entre empresas son claves para fortalecer a nuestro sector.

Este número de *El Fundidor* reúne nuevamente un conjunto de miradas y análisis que reflejan los desafíos y transformaciones que atraviesa hoy nuestra industria. Van a encontrar las voces de especialistas y referentes que abordan distintas temáticas vinculadas con la técnica de los metales, la coyuntura económica, la seguridad en las fundiciones, novedades del sector y las alianzas entre la Argentina y el mundo, y nuestra construcción de archivo de historia viva de la fundición. Queremos agradecer especialmente a nuestros columnistas y colaboradores, cuyo conocimiento y compromiso enriquecen cada edición. También extendemos nuestro reconocimiento a los anunciantes y a todo el equipo que hace posible esta nueva entrega de *El Fundidor 141*, garantizando su continuidad como un espacio de encuentro, reflexión y divulgación para todo el sector.

CYM MATERIALES S.A.



SOLUCIONES INNOVADORAS

En **CYM** MATERIALES, proveemos equipos y recursos que se ajustan a las necesidades específicas de cada cliente, garantizando calidad, eficiencia y compromiso:

- Moldeadoras automáticas.
- Equipos de granallado de cinta, gancho, mesas o tambores rotativos.
- Sistemas de aspiración industrial.

Ofreciendo soluciones innovadoras, durante nuestros 60 años de experiencia.

WWW.CYM.COM.AR



Un fenómeno en hornos
de inducción sin núcleo

EROSIÓN

“PATA DE ELEFANTE”:

CAUSAS Y

SOLUCIONES

La llamada erosión de “pata de elefante” es una forma severa y localizada de desgaste refractario que afecta principalmente la zona inferior de hornos de inducción sin núcleo, especialmente durante la fusión de hierros base dúctiles. A partir de la experiencia de campo, este artículo analiza sus principales causas –desde la instalación y el sinterizado del revestimiento hasta la química de la carga y las condiciones operativas– y presenta recomendaciones prácticas para reducirla, controlarla e incluso eliminarla.

David C. Williams & Ying H. Ko

Traducción al español: José M. Bermúdez Allied Mineral Products www.alliedmineral.com



MEDEMET

La erosión de “pata de elefante” ha sido un problema que ha plagado las operaciones en plantas de fusión de metales operadas con hornos de inducción sin núcleo (*coreless*). Esta erosión es más pronunciada en la fusión de hierros base dúctiles. Este artículo explica en términos generales algunas de las causas y soluciones para la erosión de “pata de elefante”.

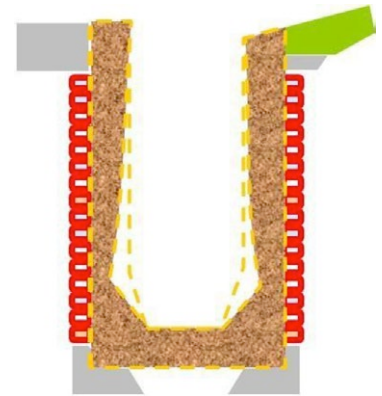
Qué es la erosión “pata de elefante”

La erosión de “pata de elefante” en refractarios de sílice representan la erosión localizada y rápida de la sección inferior de la pared o cono y del piso del revestimiento de un horno de inducción sin núcleo (*coreless*). Se ha observado comúnmente que cuando se funde hierro base dúctil en hornos *coreless*, pero también ocurre cuando se funden aleaciones de hierro gris y maleable. El desgaste inusual del revestimiento a menudo toma la apariencia de una pata de elefante. Desafortunadamente, la erosión ocurre dentro de la sección activa de la bobina lo que puede conducir a una erosión acelerada cuando el refractario saturado con metal se sobrecalienta inductivamente. Al considerar la ubicación de este proble-

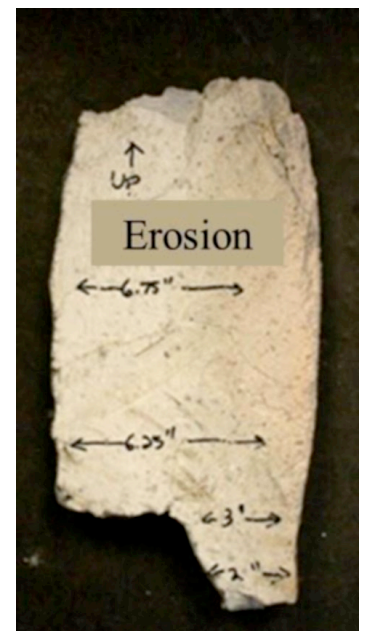
ma, la instalación del revestimiento en capas sueltas controladas se vuelve tedioso en el mejor de los casos y requiere un control cuidadoso. Con la cimbra en su sitio y de pie dentro del horno es difícil juzgar la cantidad de refractario suelto que se introduce en cada capa.

Este tipo de erosión también puede estar relacionada con la reacción química de varios materiales de carga con el refractario de sílice, el diseño del cono o pared baja de la cimbra, sobrecalentamiento excesivo del metal remanente en el horno y el cambio del gradiente térmico debido a componentes estructurales. El objetivo de este artículo es ofrecer una idea de este problema y tipo de erosión, y recomendar algunas soluciones para las fundiciones.

Como se ilustra en la Figura 1, la erosión de “pata de elefante” es una erosión refractaria severa en la pared inferior o cono y en el piso. Desafortunadamente, se observa que el resto del revestimiento refractario no parece afectado. Además, la mayoría de los fabricantes de refractarios recomiendan que cualquier revestimiento vibratorio seco en un horno de inducción sin núcleo se retire y reemplace cuando haya un desgaste general del 33 % (o un desgaste del 50 % en cualquier ubicación).



(a)



(b)

Figura 1

(a) Diagrama mostrando erosión de “pata de elefante” típica en horno *coreless*

(b) Muestra de revestimiento refractario con erosión de “pata de elefante”

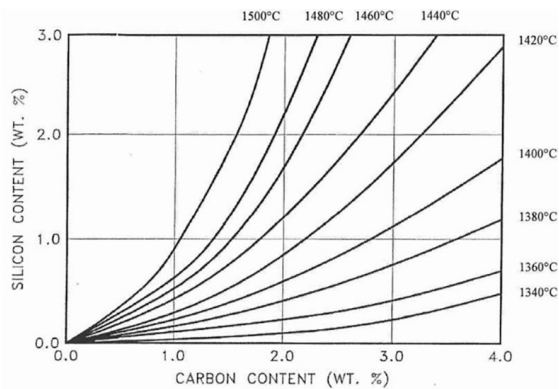


Figura 2
Curvas isotérmicas de equilibrio de la reducción de silicio (Si) por carbón (C)

Causas de la erosión de “pata de elefante”

Cuando se considera el problema por erosión de “pata de elefante”, primero deben revisarse las causas. Basados en la experiencia de campo, hemos encontrado varios aspectos de las causas que han contribuido a este tipo de erosión:

- ≈ La instalación del revestimiento de trabajo.
- ≈ La sinterización del revestimiento de trabajo.
- ≈ La reacción química de las cargas iniciales.
- ≈ El diseño de la sección cónica de la cimbra.
- ≈ El sobrecalentamiento excesivo e incontrolado del metal remanente (incluyendo puenteo de la carga).
- ≈ Alteración del gradiente térmico en pared baja y piso.
- ≈ Filtración y saturación de metal localizada.
- ≈ Presencia de metales no ferrosos en la carga.

Recomendaciones prácticas para la solución del problema

Instalación del revestimiento de trabajo: al revisar los procedimientos de instalación de un revestimiento seco apisonable para hornos *coreless*, el criterio básico es la instalación por capas sueltas controladas de refractario. Esto se hace extremadamente difícil en las capas iniciales

en la zona cónica de la cimbra y una vez que se ha ubicado en su lugar. Al tratar de agregar material a esta zona, es importante asegurarse que las capas de material suelto sean aproximadamente de 100 mm (4”).

Una vez agregada la capa de material suelto, se nivela para garantizar que tengamos 100 mm (4 pulgadas) alrededor de la cimbra. Luego se desairea con la herramienta correspondiente (*tridente*). Recientemente algunas fundiciones han descubierto que al disminuir la capa suelta a 50-75 mm (2-3 pulgadas) alrededor de la zona cónica de la cimbra es beneficioso.

Desafortunadamente, la ubicación del cono hace difícil el control de estos grosores, pero es necesaria para una instalación ideal.

Sinterizado del revestimiento de trabajo:

el propósito del sinterizado de cualquier revestimiento seco apisonable en un horno *coreless* es desarrollar la “cara caliente” cerámica óptima. Para refractarios de sílice, esto representa la presencia de la fase de cristobalita, y que es también la superficie de refractario en contacto con el metal líquido. La intención es desarrollar una cara caliente cerámica que tenga la mínima cantidad de saturación metálica. Como siempre recomiendan los fabricantes de refractarios, la sinterización de los refractarios requiere un control preciso de temperatura usando termopares tipo “K” con cables *chromel-alumel* dentro de la cimbra metálica, cuidando la selección de la carga/bloques de arranque utilizados para el calentamiento/sinterizado inicial y un control cuidadoso de la potencia inducida. Si cualquiera de estos aspectos se ignora, el área en el horno que

primero sufrirá las consecuencias será el piso y la pared en la sección cónica.

Reacción química de carga inicial:

al fundir hierro base dúctil, se produce una reacción acelerada entre el refractario de sílice y el metal fundido. Termodinámicamente, existe una relación de equilibrio de carbono y silicio en el hierro fundido a una temperatura dada, como se muestra en la Figura 2.

En el hierro base dúctil, la proporción de carbono a silicio se desvía mucho de la relación de equilibrio requerida. El hierro base dúctil fundido buscará la compensación de silicio reduciendo la sílice (SiO_2) en el refractario a silicio (Si), para satisfacer la relación requerida termodinámicamente. Esto puede causar una erosión más profunda de la “pata de elefante”, que puede abarcar toda la pared del revestimiento.

En muchas cargas ferrosas para hornos de inducción sin núcleo (*coreless*), una carga típica consiste en retornos de fundición, arrabio y acero al carbón. La secuencia de carga puede ser determinante para experimentar o prevenir el ataque químico temprano del refractario en la pared bajo o cono del revestimiento. Cuando se agrega acero al carbón al fondo del horno *coreless* vacío, es concebible que el metal fundido inicial tendrá niveles bajos de carbono y silicio. Esto hará que el metal fundido tenga mayores cantidades de óxido de hierro y óxido de manganeso. Ambos óxidos atacarán agresivamente el revestimiento de sílice (SiO_2) en el piso y la pared baja o cono. Las fórmulas (i) y (ii) muestran el ataque químico que sucede y genera saturación del revestimiento refractario de sílice, así como

el punto de fusión que permite erosionar más rápidamente el revestimiento saturado.



Punto de fusión: 1217o C

(2223o F)



Punto de fusión: 1345o C

(2453o F)

El arrabio es a menudo una parte integral de la carga de hierro gris. En el hierro gris de arrabio los niveles de carbono y silicio causarán mínima reacción con el revestimiento de hierro.

Al considerar arrabio con alto contenido de carbono y bajo contenido de silicio utilizado en cargas para hierro base dúctil, esta carga necesitará adquirir más silicio para satisfacer el estado de equilibrio carbono/silicio. Además, este tipo de arrabio es necesario para crear la química alta en carbono y baja en silicio para un baño/caldo de hierro base dúctil. Cuando se mezcla con retornos de fundición dúctil tratados, la agresividad de este arrabio disminuye.

Muchas fundiciones comienzan a cargar el horno vacío con arrabio o aceros con alto contenido de carbono y bajo en silicio. Cuando esto se hace, el metal líquido inicial en el fondo del horno tiene alto contenido de carbono y muy bajo contenido de silicio. Este metal fundido parcialmente ataca agresivamente el revestimiento de sílice, especialmente en el piso y el cono. Para evitar esto, una parte del retorno de fundición, metalúrgicamente balanceado con carbón y silicio, puede colocarse en el fondo antes de agregar el arrabio alto en carbón y el acero al carbón.

Diseño de parte cónica de la cimbra: el diseño de la sección cónica de la cim-

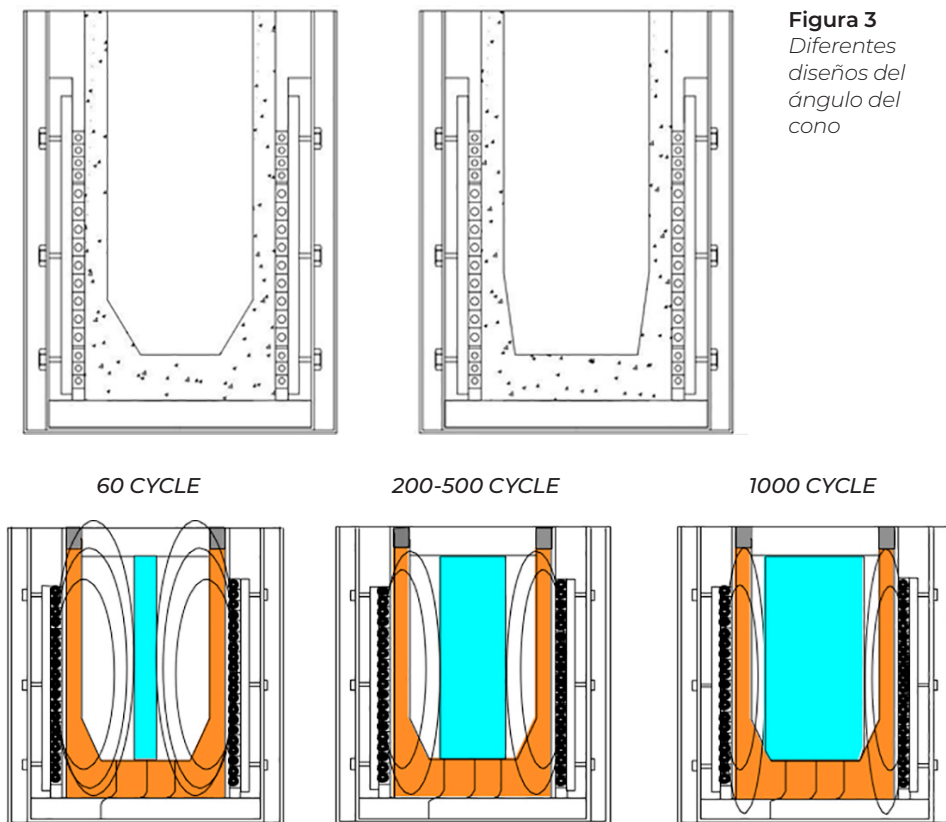


Figura 3
Diferentes diseños del ángulo del cono

bra puede contribuir significativamente a la densidad instalada del revestimiento refractario en la pared baja. Dependiendo de la geometría en la sección cónica, la instalación del refractario puede ser más difícil. La inclinación del ángulo del cono puede inhibir la técnica apropiada de desaireado directa/recta. La diferencia en diseños del ángulo del cono se ilustra en la Figura 3.

Si se usa el vibrado con Bosh, es difícil compactar el revestimiento en el área del cono de la pared baja. Cuando se considere vibración interna de la cimbra con el vibrador deseado o disponible, por ejemplo: vibrador neumático *Martin Brute*, vibrador de alta frecuencia *Vibrotor*, *Jolter/Rammer* de pistones neumáticos o EVS con vibrador eléctrico, es difícil esperar que el refractario durante la secuencia de vibrado fluya hacia abajo y alrededor de la zona del cono. A menudo el refractario es sometido a la fuerza de gravedad, y simple-

mente se compactará de forma vertical. Por esta razón, es común que se prefiera un ángulo de cono mínimo. Sin una densidad instalada óptima, el sinterizado puede generar una cara caliente menos densa y que es más propensa a la erosión.

Sobrecalentamiento excesivo de metal remanente en el horno:

en horno *coreless* de frecuencia de línea, la profundidad de penetración de la inducción crea un efecto de agitación vigorosa en toda la cavidad del horno, así como en el área del cono. Esta agitación es tan violenta que la erosión de "pata de elefante" es más profunda, incluyendo una porción significativa de la pared. Una comparación de los diferentes rangos de frecuencias para hornos de inducción sin núcleo se muestra en la Figura 4.

En un horno *coreless* de media o alta frecuencia, la agitación no es tan fuerte, aunque la capacidad de sobrecalentar inductivamente se inten-

Figura 4
Comparación de varias frecuencias y concentración de campos electromagnéticos

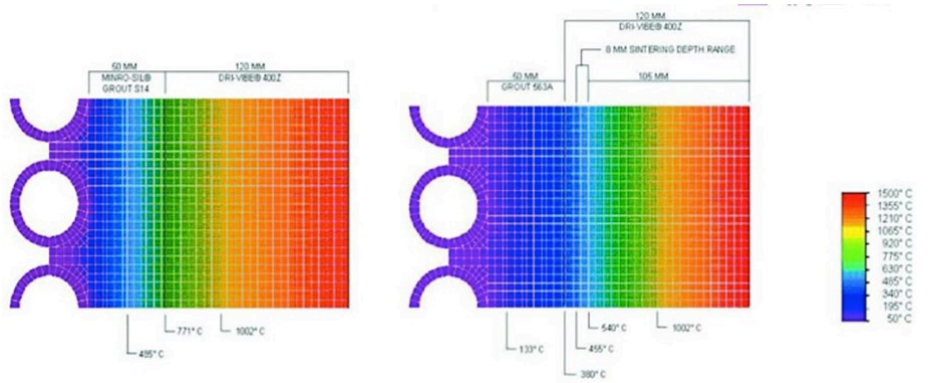


Figura 5
Comparación de análisis finito de perfiles térmicos en el grosor de una pared de un horno de inducción sin núcleo, ilustrando el efecto de enfriamiento por la bobina refrigerada por agua y la alteración en la configuración del respaldo al reducir la transferencia de calor

sifica por el incremento en potencia. Esta capacidad ha permitido a los fundidores a fundir más rápido, y les ha permitido usar el baño metálico completo (fusión por baches).

Sin embargo, si hay una interrupción de la secuencia de carga como una condición de puenteo, o si un remanente de baño metálico es dejado en el horno bajo una condición de alta potencia, la temperatura del baño metálico parcial puede incrementar dramáticamente, incluso hasta fundiendo el revestimiento. Esto usualmente sucede en el revestimiento de piso y el área del cono. Es necesario un control cuidadoso durante la operación de fusión, incluyendo medición de temperatura continua.

En general, cuando un horno se pone en una secuencia de espera y el horno permanece en alta potencia de fusión, el sobrecalentamiento del baño metálico sucederá. Con altas temperaturas y bajo tremenda agitación, la erosión será acelerada. El tipo y limpieza de la carga pueden ayudar a prevenir puenteos, así como la vigilancia cuidadosa durante la fusión.

Alteración del gradiente térmico de la pared baja y del piso

En cualquier horno de inducción sin núcleo (*coreless*), el efecto refrescante de la bo-



Figura 6
Ilustración de filtración metálica severa y subsiguiente saturación de metales localizada. Eventualmente esto conducirá a una severa condición de erosión

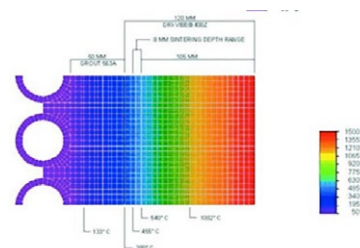


Figura 7
Perfil térmico por análisis finito del grosor de pared de un horno de inducción sin núcleo, que ilustra la ubicación de la temperatura de solidificación de zinc y plomo dentro de la sección transversal

bina de cobre refrigerada por agua crea un fuerte gradiente térmico a través de la pared. En la sección transversal de la pared en la Figura 5, se puede observar el efecto aislante del grout de sílice versus el grout de alúmina. También indicado esta la profundidad del sinterizado. Mientras que el gradiente térmico es menos fuerte, la profundidad de sinterizado es mayor. Esto también es cierto si representara metal o saturación de escoria. Una penetración más profunda

de metal o escoria puede esperarse cuando el efecto refrescante de la bobina refrigerada es reducido, por ejemplo, al usar un grout de sílice en vez de un grout de alúmina. Otro efecto de reducción de refrigeración lo puede dar el usar papel cerámico con mica o tela de fibra de vidrio como plano de deslizamiento.

Cuando se consideren refractarios apisonables secos de sílice en las paredes y en el cono, el grosor del revestimiento hace la diferencia de una penetración metálica o escoria mayor. Para combatir este problema es importante estudiar cuidadosamente las condiciones térmicas del cono, incluyendo la evaluación de cualquier tipo de refractario de soporte estructural detrás del revestimiento en la zona del cono. Un concreto refractario con contenido de alta alúmina debe resultar en mayor conductividad térmica, permitiendo el incremento de la refrigeración desde la bobina hacia el revestimiento de trabajo. Cuando se considere cualquier cambio en los refractarios estructurales, se recomienda ampliamente que se consulte al fabricante del horno, así como al fabricante del refractario antes de hacer cualquier cambio.

Filtración de metal y saturación localizada de metal
La filtración metálica en un horno *coreless* menudo es el resultado de una grieta en el refractario, formada por condiciones de choque térmico o impacto mecánico durante el cargado del horno. La filtración metálica en la sección transversal del revestimiento se calentará inductivamente y causará una penetración metálica en el refractario en un patrón localizado alrededor de la filtración. Esta pe-



S.A.

MEGAFUND

Excelencia en Fundición de Hierro

SOLUCIONES INDUSTRIALES DE ALTA CALIDAD.

Con más de 75 años de experiencia, ofrecemos:

- Fundición de Aceros y Hierro Nodular y Gris: Procesos avanzados para piezas duraderas y resistentes.
- Línea de moldeo semiautomática o piezas unitarias de hasta 8 Toneladas.
- Análisis Químico y Metalográfico: Equipos de última generación para garantizar la calidad de cada lote.
- Mecanizado de Precisión: Tecnología CNC para acabados exactos y cumplimiento de tolerancias estrictas.
- Desarrollo de modelos.
- Laboratorio metalográfico.

¿Por qué elegirnos?

- Cumplimiento de plazos y especificaciones técnicas.
- Compromiso con la calidad, la innovación y el medio ambiente.
- Atención personalizada y soluciones a medida.

Contáctanos

- Teléfono: (+54) 911 4495 - 0683
- Email: consultas@megafund.com.ar
- Sitio web: www.megafund.com.ar
- Dirección: Ruta 40 km 65. General Las Heras. Buenos Aires. Argentina.



netración metálica será más profunda en la sección cónica debido al gradiente térmico más reducido en el área. El gradiente térmico en el cono es afectado por el incremento del espesor del revestimiento, así como por cualquier componente estructural detrás del revestimiento, como se indica en la Figura 6.

En hornos de inducción sin núcleo de media frecuencia/alta potencia, esta alta saturación puede llevar a una fusión del refractario apisonable seco, causando una condición de erosión severa. Esta filtración metálica inicial puede ser aliviada adhiriéndose a procedimientos de enfriamiento y precalentamiento/arranque en frío conservadores.

Presencia de metales no ferrosos en la carga

La presencia de metales no ferrosos en la carga de hierro se está haciendo más común debido al incremento en el uso de chatarras alternativas como aceros galvanizados. Cualquier recubrimiento galvanizado tendrá una fina capa de zinc. Otros recubrimientos pueden contener una fina capa de estaño o puede estar recubierto con pintura a base de plomo. El punto de fusión de estos metales no ferrosos es drásticamente menor al punto de fusión de cualquier aleación de hierro.

Al considerar la profundidad de penetración de estos metales en las paredes o el cono del revestimiento apisonable seco (para fusión de cualquier aleación de hierro), podría filtrarse a través del grosor de la pared completa. Como ejemplo, consideremos el zinc con un punto de fusión 416o C (780° F) y tiene un bajo punto de vaporización de 927° C (1700° F). En el perfil térmico de la pared lateral (Figura 7),

se puede observar como el zinc dentro del hierro a fundir puede penetrar a través de la porosidad del revestimiento apisonable seco como un vapor hasta la isoterma de 927° C (1700o F).

En este punto de la sección transversal, el zinc pasa de gas a líquido, y continuará penetrando a través de la porosidad del refractario hasta la isoterma de 416° C (780° F). Una capa delgada de zinc metálico se solidificará de manera vertical y paralela a la superficie de la pared (*grout*) de la bobina.

Esta penetración temprana y severa del metal es difícil de prevenir, ya que estos metales con bajos puntos de fusión están ya filtrados profundamente dentro de la pared refractaria. En la sección cónica, donde el efecto de enfriamiento se reduce por el espesor de la pared refractaria, la profundidad de la filtración es peor. Cualquier penetración de metal no ferroso puede conducir a la penetración de metal de hierro. La mejor manera de minimizar esta filtración es reducir la cantidad de material de carga revestido con metales no ferrosos que se utiliza en el proceso.

5 claves: del diagnóstico a la solución

1- Cumplimiento estricto de los procedimientos adecuados de instalación y sinterización

A lo largo de los años se ha demostrado que las técnicas de instalación pueden ayudar a reducir la erosión de “pata de elefante” aumentando la densidad instalada, que permite que el refractario desarrolle una cara caliente aceptable con saturación metálica mínima.

2- Calidad de los materiales de carga y la secuencia de carga adecuada

Para minimizar la erosión de “pata de elefante” al fundir hierro base dúctil, la secuencia de carga debe modificarse. En vez de cargar acero al carbón, arrabio con alto contenido de carbón y/o grafito en la carga inicial con el horno coreless vacío, los retornos de hierro fundido y metalúrgicamente balanceado deben cargarse primero y promoviendo tener metal líquido sin deficiencia de silicio que ataquen químicamente al revestimiento. Acero al carbón o arrabio con alto contenido de carbón debe cargarse cuando se tenga alrededor del 50 % de la capacidad del horno. Cualquier carga restante debe consistir en retornos de hierro y adición de grafito.

Esta práctica reduce significativamente la erosión de “pata de elefante”. La potencia inicial se reduce al fundir primero retornos de hierro de proceso y metalúrgicamente balanceados, en lugar de la carga de aceros. La adición de grafito inicial no es requerida cuando los retornos de hierro de proceso y metalúrgicamente balanceado se usan como carga inicial. Además, la fusión de aceros al carbón genera más FeO y MnO, que son químicamente más agresivos al refractario de sílice.

3- Adición de zirconita al refractario de sílice

Recientemente, se ha probado que la erosión de “pata de elefante” puede ser reducida cuando se agrega zirconita al refractario de sílice. La zirconita funciona como agente antiadherente, reduce significativamente el ataque químico y la reacción del hierro líquido con el refractario de sílice.

4- Diseño cónico de la cimbra de horno de inducción sin núcleo (*coreless*)

El ángulo del cono en la cim-



Brignone & Asociados

EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL

www.BrignoneAsociados.com



Tecnología Lost Foam (espuma perdida)



Impresión 3D en arena, PMMA y otros



Software de simulación de fundición

STOKER CONCAST (P) LTD.

MANUFACTURERS OF : HORIZONTAL AND VERTICAL CONTINUOUS CASTING MACHINES FOR COPPER & COPPER BASED ALLOYS
AN ISO 9001-2000 CERTIFIED COMPANY

Equipos de colada continúa (no ferrosos)



Mezclado - Moldeo - Volteo - Soplado



World Equipment & Machine Sales Co.

Equipos usados garantizados



www.vsmartindia.com

Análisis térmico avanzado



Hornos y calentadores por inducción



ANALYTICAL INSTRUMENTS GROUP

Espectrómetros y difracción rayos X



Cuñas, martillos hidráulicos y desbarbado

+54 911 6184-8799

info@brignoneasociados.com

@BrignoneAsoc

[brignoneasociados](https://www.brignoneasociados.com)

TRAYECTORIA DE CALIDAD PARA SU CALIDAD

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS



TINTAS PENETRANTES
PARTICULAS MAGNETICAS
EQUIPOS Y CONSUMIBLES

RINDEN 3 VECES MÁS



QUE OTRAS MARCAS



DUROMETRIA

Venta, reparación y calibración de durometros



ESPECTROMETRIA



PORTATILES Y DE BANCO



GARANTIA Y SERVICE OFICIAL LOCAL



30 de Septiembre, (ex Warnes) 513 Témperey, Buenos Aires,
Argentina Tel: +54 11 4292-4767 WPP: +54 9 1165550780
Email: info@oshma.com.ar



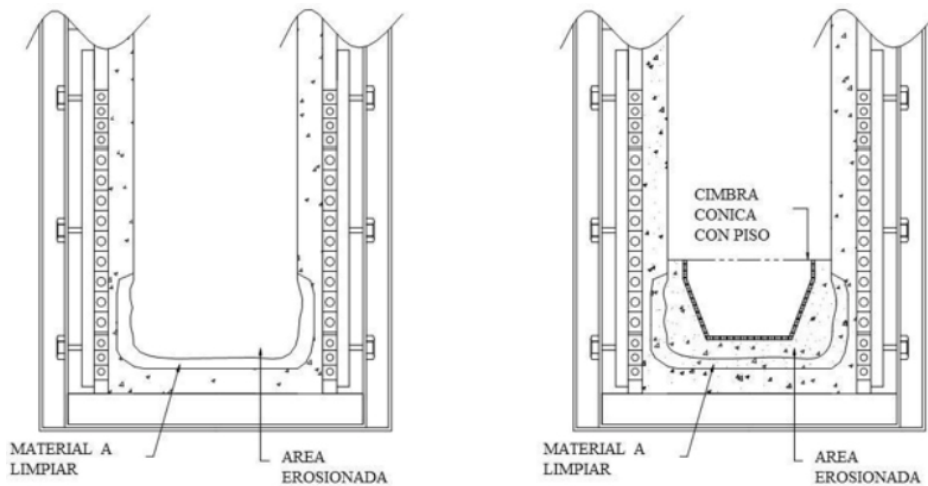


Figura 8
Área cónica desgastada, "pata de elefante", a ser reparada

bra puede imponer algunas dificultades en la instalación del refractario en el área del cono, y especialmente en hornos de gran capacidad. Se ha demostrado que es difícil lograr un bien desaireado completo y una vibración adecuada en la zona del cono. Se ha intentado con la modificación del ángulo del cono mejorar la instalación, pero poco se ha logrado. Para tener un mejor acceso al área cónica para la instalación, se debe ampliar el diámetro del piso. Esto reduce el ángulo cónico y hace que la sección cónica sea más accesible desde la parte superior del horno durante la instalación del revestimiento en esa zona.

5- Recuperación de paredes (*shave repair*)

Para extender la campaña del revestimiento en hornos, algunas fundiciones han recurrido a un procedimiento de recuperación de pared, *shave repair*, como práctica de mantenimiento. Como se ilustra en la Figura 8, el área de desgaste en la sección cónica se desmenuza para limpiar cualquier metal penetrado y escoria adherida al área,

logrando exponer la superficie de refractario semi-sinterizado limpio de respaldo. Debe limpiarse y prepararse con cuidado para prevenir que haya una avalancha del material en polvo detrás del refractario semi-sinterizado. Primero, se desairea y apisona el piso, en caso de que requiera reparación. Se debe apisonar el piso en exceso de 25 mm (1") de su medida normal para nivelarlo y lograr una superficie firme y apisonada sin segregación del refractario. Se coloca una cimbra con menos diámetro y más corta que la original, con altura por encima de la zona del cono, y se asegura con carga dentro de la cimbra. Se completa la instalación de las paredes rellenando, desaireando y apisonando con un vibrador Bosh. El sinterizado es similar al de un revestimiento nuevo, asegurando el sinterizado apropiado en el área. La cantidad de recuperaciones de pared, *shave repair*, puede ser limitada debido al costo total de la reparación en comparación con el beneficio de extender la campaña para cada revestimiento.

Conclusión general: puede reducirse y hasta eliminarse

La erosión de "pata de elefante" puede mejorarse. En primer lugar, se requiere una correcta instalación y sinterizado del revestimiento refractario del horno. En segundo lugar, la práctica de cargado debe ser mejorada para minimizar la cantidad de carga con bajo contenido de silicio en el fondo del horno. En tercer lugar, la adición de zircon o de sílice electrofundida al refractario base de sílice reduce la penetración del hierro líquido al mejorar las características de no mojabilidad del metal sobre el refractario de sílice. Para extender la vida útil de la campaña del horno, una recuperación de espesor/*shave repair*, puede utilizarse como práctica de mantenimiento.

El objetivo de este artículo es concientizar al personal de fundición de que la erosión de "pata de elefante" en el área cónica de un revestimiento de un horno de inducción sin núcleo puede reducirse, e incluso eliminarse, mediante la aplicación de controles durante la fusión de la carga y la secuencia de cargado, el control cuidadoso de la potencia cuando hay metal remanente en el horno por periodos de mantenimiento por atrasos en el proceso, así como mejorar el proceso de instalación y sinterizado confirmando procedimientos varias veces durante el año y que los encargados de la instalación no hayan cambiado los procedimientos recomendados por el fabricante.

REFERENCIAS

- > *Effect of Iron Slags on Refractories in Coreless Induction Furnaces*, Williams, D., *AFS Transactions*, Vol. 102, (1994), pág. 94.
- > *A Troubleshooting Guide to Silica Dry Ram Refractories*, Doza, D., *Modern Casting*, (Jun. 1995).
- > *The influence of Iron Oxide and Manganese Oxide on Refractories Used in Ferrous Induction Melting*, Williams, D., Ko, Y., and Green, T., *The American Foundrymen's Society's 100th Casting Congress*, Philadelphia, Pennsylvania, Apr. 21, 1999



FUNDICIÓN AL3 S.R.L.

- Trabajos en aluminio según normas
- Moldeo en tierra, arena y coquilla
- Shell moulding, lino cure y fenólica
- Piezas, bujes, barrotes, placas para moldeo
- Construcción de modelos según plano y matrices para coquilla
- Gran capacidad productiva
- Producción de piezas de gran escala
- Laboratorio metalográfico
- Profesionalismo a su servicio desde hace 51 años

📍 José Ignacio Rucci 1853 - Valentín Alsina - Bs. As. - Argentina

☎ 011 4208-2613 / 1530  www.fundicional3.com.ar

@ administracion@fundicional3.com.ar

📷 [fundicion_al3](https://www.instagram.com/fundicion_al3)



¡Sí, lo hicimos con IA!
ITASA ARGENTINA

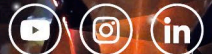
Somos líderes en **Fundición de Aceros y desarrollo de Proyectos End-to-End**




Escaneá el código QR
¡Conocé más!



www.acerositasa.com.ar



A portrait of an elderly man with white hair, wearing a dark grey tweed jacket over a light blue shirt. He is standing in front of a large window with a view of a building's interior. He has his arms crossed and a serious expression.

Trayectoria,
innovación y un
legado nacional

UN VERDADERO
TITAN
ARGENTINO

De un horno armado a mano hasta convertirse en referente internacional, la historia de Titania es la de un hombre que hizo de la innovación, la ética y la formación su sello profesional y familiar. Con 73 años, casi medio siglo en Campana, Provincia de Buenos Aires, y tres generaciones al frente, Norberto Rivero repasa sus hitos, desafíos y aprendizajes en el mundo de la fundición.

De una historia titánica nace la crónica de esta fundición argentina que, generación tras generación, construyó su legado a fuerza de innovación, trabajo y pasión. Desde los primeros hornos armados a mano hasta la consolidación en mercados internacionales, la empresa refleja el esfuerzo, la visión y el compromiso de una familia con la excelencia en cada pieza de acero que produce.

–¿Cómo comenzó su historia en la fundición?

–Mi padre y mi abuelo tenían una fundición en Avellaneda, en Pavón y Rivadavia. Fabricaban piezas para el ferrocarril desde antes del año 1950. Cuando mi abuelo decidió jubilarse, mi padre me planteó la idea de armar una nueva fundición juntos. Decidimos instalarnos en Campana dadas las condiciones beneficiosas que ofrecía.

–¿Qué recuerda del inicio de esa fundición?

–El primer horno lo hice yo con mis propias manos. Mi padre tenía un conocido técnico que le había hecho unos hornos en Avellaneda, lo rastreó, logramos encontrarlo en Mar del Plata y fuimos para ver cómo tenían que ser estos hornos. Él nos explicó todo, fui a comprar los materiales para hacer una maqueta y mostrársela. Armamos la primera maqueta de horno ahí mismo en Mar del Plata. Volvimos a Buenos Aires y con esa misma maqueta hicimos nuestro primer horno y empezamos a trabajar. Era un horno para 350 kg y a los dos meses ya le estábamos metiendo 700 kg. Todavía lo tenemos guardado, exhibido en la entrada de la empresa como recuerdo.

–¿Qué formación tenía us-

Norberto
Alejandrino
Rivero, y
Norberto
Donaldo
Rivero,
fundadores de
Titania S.R.L



FUNDICION
TITANIA

NORBERTO D. RIVERO S.A.

100
empleados

4
generaciones

5500
m² cubiertos

45
años
funcionando

300
toneladas
fundidas por
mes

ted para ese entonces?

–Yo me había recibido de Licenciado en Mecanización Agrícola. Todo lo que fue el montaje del galpón, las bases, lo hicimos nosotros junto con una empresa constructora. Yo mismo dirigí la obra. Hicimos también el puente grúa y después me ocupé de la instalación eléctrica de alta tensión. Todo ese trabajo después fue controlado por ESEBA –que después se convirtió en EDEN–. El técnico que vino a revisar toda la instalación de 33 kV, nos felicitó por cómo la habíamos resuelto de forma tan compacta.

–¿Diría que tiene un ADN innovador?

–A lo largo de los años trabajé muchísimo en innovación, en el desarrollo de materiales y nuevas aleaciones. Por ejemplo, logramos en los laminadores cambiar los ma-

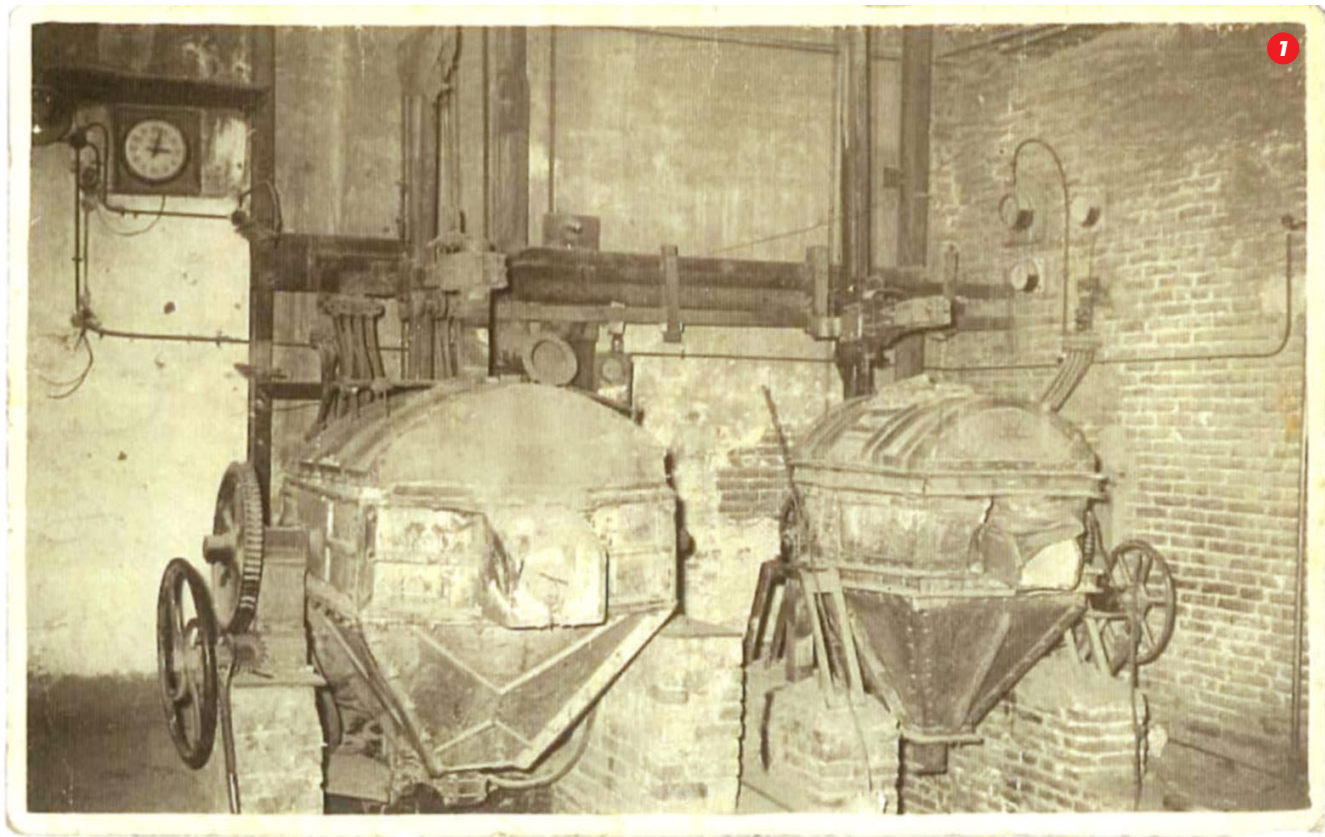
teriales para lograr un mayor rendimiento de las piezas: eso es lo que más le importa al cliente. Eso es parte de mi legado, y me enorgullece mucho. Luego lo continuó mi hermano Fernando, quien participó, asesorando y proponiendo nuevos materiales para lograr un mejor funcionamiento de los laminadores de nuestros clientes en toda América.

–¿Qué le enseñó la fundición luego de tantos años?

–La fundición me enseñó que uno tiene que estar muy atento a lo que el cliente necesita, ser muy ético y cuidarlo mucho, asesorarlo en la mejor opción precio/calidad. Aprendimos a buscar, ante todo, la excelencia.

–¿Cuál es su visión del futuro?

–En cuanto al futuro, siempre digo que hay que tener ganas de trabajar, estar con-



vencido de lo que uno quiere y seguir adelante contra viento y marea. El panorama de la fundición hoy en nuestro país es complejo: competimos con China, donde las reglas laborales e impositivas son muy distintas. El desafío siempre es mantener una buena calidad en un menor tiempo de realización, sino es muy difícil.

–¿Qué le recomendaría a los jóvenes de las futuras generaciones?

–A los jóvenes les diría que para trabajar en fundición es necesario que te guste la actividad, tener muchas ganas de trabajar, resolver problemas de forma creativa y también ser constante.

HITOS TITÁNICOS: UN RECORRIDO POR LA HISTORIA DE LA EMPRESA

El inicio y su visión

“En 1980 construimos una nueva planta moderna en

“
Siempre digo que hay que tener ganas de trabajar, estar convencido de lo que uno quiere y seguir adelante contra viento y marea

”

Campana. Con la clara visión de fabricar piezas complejas para todo tipo de industria, incluimos un laboratorio completo de análisis químico, físico, metalográfico y ensayos no destructivos”.

Yacyretá, piezas de 7 toneladas

“Al principio trabajamos para fabricantes de bombas, dragas y areneras de Campana, y también hicimos piezas ferroviarias. Un hito importante en nuestros comienzos fue fabricar grandes bisagras para la represa de Yacyretá. Cada pieza pesaba 7 toneladas, para nosotros era muchísimo. Esto fue a principios de los años 80.”

La era Peugeot

“De a poco nos fuimos especializando en nuevos aceros y en su momento tuvimos un primer contrato a largo plazo, con Peugeot. Hicimos una pieza chica en acero que nadie más quería fabricar y nos fue muy bien. Era

el soporte para el tren delantero del Peugeot 504, 505 y la Pickup. Después hicimos piezas más grandes, como el travesaño del tren delantero. Nuestra fortaleza era que teníamos muy bajo rechazo y retrabajo: 0,8 % frente al 50 % del otro proveedor. Eso nos permitió ser proveedores exclusivos durante muchos años, nos generaba mucho orgullo.

SEVEL y la era de profesionalización

“SEVEL (Ex Peugeot), Peugeot Francia, vino a auditarnos y a conocer nuestro proceso para poder exportar, gracias a esa auditoría pudimos profesionalizarnos incorporando controles estadísticos de: arena, materias primas, composición química del metal líquido, tratamientos térmicos, control dimensional, etc. A los ocho meses volvieron a auditarnos y ya teníamos todo implementado y correctamente funcionando. Fue una oportu-



1- Titania S.R.L. en Pavón y Rivadavia, Avellaneda
2- Exposición COLFUN: de izq. a der. Martina Rivero, Norberto D. Rivero, Norberto I.A. Rivero y el Ing. Crisis
3- Laboratorio Esectrométrico

tunidad enorme para crecer en ese aspecto. Esto sucedió en el año 1988. A partir de ahí continuamos muchos años exportando para Peugeot Francia”.

Techint y el mercado internacional

Entramos en el mercado de Estados Unidos, Europa (casi toda), Perú, Brasil, México y Canadá, a raíz de venderle a Tenaris Siderca. Incorporamos hornos de inducción, un muy buen laboratorio de calidad y fuimos haciendo piezas cada vez más complejas. Desarrollamos superaleaciones, siempre con foco en la innovación y en conjunto con el cliente para que sus piezas tengan mayor rendimiento. Actualmente, la gerencia de Titania está a cargo de la cuarta generación con Máximo Rivero, quién debió asimilar todos los procesos para lograr un conocimiento completo de la empresa, como todos lo hicimos en su momento.



“ Cuando nos instalamos en Campana no había personal capacitado en la industria de la fundición, esta no era una zona de fundiciones, entonces tuvimos la política de formar gente desde cero. Incluso muchos no tenían el secundario completo y lo terminaron mientras trabajaban. Tuvimos capacitaciones de nuestro personal con ingenieros especialistas en fundición



TITANIA DE CERCA

Titania fue fundada en 1979 por Norberto Donald Rivero y su hijo, Norberto Isidro, continuando una tradición familiar iniciada en 1939 con Fundición Titania S.R.L. en Avellaneda, dedicada a la fabricación de piezas para ferrocarriles. A partir de 1980 se instalaron en Campana, en una moderna planta dotada de tecnología y capacitación de todo el personal, con un claro compromiso en la calidad.

Con el objetivo de impulsar las exportaciones, en 1994 se sumaron a la dirección: Fernando Rivero y Omar Rivero, hijos de Norberto D.

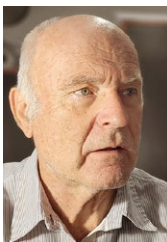
En 1995, concretaron la primera exportación a Estados Unidos y Titania se consolidó como especialista en aleaciones complejas y cilindros de laminación, con presencia en los mercados automotriz, siderúrgico, de bombas, válvulas y otras industrias.

La empresa certificó normas ISO 9001; ISO 14001 y OHSAS 18001. Hoy produce piezas para las industrias siderúrgica, de laminación, automotriz, ferroviaria, petrolera, minera y cementera. Titania cuenta con áreas de modelos, moldeo, fusión, tratamientos térmicos, terminación y mecanizado.

Sistema
arena-agua-bentonita

ARENAS DE MOLDEO EN VERDE: UNA BUENA COMPOSICIÓN

La arena de moldeo en verde es un elemento clave del proceso de fundición, presente en la mayoría de las fundiciones argentinas, cuya composición y control influyen directamente en la calidad final de las piezas. En esta nota se analizan sus componentes, su comportamiento durante la colada y las variables fundamentales para prevenir defectos y lograr resultados consistentes.



Ing. Jorge Hirschvogel

Profesor universitario de Metalurgia y gerente de Producto y Desarrollo en Fundición San Justo de Grupodema

Las arenas de moldeo en verde son uno de los pilares del proceso de fundición. Su correcta preparación y control no sólo determinan la eficiencia del moldeo, sino que influyen de manera directa en la calidad final de las piezas fundidas. A partir de una combinación precisa de materiales, procesos y variables físicas, estas arenas permiten obtener moldes confiables, versátiles y de bajo costo, capaces de adaptarse a una amplia variedad de geometrías y tamaños. En esta nota se analizan los

principios fundamentales de las arenas de moldeo en verde, su composición, su comportamiento durante el proceso de colada y los factores clave que deben considerarse para evitar defectos y asegurar resultados consistentes en fundición.

Arenas de moldeo en verde

Las arenas de moldeo en verde no son otra cosa que masas cerámicas de baja resistencia que, al ser preparadas con agua, pueden adquirir formas casi ilimitadas. Su principal ventaja radica en



el bajo costo de las materias primas, lo que se traduce en moldes y, en consecuencia, en piezas obtenidas a bajo costo de moldeo. Estas arenas se utilizan en fundiciones que emplean distintos métodos de conformado, como el moldeo manual, el prensado neumático, el vibroprensado, el moldeo por proyección, por vacío, por explosión, mediante impacto de aire, formimpres, así como el prensado hidráulico vertical u horizontal, entre otros.

Desde hace aproximadamente 8.500 años ya se fundían piezas de cobre; en cambio, para la obtención y fundición del hierro fue necesario esperar unos 6.000 años más, debido a que su extracción y su temperatura de fusión no podían alcanzarse con las tecnologías disponibles hasta entonces. Con esta misma arena de moldeo en verde es posible moldear piezas para fundir en hierro de dimensiones muy variadas, que van desde componentes de apenas algunos milímetros hasta piezas de gran porte, como la ilustrada, de 420.000 kilogramos con su sistema de alimentación completo.



Moldeo pieza de grandes dimensiones de 420.000 kilogramos con su sistema de alimentación completo



Soporte de martinete para forja de blindados de guerra, que se cuela durante 5 minutos y deja enfriar en el molde durante 7 semanas

Composición de las arenas de moldeo

Las arenas preparadas con arcillas están conformadas, generalmente, por entre un 80 y un 90 % de material granular (arena magra) y por hasta un 10 % de material ligante (bentonita), que adquiere plasticidad en presencia de agua y, por lo tanto, vuelve a la mezcla moldeable.

A esta masa de arena-arcilla-agua pueden incorporarse aditivos carbonosos, que actúan como mejoradores de la terminación superficial de la pieza fundida.

La bentonita como agente de liga

Arcilla de montmorillonita, producida en erupciones volcánicas y generalmente fragmentada de forma muy fina, que en presencia de agua posee la propiedad de hincharse, aumentando la distancia entre sus planos cristalinos e incorporando moléculas de agua. Este proceso da lugar a un fenómeno de ionización que genera fuerzas electrostáticas de atracción, las cuales, en conjunto, constituyen su poder de liga.

Principios de la liga

Una bentonita con 26 % de agua es considerada un sólido, debido a su elevada capacidad de absorción de agua. Esta particularidad es la que le permite mantener unidos los granos de la arena preparada, los cuales quedan revestidos por una cobertura del propio aglomerante.

El proceso de preparación

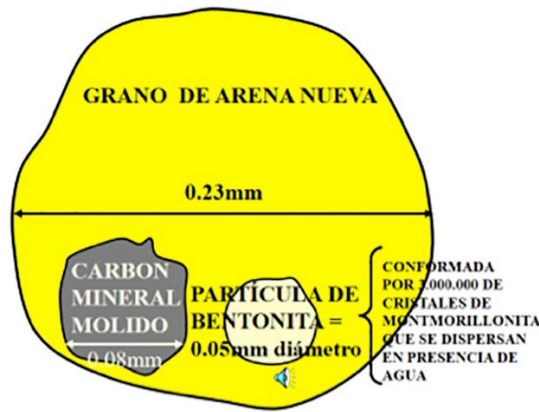
puede definirse de la siguiente manera: en una primera etapa, la bentonita se adhiere a la superficie humedecida de los granos de arena. Luego, absorbe agua, se dispersa y se distribuye de forma gradual sobre la superficie de cada grano.

Transcurrido un tiempo adecuado de mezclado, la bentonita recubre de manera homogénea la superficie de cada grano, tal como se observó en la diapositiva anterior. Las observaciones realizadas mediante microscopio electrónico confirman el modelo anteriormente descrito. La permeabilidad de la arena, mejora con el tiempo de mezclado, porque los granos sólidos iniciales de bentonita que tapan los poros dejados por la arena, se transforman en coberturas homogéneas que recubren a cada grano de arena. De ahí la importancia de la calidad y eficacia del molino como del tiempo de preparación de la mezcla.

En una arena bien preparada, sólo el 50 % de la superficie de los granos, tiene cobertura de bentonita para la liga.

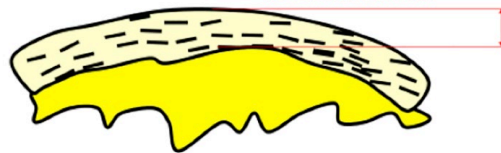
¿Cuánta bentonita se debe agregar?

A continuación se presenta un ejemplo real de la práctica. Consideremos un molde de 100 kg de arena con un contenido inicial de 12 % de bentonita, al que se incorpora un noyo de 10 kg sin bentonita. El peso del ramal es de



Composición de un grano de arena nueva

Esta cobertura con 8% de bentonita bien distribuida posee 3.5 micrones de espesor con 60 cristales montmorillonita = 750 Planos cristalinos



Arena bien preparada y distribuida



Evolución de la cobertura con bentonita de los granos de arena durante el mezclado

30 kg, y se estima una quema de bentonita equivalente al 5 % del peso del metal, lo que representa una pérdida de 1,5 % de bentonita.

Como resultado, la concentración de bentonita activa en la arena de retorno se reduce desde el 12 % inicial, descontando la quema por colada (1,5 %) y el efecto de dilución generado por el

noyo sin bentonita (1,1 %), hasta alcanzar un valor aproximado de 9,4 %. Para restituir el contenido original del 12 %, es necesario realizar un agregado adicional de 1,6 % de bentonita.

Si se aplica el mismo criterio a una pieza de menor peso –con un molde que contiene 12 % de bentonita, sin incorporación de noyos y con un ramal de 2,435 kg–, la quema de bentonita se reduce a apenas 0,12 %. Esto implica que, en el caso de la pieza de mayor tamaño, se requiere aproximadamente 21 veces más bentonita que en el caso de la pieza más liviana.

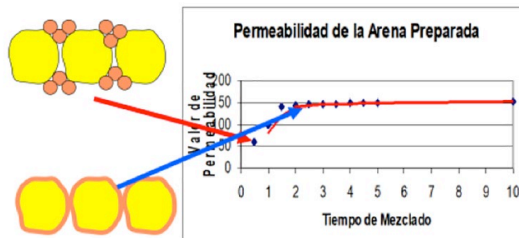
Oolitización o chamotización

¿Qué ocurre en la práctica cuando no se emplea arena nueva y se recicla arena ya utilizada en el proceso de colada, sin incorporar además arena proveniente de noyos? En contacto con el hierro líquido, la bentonita pierde las moléculas de agua interfacial (agua estructural) y, con ello, sus propiedades aglomerantes, transformándose en “bentonita muerta” o “fino”, un material inactivo que provoca una disminución de la permeabilidad de la arena preparada. Ya a partir de los 400 °C se reduce de manera significativa la capacidad de absorción de agua, conocida técnicamente como hinchabilidad. Por este motivo, luego de la colada de las piezas es nece-

sario reponer la cantidad de bentonita “quemada” para mantener las propiedades originales de la mezcla en el siguiente ciclo de moldeo. Sin embargo, además de esta pérdida de actividad, se produce un proceso de fritado o sinterizado de la bentonita muerta sobre la superficie de los granos de arena, conocido como oolitización o chamotización, que da lugar a la formación de capas concéntricas externas microporosas.

Consecuencias de una elevada oolitización (ocurre cuando no hay regeneración)

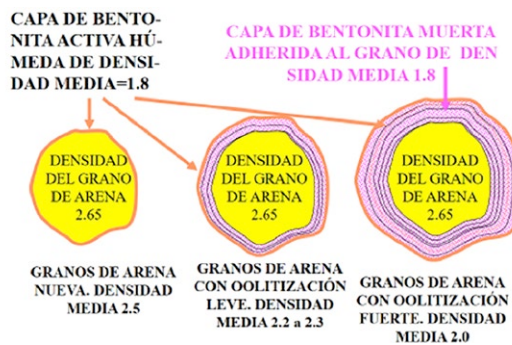
- ≈ La terminación superficial de las piezas empeora, debido a que el contacto metal molde, no se realiza sobre el grano de cuarzo (P.F. 1500 Gr), sino sobre una cobertura esponjosa, de baja refractoriedad (P.F. 1150 Gr).
- ≈ La arena requiere mayor cantidad de humedad para una misma compactabilidad, por absorción de agua en los poros de la capa chamotizada.
- ≈ Peligro de sinterización.
- ≈ Peligro de microexplosión.
- ≈ Sin embargo, una arena oolitizada, absorbe mejor la expansión térmica de los granos de cuarzo, por lo que minimiza los defectos de expansión del molde, como por ejemplo las colas de rata, muy características de las arenas nuevas (ejemplo en noyos



Representación de la permeabilidad de la arena preparada según el tiempo de mezclado



Esquema de molde con arena, noyo y ramal, utilizado para el cálculo de reposición de bentonita



Evolución del grano de arena desde estado nuevo hasta distintos niveles de oolitización y su impacto en la densidad

sin óxido de hierro o aserrín como amortiguador). ≈ Para combatir el efecto negativo de la oolitización es que se agrega arena nueva, ya sea como tal, o como noyos que se incorporan al circuito.

Para evitar la micro-explosión

- ≈ Distribuir homogénea-

mente el agua hacia los planos interfaciales en toda la bentonita para lograr la resistencia requerida (tarea del proceso de mezclado).

- ≈ Reducir la cantidad de bentonita, y si es necesario, emplear una de mayor calidad.
- ≈ Aumentar la regeneración de arena nueva, para diluir la proporción de bentonita quemada.

Resistencia de la arena, según la dispersión del agua

- ≈ Es conocido, que sin la presencia de agua, la bentonita no tiene poder de liga como se aprecia en el gráfico.
- ≈ Con demasiado agua, la bentonita toma un estado pastoso, lo que implica pérdida de resistencia de la arena preparada.
- ≈ El máximo de resistencia, se logra con valores que están en el medio de ambos casos.
- ≈ Si en una arena, no se homogeniza su contenido de agua, se tendrá que parte de la bentonita está demasiado humedecida, y parte demasiado seca, con lo que la resistencia máxima no se ha logrado.

Carbón mineral molido

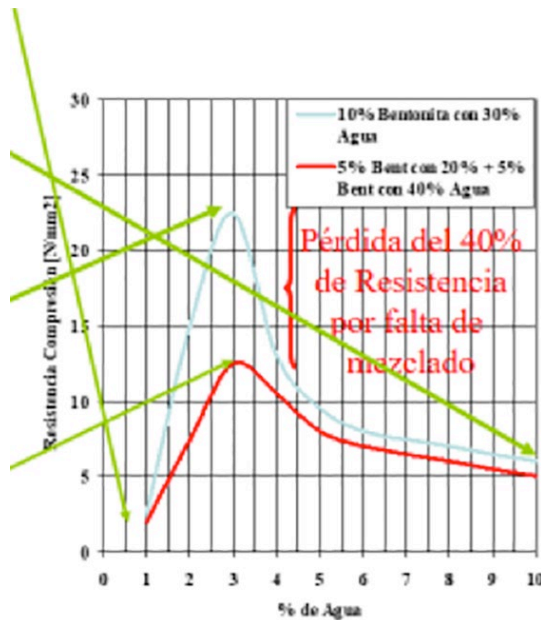
Este componente de las arenas de moldeo se agrega en diferentes granulometrías finas, que luego tienden a aglomerarse por coquificación. Al igual que

la oolitización, el agregado de carbón reduce la densidad de la mezcla y disminuye los problemas asociados a la expansión térmica del molde.

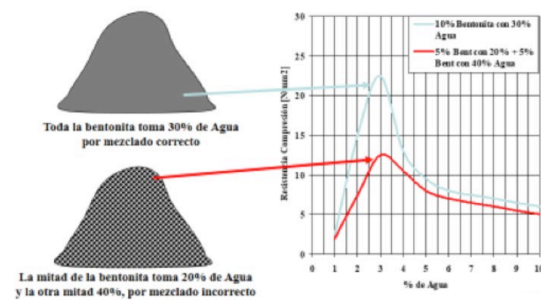
Los granos más finos se mezclan con la bentonita y, además, suelen encontrarse retenidos en las capas oolitizadas. En contacto con la temperatura del metal líquido, el carbón pierde sus componentes volátiles y se transforma; únicamente el carbón recientemente incorporado conserva su composición original.

Como consecuencia del quemado de los volátiles, se genera una atmósfera neutra dentro del molde, que evita reacciones de oxidación. Además, el carbón mineral molido se incorpora a la arena de moldeo para:

- ≈ Generar una atmósfera neutra que impide reacciones de oxidación y reduce las escorificaciones internas por reacción metal-molde;
- ≈ destilar carbón lustroso bajo la acción del calor del metal líquido, actuando como un protector refractario de las paredes del molde;
- ≈ aumentar la conductividad térmica de la arena, favoreciendo una disipación más rápida del calor del molde hacia el exterior;
- ≈ producir, a partir de los materiales volátiles, una contrapresión gaseosa que evita la penetración



Relación entre contenido de agua, mezclado y resistencia a la compresión de la arena con bentonita



Efecto del mezclado correcto e incorrecto en la absorción de agua de la bentonita y su impacto en la resistencia de la arena

del metal en los intersticios formados por los granos de la arena de moldeo.

¿Qué se requiere de una buena arena de moldeo?

Una arena de moldeo adecuada debe presentar las siguientes propiedades:

- ≈ Resistencia a la compresión, para soportar los transportes; a la tracción, para resistir el desmoldeo; y al corte, para tolerar los esfuerzos durante el soplado y el impacto del metal líquido.
- ≈ Refractoriedad, para no ablandarse ni fundirse a las temperaturas de trabajo.
- ≈ Fluidez, que permita una reproducción geométrica fiel del modelo en el molde.
- ≈ Permeabilidad, para facilitar la evacuación de los gases durante el llenado del molde en el colado.
- ≈ Estabilidad térmica, de modo que las dimensiones del molde no se alteren frente a variaciones de temperatura.
- ≈ Colapsabilidad, que favorezca la disgregación del molde una vez solidificada la pieza.

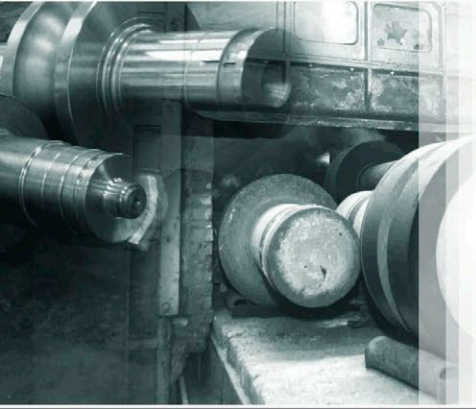
Relación entre resistencia y deformabilidad de la arena

El análisis conjunto de la resistencia al corte y la de-



FUNDICION
TITANIA

NORBERTO D. RIVERO S.A.



- . Superaleaciones y aceros especiales
- . Aleaciones a base de cromo, base níquel y base cobalto
- . Hierro nodular y aleteado
- . Piezas de hasta 15 toneladas, para todo tipo de industria y aplicación
- . Ingeniería en materiales
- . Desarrollo de aleaciones a medida

Ameghino 52 (2804) | Campana
Pcia. Buenos Aires | Argentina
Tel. 54 3489 422 733 y líneas rotativas
Fax 03489 424 008

titania@titania.com.ar
www.titania.com.ar



**Rumbo a los 80 años,
con compromiso,
innovación y calidad.**



Fundición Gatti S.R.L.
Hierro Gris y Nodular

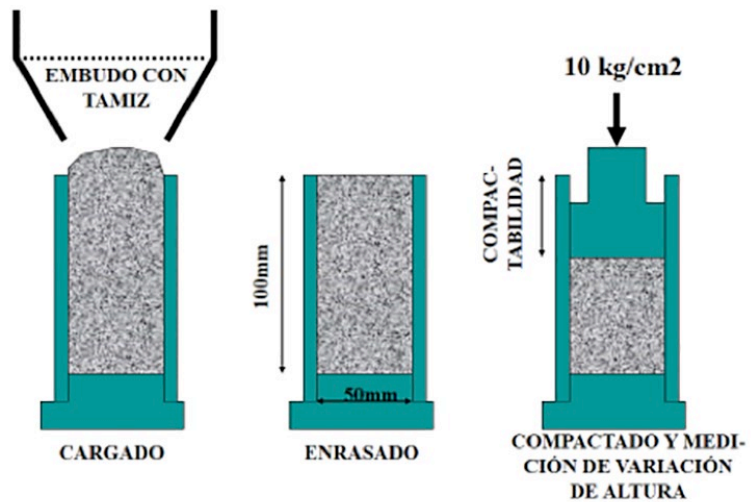
Gral. Saavedra 1341 - S3085 Pilar
Prov. de Santa Fe - Argentina
Tel. (03404) 470041
www.fundiciongatti.com.ar

formabilidad de la arena de moldeo permite diagnosticar con mayor precisión el origen de numerosos defectos en las piezas fundidas. Existe una zona de propiedades adecuadas en la que ambos parámetros se encuentran equilibrados, garantizando una correcta impresión del modelo, estabilidad del molde y buen comportamiento durante la colada.

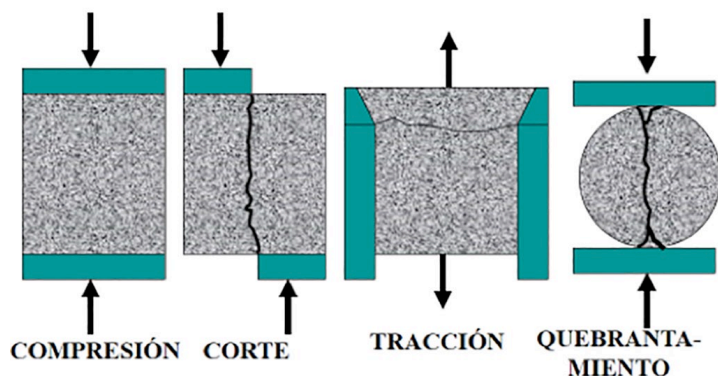
Cuando la arena presenta baja resistencia y baja deformabilidad, se producen roturas del molde durante la extracción del modelo, cantos arrancados e inclusiones de arena en la pieza. En el extremo opuesto, una resistencia excesiva combinada con escasa colapsabilidad favorece defectos de expansión del molde, como las denominadas colas de rata, además de variaciones dimensionales. Por su parte, una deformabilidad excesiva con baja resistencia se traduce en mala fluidez de la arena, deficiente definición de bordes del molde, variaciones importantes de dureza, hinchamiento y rechupe en las piezas, así como superficies rugosas y penetración del metal. El control simultáneo de ambos parámetros resulta, por lo tanto, fundamental para mantener la arena dentro de un rango operativo seguro.

Influencia del agua y la bentonita en la resistencia de la arena

La resistencia a la compresión de la arena de moldeo



Procedimiento de preparación y compactación de la probeta para la medición de resistencias de la arena de moldeo



Medición de las diferentes resistencias de las arenas de moldeo, con los accesorios normalizados respectivos

de la arena de moldeo depende directamente de la relación entre el contenido de agua y el porcentaje de bentonita. Para cada nivel de bentonita existe un rango óptimo de humedad en el que se alcanza la máxima resistencia, condición considerada ideal para el moldeo. Con bajo contenido de agua, la bentonita no desarrolla plenamente su poder de liga y la resistencia resulta insuficiente. A medida que

se incrementa la humedad, la resistencia aumenta hasta alcanzar un valor máximo. Sin embargo, un exceso de agua provoca una caída de la resistencia debido al comportamiento pastoso de la mezcla. De este modo, no solo es importante la cantidad de bentonita incorporada, sino también el ajuste fino del contenido de agua para lograr una relación equilibrada entre resistencia y deformabilidad.



HORNO DE CRISOL



Sistema de tapas innovador

Tapa superior reforzada con mecanismo de izaje y rotación para extracción del crisol con maneral de forma rápida y segura.

Tapa economizadora con apertura asistida y traba de seguridad. Diseñada para conservar el calor y maximizar la eficiencia durante la fusión y tiempos de espera.

Mirá el video



- TKN Hornos Industriales
- ventas@tkn.com.ar
- www.tkn.com.ar
- (54-11) 4699-4101
- +54-9-11-6879-9287
- [tnk_hornosindustriales](https://www.instagram.com/tnk_hornosindustriales)
- Naón 662 (B1752DQD) Lomas del Mirador, Buenos Aires, Argentina.

SERVICIO DE **MARKETING Y COMUNICACIÓN** PARA EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL

¿Qué ofrecemos desde **CIFRA**?:

- ✓ Diagnóstico
- ✓ Estrategia
- ✓ Contenidos
- ✓ Posicionamiento

Resultados:

- ✓ Más visibilidad
- ✓ Mejor posicionamiento
- ✓ Más oportunidades

Lo que NO se comunica NO SE VE.

Te contamos cómo mejorar el marketing y la comunicación de tu empresa.

[Solicita una reunión](#)



Principios básicos (PARTE 1)

ANÁLISIS TÉRMICO EN FUNDICIÓN DE HIERRO

Este artículo introduce los principios básicos del análisis térmico aplicado a la fundición de hierro, una técnica que permite interpretar el comportamiento del metal durante la solidificación y mejorar el control del proceso.



Beñat Bravo

*investigador
y responsable
de proyectos de
Tecnologías
de Fundición
de Hierro de
AZTERLAN*



AZTERLAN Centro Metalúrgico de Investigación (www.azterlan.es) desgranará a lo largo de una serie de 3 artículos los principios básicos de esta técnica ampliamente utilizada para el control del proceso de fundición. En este primer artículo se plantean los principios básicos de funcionamiento de la técnica, en un segundo artículo se desarrollarán las principales aplicaciones implementadas con éxito en fundiciones altamente competitivas, y en un último y tercer artículo, se mostrará una visión más moderna sobre el control en línea de la calidad de las piezas fabricadas mediante el acoplamiento de la tecnología del análisis térmico

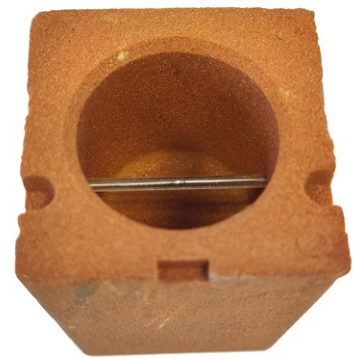


Figura 1. Ejemplo de taza de arena utilizada para registrar las curvas de enfriamiento

co y el proceso de simulación de los sistemas de llenado y alimentación.

Introducción al análisis térmico

El proceso de solidificación de un metal y su enfriamiento hasta alcanzar la temperatura ambiente genera transformaciones térmicas asociadas a la nucleación y crecimiento de las distintas fases presentes durante la solidificación que tienen efecto en la curva de enfriamiento.

El Análisis Térmico representa, mediante una curva, la evolución de la temperatura del metal respecto al tiempo transcurrido y resulta de gran utilidad para estudiar el comportamiento de este: la nucleación del grafito y su posterior crecimiento, la formación de carburos o temple inverso, la transformación de la austenita (γ) en una matriz totalmente ferrítica o, en una perlítica, entre otros.

Esta curva, que muestra la evolución del enfriamiento, se obtiene de manera habitual a través de la medida de la temperatura del metal en una taza de arena que contiene un termopar en el centro térmico (Figura 1).

El Análisis Térmico ofrece información valiosa que puede ser utilizada para controlar y mejorar la calidad y el rendimiento del proceso de fundición y de los productos fundidos.

AZTERLAN, en su afán por desarrollar herramientas útiles para mejorar la competitividad de la fundición, ha desarrollado la herramienta de análisis térmico Thermolan® (Figura 2).

Principios básicos del análisis térmico

El análisis del comportamiento del metal durante su proceso de solidificación se va a analizar considerando los dos procesos más relevantes: la transformación líquido-sólido y la transformación sólido-sólido. En ambas transformaciones suceden eventos que afectan a la curva de enfriamiento y que tienen reflejo en el análisis térmico que se hace de dicha curva.

Transformación líquido-sólido

El análisis térmico de la fundición de hierro se cimienta sobre el diagrama de fases Fe-C, el cual, a pesar de ser un diagrama teórico, ayuda a entender la base del análisis térmico.

Se denomina fundición de hierro a aquella aleación base hierro con un porcentaje de carbono entre 2,06 % y 6,67 % (el correspondiente al contenido de carbono disuelto en la cementita). Los aceros, en cambio, tienen un contenido de carbono inferior a 2,06 % (Figura 3).

Sin embargo, existen dos sistemas de solidificación para las fundiciones de hierro, el sistema estable y el sistema metaestable.

La diferencia entre ambos reside en que en el sistema estable el carbono presente en la aleación precipita formando una fase denominada grafito, que puede aparecer en forma de esferoides, vermicúlos o láminas dependiendo de la relación de Mg-S



Figura 2. Pantalla principal de un analizador térmico (en este caso, Thermolan®), donde se muestran datos relevantes parametrizados con este análisis

de la aleación. En el sistema metaestable todo el carbono precipita formando carburos de hierro (Fe₃C). Comparativamente, las fundiciones gráficas presentan mayor ductilidad y resistencia y menor dureza que las funciones carbúricas, proporcionando unas propiedades mecánicas muy interesantes para un amplio abanico de utilidades. En relación con el análisis térmico, estos dos sistemas se diferencian de forma clara a lo largo de la transformación líquido-sólido (temperatura eutéctica) (Figura 4). Los carburos de hierro requieren temperaturas ligeramente más bajas de transformación (1147 °C), mientras que los grafitos precipitan a temperaturas superiores (1153 °C). Las temperaturas eutécticas teóricas mostradas en el diagrama Fe-C difieren con las que se registran en la práctica, donde la diferencia entre ambas temperaturas se amplía gracias al efecto del silicio presente en la aleación de las fundiciones de hierro estándares (Figura 5). Por ello, en el diagrama Fe-C en las fundiciones de hierro se sustituye en el eje de ordenadas, el carbono por otro concepto relevante, que tra-

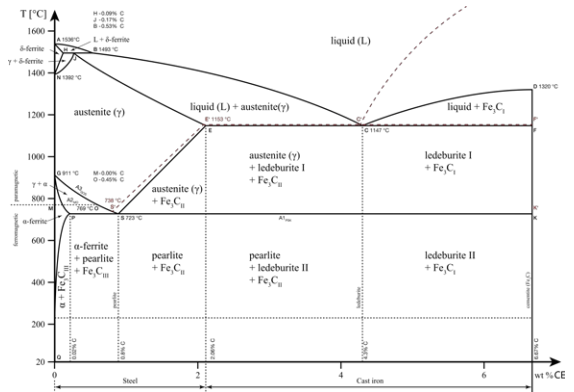


Figura 3: Diagrama de fases Fe-C (fuente: Wikimedia Commons)

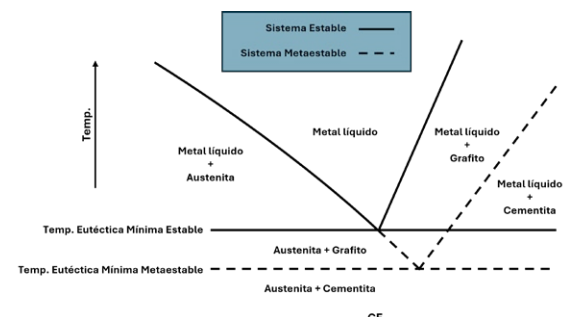


Figura 4: Zona eutéctica del diagrama Fe-C, diferenciando las temperaturas eutécticas del sistema estable y metaestable

ta de evaluar el efecto que tienen ciertos elementos de aleación, principalmente, el silicio, y en menor medida, el fósforo, sobre la traslación de la posición del eutéctico. Este concepto es el Carbono Equivalente (CE).

De manera simplificada, el CE de una aleación se calcula mediante la siguiente ecuación 1.

Ecuación 1:

$$\%C \text{ equivalente} = \%C + \frac{(\%Si)}{3} + \frac{(\%P)}{3}$$

La diferencia en la tempe-

ratura eutéctica en los dos sistemas de solidificación proporciona la primera pauta para diferenciar entre una fundición grafitica de una carbúrica.

Adicionalmente, tomando como base el diagrama de fases Fe-C (Figura 3) y la Ecuación 1, se observa que la forma de las curvas de solidificación registradas con sistemas de análisis térmico está directamente relacionada con el contenido de CE.

De esta manera, en función del valor de CE, la fundición de hierro puede clasificarse en: eutéctica, hipoeutéctica o hipereutéctica.

La composición eutéctica es aquella aleación con CE igual a 4,30 %. En esta aleación tanto la austenita (fase γ) como los carburos de hierro (o grafitos en el sistema estable) precipitan de manera simultánea una vez alcanzada la temperatura eutéctica.

En las composiciones hipoeutécticas (CE < 4,30 %), la austenita (fase γ) precipita cuando la temperatura de enfriamiento alcanza la temperatura de liquidus. A medida que precipita la austenita, el líquido remanente se enriquece de carbono hasta que alcanza la composición eutéctica y precipita todo el líquido de forma conjunta en γ y carburos de hierro (o grafitos).

Por último, en las composiciones hipereutécticas (CE > 4,30 %), inicialmente precipitan los carburos de hierro (o grafitos) a la temperatura de liquidus; y, a la temperatura eutéctica, austenita y carburos de forma conjunta.

Toda precipitación que se genera a lo largo de la solidificación y su posterior enfriamiento presenta un cambio de comportamiento en la curva en enfriamiento, por lo

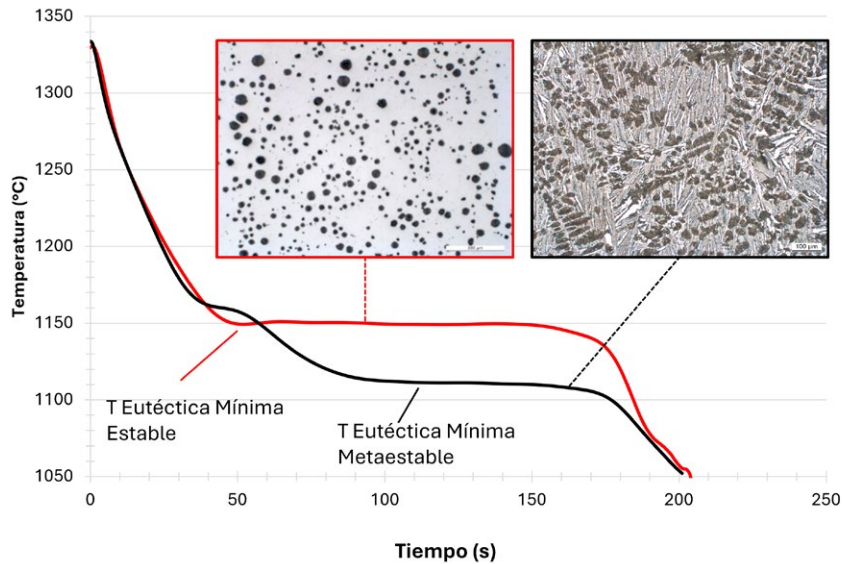


Figura 5. Ejemplo de curvas del sistema estable (roja) y metaestable (negra) para un contenido de Si igual a 2.18 %

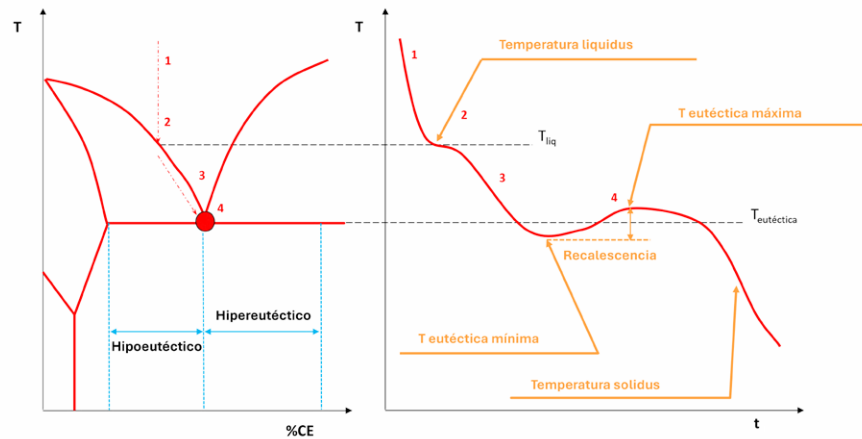


Figura 6. Representación de una curva de solidificación frente al diagrama Fe-C

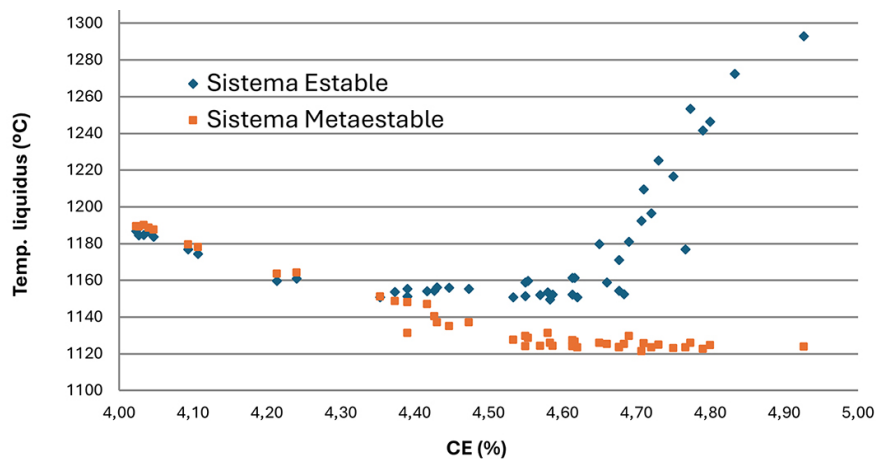


Figura 7. Representación gráfica de la temperatura de liquidus frente al CE, tanto para el sistema estable como para el metaestable analizada experimentalmente con Thermolan®

que tanto la temperatura de liquidus como la eutéctica son fácilmente identificables (Figura 6).

En la zona eutéctica se genera un subenfriamiento debido a la propia inercia termodinámica del metal. Este subenfriamiento provoca la aparición de una temperatura mínima eutéctica, seguida

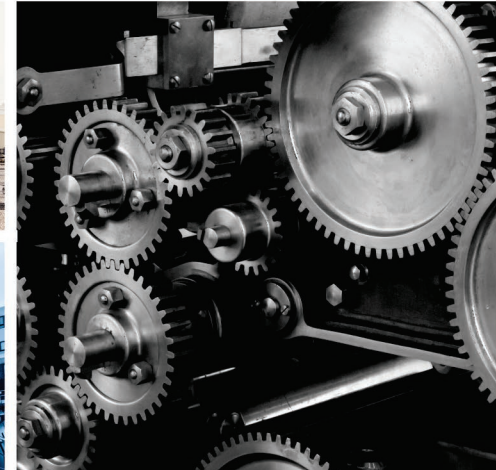
de una recalescencia, propiciada por la propia naturaleza de la precipitación grafitica (proceso exotérmico), describiendo un punto característico denominado temperatura eutéctica máxima.

Finalmente, a través de las derivadas de las curvas, se determina la temperatura de solidus, temperatura en

ACERIAS 4c

SÓLIDOS COMO EL ACERO

**Fundición de
aceros al carbono,
aceros inoxidable,
gris y nodular**



SEGUINOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES

 @acerias4c

 @acerias4c

 www.acerias4c.com.ar

FUNDICIONES DE ACEROS BRINELL

- Fabricamos piezas según plano
- Fundimos aceros al carbono, inoxidable, dúplex, refractarios, resistentes al desgaste y más, según normas!
- También puedes cotizar tu modelo con nosotros!



BRINELL S.R.L.

CONTÁCTANOS!

DIRECCIÓN

Pres. Quintana 7836, José León Suárez, Provincia de Buenos Aires

www.acerosbrinell.com

ADMINISTRACIÓN

Cel 11 6566-5977

facturacion@acerosbrinell.com
proveedores@acerosbrinell.com

FÁBRICA

produccion@acerosbrinell.com

VENTAS

Cel 11 6866-1665

ventas@acerosbrinell.com

la que toda la aleación se ha solidificado.

Seguindo la lógica que muestra el diagrama de fases Fe-C, se puede concluir que para composiciones hipoeutécticas, cuanto menor sea la temperatura de liquidus mayor será el CE de la fundición de hierro, por lo menos hasta la composición eutéctica (4,30 % de CE).

En composiciones hipereutécticas, en teoría, la temperatura de liquidus y el CE serán directamente proporcionales. Sin embargo, hablamos de "teoría" porque, desde el diagrama teórico a la práctica experimental se observan algunas diferencias importantes:

- ≈ Siguiendo el enfriamiento de un sistema metaestable, en la práctica no se describe ninguna ligera parada en la solidificación relativa a la temperatura de liquidus.
- ≈ Adicionalmente, para un sistema estable, se observa que el llamado punto eutéctico es un tramo relativo al CE, que va desde 4,30 % al 4,60 %.

Estos dos eventos se han reportado de manera experimental y se muestran en la Figura 7, donde aparecen graficadas las temperaturas de líquidus de dos metales enfriados siguiendo ambos sistemas (estable y metaestable).

Aparentemente, siguiendo lo que describe el diagrama de fases Fe-C, se podría interpretar que las temperaturas eutécticas mínimas son fijas para el sistema estable y metaestable. Pero, en realidad, hay diversos elementos químicos que interfieren en esta temperatura. En la siguiente imagen (Figura 8) se describe el efecto que tienen ciertos elementos, como el Si, Ni, Cu, Co, Al, Sr, Mn, P, Sn,

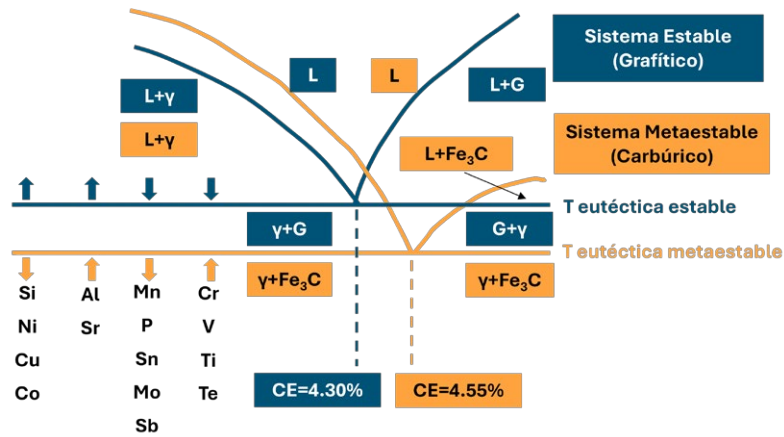


Figura 8. Efecto de diversos elementos químicos en la temperatura eutéctica mínima estable y metaestable

Ecuación 3:

$$CE = C + \frac{Si}{3} + \frac{P}{3} = C + \frac{f(T_{eutmetaest})}{3} + \frac{p}{3} \quad (T_{liquidus\ metaest.})$$

$$C = f(T_{liquidus\ metaest.}) - \left(\frac{f(T_{eutmetaest.})}{3} \right) - \frac{P}{3}$$

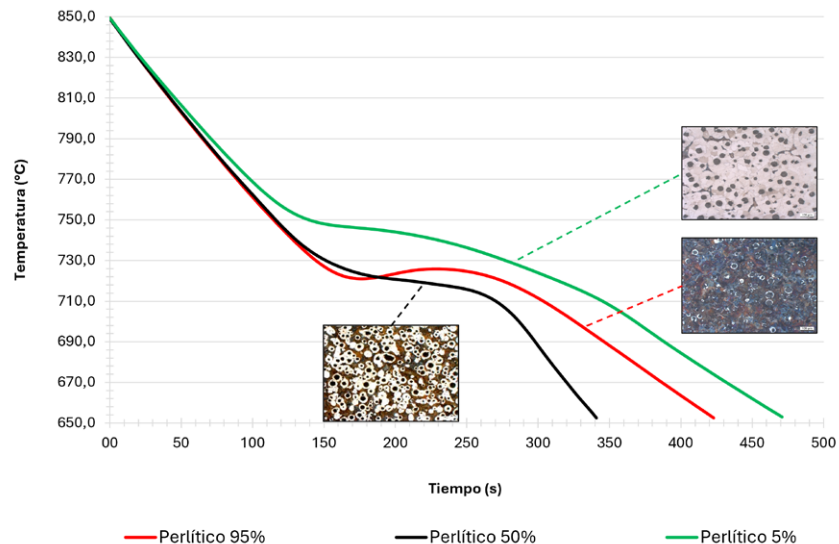


Figura 9. Curvas de enfriamiento de fundiciones no-nodulares totalmente perlíticas, ferríticas y una combinación de ambas

Sn, Mo, Sb, Cr, V, Ti y el Te en la temperatura eutéctica mínima estable y metaestable. El elemento que mayor influencia ejerce en la temperatura eutéctica mínima sobre todos los demás es el silicio. De ahí que el valor de la temperatura eutéctica mínima posibilita el cálculo del contenido de silicio de la fundición de hierro.

Ecuación 2:

$$Si = f(T_{eutmetaestable})$$

Esta ecuación es aplicable únicamente cuando se trata de un metal enfriado siguiendo el sistema metaestable, ya que la precipitación de los carburos de hierro no ge-

nera recalcancia y la curva no está afectada por ningún otro factor.

Por otra parte, y como se ha comentado anteriormente, la temperatura de liquidus está directamente relacionada con el contenido de CE del metal. Por tanto, partiendo de las ecuaciones 1 y 2 se puede concluir lo siguiente:

Ecuación 3: (ver aparte)

Esta Ecuación 3 sirve para calcular el contenido de carbono a partir de la curva registrada y es aplicable solo cuando el CE sea hipoeutéctico en el sistema metaestable (CE < 4,55 %). En valores superiores a este CE

esta fórmula no es aplicable ya que la forma de la curva a partir de este CE no varía, proporcionando temperaturas eutécticas mínimas y de liquidus similares, y por consiguiente carbono y silicio parecidos. Para estos CE más altos, AZTERLAN ha desarrollado y validado un sistema que combina una curva estable y otra metaestable para realizar este cálculo.

Transformación sólido-sólido

Como es bien sabido, una vez que el metal ha solidificado, la austenita, o hierro γ , sufre una reestructuración atómica en estado sólido. Esto es debido a que la austenita no es estable a temperatura ambiente, y a temperaturas inferiores a 725 °C sufre una transformación.

En composiciones estándar

de fundiciones nodular, vermicular y laminar, la austenita se transforma en ferrita y/o perlita (en procesos habituales de enfriamiento). Esta transformación se produce en la zona eutectoide, y de manera similar a como ocurre en la zona eutéctica, la curva de enfriamiento sufre cambios en su forma dependiendo del tipo de transformación que sufre el hierro γ (Figura 9). Esta transformación eutectoide es dependiente de la velocidad de enfriamiento, pero también de los elementos químicos disueltos en la aleación. De esta forma, cuanto más Cu, Mn, Sn y Cr (entre otros) tenga disuelto, más perlítica será la matriz metálica tras la transformación. En cambio, si la aleación es rica en Si, Ti, Al y Zn, se promueve una matriz ferrítica.

Por lo tanto, se puede deducir que a través del análisis térmico también es posible predecir el estado de la matriz metálica al final del enfriamiento.

Potencial de los sistemas de análisis térmico

Estas bases teóricas de funcionamiento de los sistemas de análisis térmico permiten intuir el potencial que ofrecen de cara a optimizar los procesos productivos de las fundiciones.

Con esta orientación, en una siguiente publicación abordaremos de manera práctica el uso del análisis térmico en fundiciones, incidiendo en el objetivo del aumento del control del metal en el proceso de fundición para mejorar su calidad metalúrgica y producir finalmente piezas sanas.

Mess®

Instrumentos de Medición y END

www.mess.com.ar



ESPECTOMETRÍA

DUROMETRÍA



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

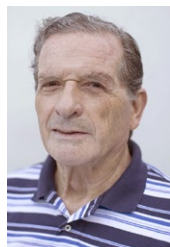


41 Años al servicio de su calidad, brindando soluciones a los requerimientos más exigentes de la industria

Causas,
prevención y
propiedades básicas

RIESGO DE INCIDENTES EN EL MANEJO DEL ALUMINIO LÍQUIDO

Las explosiones por contacto entre aluminio líquido, humedad o contaminantes son poco frecuentes pero potencialmente devastadoras. En esta nota, hacemos un análisis de los fenómenos que las originan y de los cuidados técnicos necesarios para evitarlas.



Ing. Alberto Forcato

Ingeniero Químico (UNLP) e Ingeniero en Administración de Empresas (UTN), especialista en tecnología del aluminio

En las fundiciones de aluminio, uno de los riesgos más graves es la explosión por contacto del aluminio líquido con agua u otros contaminantes. Aunque estos accidentes no son frecuentes, cuando ocurren pueden producir daños importantes en equipos e instalaciones, y lesiones graves al personal. Comprender por qué ocurren estas explosiones permite prevenirlas. En este artículo vamos a repasar varios conceptos físicos y químicos para entender los riesgos y cuidados necesarios para evitar accidentes por explosiones durante el proceso de fu-

sión, tratamiento de metal líquido y colada de lingotes o piezas. En los procesos de fundición, las explosiones pueden originarse por distintos factores, entre ellos la presencia de humedad, las reacciones entre el aluminio fundido y ciertos contaminantes, la ignición de gases o la inflamación de determinados polvos. La magnitud de estas explosiones es impredecible, por lo que la prevención resulta fundamental. Además, su iniciación suele ser extremadamente rápida –en menos de 0,5 milisegundos– y, en algunos casos, un choque mecánico puede actuar como disparador de la reacción.



Cuidados clave para evitar explosiones

En términos energéticos, 1 gramo de TNT libera 4200 J (Joule), una referencia que permite dimensionar la magnitud de la energía involucrada en ciertos fenómenos asociados al metal fundido, observando las energías liberadas en las ecuaciones químicas en el Recuadro 1. Por esto, las condiciones de operación y seguridad en fundición de aluminio requieren controles estrictos sobre los materiales, las superficies y los equipos utilizados.

Pisos con protección

En el caso de las instalaciones, los pisos de hormigón contienen cal hidratada, por

lo que deben estar pintados con recubrimientos orgánicos especiales. Este mismo criterio aplica a los fosos de hormigón utilizados para el enfriamiento de coladas semicontinuas verticales (barrotes o placas) y a los fosos ubicados debajo de los hornos con crisol, que cumplen la función de retener aluminio líquido ante una eventual rotura del crisol. Asimismo, todos los metales expuestos en los fosos deben protegerse para evitar su oxidación.

Eliminar humedad y moldes de yeso

En cuanto a los materiales de colada, no se pueden utilizar moldes de yeso para colar aluminio. También resulta

fundamental eliminar completamente la humedad de la carga sólida de aluminio y verificar exhaustivamente la ausencia de productos orgánicos en la misma. En particular, los lingotes que presentan rechupes de colada –especialmente en aleaciones eutécticas– pueden retener agua de condensación, lo que constituye un riesgo durante el proceso de fusión. Por este motivo, no se deben estibar lingotes o recortes a la intemperie si previamente no se elimina la humedad de manera eficiente antes de cargarlos en el horno de fusión. Cuando no se dispone de un horno de solera seca (que precalienta la carga), una torre fusora o un hor-

no de precalentamiento a $T > 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, se recomienda fundir en horno vacío para realizar un pie de baño, de modo que el sólido se caliente gradualmente y permita que el agua condensada se evapore.

Es importante señalar que apoyar lingotes en zonas calientes del horno no garantiza la evaporación de la humedad condensada en las fisuras de contracción de colado. Asimismo, los ladrillos refractarios del horno no deben contener humedad.

Herramientas calientes y libres de óxido

Desde el punto de vista operativo, todas las herramientas utilizadas por el fundidor deben estar calientes y libres de óxidos. Del mismo modo, los canales de trasvase, la caja de filtros, los moldes y la mesa de colada deben ser precalentados, no solo para asegurar la eliminación total de humedad, sino también para evitar que enfríen el metal líquido y generen fallas durante la colada.

En el tratamiento del aluminio líquido, los gases inertes utilizados para el desgasificado no deben contener humedad. Finalmente, se debe conocer la composición química de las sales (fluxes) utilizadas en el tratamiento del aluminio líquido, las cuales deben almacenarse en recipientes estancos y completamente exentos de humedad.

Ignición de la escoria

Aluminio líquido + su propia escoria (Al_2O_3)

Aquí aparece algo muy interesante y muy poco com-

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS BÁSICAS DEL ALUMINIO FUNDIDO

Alta Reactividad Química, implica liberación de alta energía. Si comparamos el Al con el Fe resulta interesante los resultados teniendo en cuenta la diferencia de temperaturas de fusión y colado consideradas:

ALUMINIO (Al)

- » Temperatura de fusión: **660 °C**
- » Capacidad calorífica sólido Cps: = **0,00090 kJ/g °C**
- » Calor latente de fusión CLf: = **0,397 kJ/g**
- » Capacidad calorífica líquido Cpl: = **0,00118 kJ/g °C**

Energía para llevar 1 g desde 25 °C hasta 750 °C (metal típico de colada)

- » Calentar sólido 25→660: $Q_1 = m \times Cps \times \Delta T = 1 \times 0,00090 \times (660-25) = 0,571 \text{ kJ/g}$
- » Fundir: $Q_2 = 0,397 \text{ kJ/g}$
- » Sobrecalentar líquido 660→750 °C: $Q_3 = 1 \times 0,00118 \times (750-660) = 0,106 \text{ kJ/g}$
- » Total $\approx 1,07 \text{ kJ/g}$

HIERRO (Fe)

- » Temperatura de fusión: **1538 °C**
- » Cps: = **0,00045 kJ/g °C**
- » CLf: = **0,247 kJ/g**
- » Cpl: = **0,00082 kJ/g °C**

Energía para calentar el Fe de 25 °C → 1600 °C

- » Calentar sólido: $Q_1 = 1 \times 0,00045 \times (1538-25) = 0,681 \text{ kJ/g}$
- » Fundir: $Q_2 = 0,247 \text{ kJ/g}$
- » Sobrecalentar: $Q_3 = 1 \times 0,00082 \times (1600-1538) = 0,051 \text{ kJ/g}$
- » Total $\approx 0,98 \text{ kJ/g}$

Además, el Al contiene

- » Una contracción del 8 a 10% por solidificación, lo que implica la formación de cavidades de contracción y quemaduras profundas.
- » Baja viscosidad, (alta fluidez), lo que implica baja presión para llenar fisuras, fugas, salpicaduras.

Comparativo en cSt (Viscosidad Cinemática = Viscosidad Dinámica dividida por la Densidad)

- » Agua (20 °C) → 1,0 cSt
- » Al líquido (700 °C) → 0,55 cSt
- » Baja Emisividad, visualmente no hay detección visual de superficies calientes salvo con temperaturas muy altas superiores a 700 grados Centígrados.
- » Emisividad del Al = 0,038 – 0,06
- » Emisividad del Fe = 0,14 – 0,38

Humedad y Reacciones Químicas con el Al líquido

No es simplemente "metal caliente que toca el agua": es un reductor químico extremadamente fuerte.

La reacción base es la siguiente: $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 + 17.000 \text{ Joule/gr de H}_2\text{O}$ (explosión física, el H_2O aumenta 1.700 veces de volumen, reacción termoquímica o termitica, temperatura mayor de 1000°C, ignición del H_2)

- » A mayor temperatura > velocidad de reacción y a mayor velocidad de reacción > temperatura
- » $2\text{Al} + 3/2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 31.000 \text{ Joule/gr de Al}$
- » $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe} + 16.000 \text{ Joule/gr de Al}$ (temperatura de 2.500/3.000°C)
- » $6\text{Al} + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{NH}_3 + \text{N}_2 + 17.000 \text{ Joule/gr de Al}$

Si hay cal hidratada o yeso

- » $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ explosión física
- » $3\text{CaO} + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Ca}$ vapor metálico inflamable
- » luego $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2$ ignición espontánea
- » $\text{Al} + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{SO}_2\uparrow$ (+S) deflagración, vapores tóxicos

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE LAS EXPLOSIONES POR DERRAME DE AGUA EN UNA COLADA SEMI CONTINUA VERTICAL

Tras graves accidentes ocurridos en 1949, ALCOA inició estudios experimentales para comprender las condiciones que generan explosiones por contacto entre aluminio líquido y agua, y establecer medidas preventivas, especialmente en coladas semicontinuas verticales. Se trata de uno de los primeros trabajos sistemáticos sobre el tema.

Se utilizó un recipiente de acero de 30 × 30 × 30 cm, limpio, seco y parcialmente lleno de agua. En cada ensayo se vertieron, de manera instantánea, 23 kg de aluminio líquido desde distintas alturas mediante un crisol con un orificio de 82 mm, registrándose el proceso con filmación de alta velocidad.

En la primera experiencia (40 cm), se produjo una explosión de intensidad media (fuerza 1). En la segunda (20 cm), la intensidad fue mayor (fuerza 2). En la tercera, con el recipiente recubierto de óxidos, cal y yeso, la explosión fue muy violenta (fuerza 3). En la cuarta, con recubrimiento bituminoso, no se produjo explosión: el agua se evaporó y el metal se solidificó.

A partir de estos y otros estudios, se concluye que la cantidad de aluminio no es determinante: pueden ocurrir explosiones con poco metal. Las caídas menores a 1,2 m pueden generarlas, mientras que, a 3 m, tienden a disiparse por la fragmentación del chorro. Diámetros de chorro menores a 50 mm reducen el riesgo, dependiendo de las temperaturas.

La temperatura del agua es un factor relevante: las explosiones son poco frecuentes por debajo de 32 °C, pero posibles hasta los 60 °C. También influye la profundidad de la pileta, con mayor riesgo entre 70 y 150 mm y con aluminio por encima de 670 °C.

Las superficies con óxidos o compuestos como la cal favorecen las explosiones, mientras que las grasas, los aceites y los recubrimientos orgánicos las inhiben.

El mecanismo probable consiste en agua atrapada bajo el aluminio líquido. Se forma una capa sólida superficial que encapsula el agua, la cual se sobrecalienta hasta generar vapor a alta presión. Cuando esta presión supera la resistencia del metal, ocurre una ruptura violenta que atomiza el aluminio y genera una combustión secundaria.

Los recubrimientos actuarían evitando el atrapamiento de agua, reduciendo así la probabilidad de explosión.

Características de los Recubrimientos Orgánicos

- ≈ Ya no se utilizan pinturas bituminosas de grasa y aceite
- ≈ Se puede buscar en internet proveedores de estos recubrimientos especiales.
- ≈ En coladas semicontinuas verticales, la fosa se recubre con revestimientos refractarios anti-mojado (anti-wetting refractory coatings).
- ≈ La configuración industrial típica para las grandes industrias es multicapa
 - o Preparación mecánica (granallado)
 - o Sellado cerámico aluminosilicato
 - o Capa zirconada (opcional)
 - o Capa superficial de Boron Nitride anti-wet
- ≈ Debe ser de secado rápido.
- ≈ Debe ser sencilla su aplicación sobre el pintado anterior.
- ≈ Debe permitir reparaciones parciales donde se ha dañado el recubrimiento.
- ≈ Hoy existen varias alternativas de pinturas, la búsqueda de proveedores es relativamente sencilla en internet.
- ≈ Las fosas de seguridad que se realizan debajo de los hornos de crisol para retener el metal líquido es caso de rotura deben estar recubiertos de estas pinturas.
- ≈ Todos los metales que tienen la fosa deben estar protegidos para evitar su oxidación en contacto con el agua por si hay derrames de Al.

CONTACTO

Ing. Alberto Forcato (+54 9 11 4045 7074) / forcatotecnologia@gmail.com / alberto.forcato@fuchs.com

prendido. La escoria contiene:

- ≈ Al metálico atrapado
- ≈ AlN (nitruro de aluminio) A ~700–900 °C el aluminio líquido reduce parcialmente al nitrógeno del aire:
 - ≈ $2Al(l) + N_2(g) \rightarrow 2AlN(s)$
 - ≈ $AlN(s) + 3H_2O(l) \rightarrow Al(OH)_3(s) + NH_3(g)$
- ≈ Al_4C_3 (carburo de aluminio), el C proviene de crisoles, refractarios o grafito
 - ≈ $Al_4C_3 + 12 H_2O \rightarrow 4 Al(OH)_3 + 3 CH_4(g)$
- ≈ Óxidos hidratables

Cuando las escorias entran en contacto con la humedad aparece el característico olor a amoníaco, fenómeno asociado a la hidrólisis del nitru-

ro de aluminio presente en el material. Durante este proceso, si hay aluminio caliente el metano y el hidrógeno liberados pueden auto encenderse, lo que da lugar a incendios espontáneos de escoria.

Qué hacer llegado este punto

Si este fenómeno se produce dentro del horno, el mecanismo principal es la oxidación del aluminio metálico fino presente en la escoria. Frente a esta situación, el procedimiento correcto consiste en reducir el aporte de oxígeno al sistema: bajar o cortar los quemadores, cerrar las compuertas y reducir la extracción de la chimenea. Dado

que la reacción requiere O_2 , al limitar el ingreso de aire la combustión tiende a disminuir por sí sola. Como medida adicional, puede aplicarse sobre la escoria sal seca (NaCl/KCl) para contribuir al control del proceso.

Si se produce externamente se puede cubrir el incendio de la escoria con arena seca, alúmina seca si se dispone, o Extintor Clase D a base de cloruro de sodio (NaCl) (comercialmente: MET-L-X, Sodium Chloride Dry Powder, ANSUL o equivalentes). Ese es el que está pensado específicamente para aluminio fundido y escoria caliente. ¿Por qué este y no otro? Cuando el NaCl cae sobre el

CLASIFICACIÓN DE ALUMINUM ASSOCIATION DE LAS EXPLOSIONES DE AL

La Sociedad Americana de Aluminio (USA) clasifica en tres categorías de acuerdo con su intensidad las explosiones:



FUERZA 1

- » Ningún daño a las instalaciones
- » Luminosidad mínima
- » Sonido equivalente a un agrietamiento corto
- » Vibración corta y aguda
- » Radio de dispersión de metal hasta 5 metros



FUERZA 2

- » Daño menor a las instalaciones
- » Luminosidad tipo flash
- » Sonido equivalente a una fuerte detonación
- » Vibración de un breve balanceo
- » Radio de dispersión de metal de 5 a 15 metros



FUERZA 3

- » Daños considerables a las instalaciones
- » Luminosidad intensa
- » Sonido equivalente a una detonación dolorosa
- » Vibración estructural y masiva
- » Radio de dispersión de metal mayor a 15 metros

metal a ~700 °C, primero se deshidrata completamente, luego se sinteriza (se "vitrifica" superficialmente), y forma una costra compacta aislante.

No enfría mediante agua ni por gas. En cambio, actúa de manera más eficaz al interrumpir simultáneamente el

aporte de oxígeno, la radiación térmica y la convección. De este modo, el aluminio deja de oxidarse y la reacción se extingue por sí sola.

Este fenómeno también puede producirse fuera del horno, en las pilas de escoria. Existen algunos indicadores prácticos que permiten

identificarlo, como la presencia de humo blanco, olor penetrante similar al amoníaco y escoria que se recalienta por sí sola horas después de haber sido retirada. Generalmente, este tipo de situaciones se presenta con mayor frecuencia en días húmedos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPhysical and Chemical Properties of Molten Aluminum - GUIDELINES FOR HANDLING MOLTEN ALUMINUM 2002- ALUMINUM ASSOCIATION ■ *Aluminium Casthouse - Seminar - Richards Bay 14 April 2013* ■ *ASM Handbook Vol. 15: Casting (ASM International)* ■ *Touloukian, Thermophysical Properties of Matter* ■ *Handbook of Chemistry and Physics (enthalpies of formation)* ■ *Greenwood & Earnshaw, Chemistry of the Elements* ■ *ASM Handbook Vol. 15: Casting* ■ *Çengel & Boles, Thermodynamics: An Engineering Approach* ■ *Smithells Metals Reference Book* ■ *T. Iida & R. I. L. Guthrie - The Physical Properties of Liquid Metals - Oxford University Press, 1988* ■ *Light Metals - TMS (The Minerals, Metals & Materials Society) - EPA: Aluminum Dross Handling & Hazardous Reactions* ■ *CRC Handbook of Chemistry and Physics (enthalpies of formation)* ■ *Greenwood & Earnshaw, Chemistry of the Elements* ■ *NFPA 484, Combustible Metals Standard* ■ *MWE: Molten Metal Water Explosion* ■ *US Bureau of Mines - Molten Aluminum/Concrete Explosions* ■ *Light Metals - TMS (The Minerals, Metals & Materials Society) - EPA: Aluminum Dross Handling & Hazardous Reactions* ■ *ALCOA molten aluminum / water explosion test (George Long safety experiment)* ■ *Research on Molten Aluminum Water Explosions-GUIDELINES FOR HANDLING MOLTEN ALUMINUM-ALUMINUM ASSOCIATION-2002 - Section 30* ■ *Cochran & Guess, Formation and Hydrolysis of Aluminum Nitride in Dross, Light Metals (TMS)* ■ *The Aluminum Association - Dross Processing and Safety* ■ *OSHA Molten Metal Safety Bulletin (Molten Aluminum Hazards)* ■ *NFPA 484: Standard for Combustible Metals / NFPA 652: Fundamentals of Combustible Dust* ■ *FM Global Data Sheet 7-76: Prevention and Mitigation of Combustible Dust Explosions* ■ *Eckhoff, R.K., Dust Explosions in the Process Industries* ■ *U.S. CSB Investigation: Hayes Lemmerz Aluminum Wheel Explosion (2003).*

Alta calidad en fundición según normas ISO 9001 e IATF 16949.

Sistema de Gestión Ambiental certificado según normas ISO 14001.



**FUNDICIONES
SAN JUSTO**



www.grupodema.com.ar
Avda. Presidente Perón 3750
San Justo - 4480-7000

**FUNDIGEX: una
asociación con vocación
internacional**

INTERNACIONALIZACIÓN, COOPERACIÓN Y FUTURO PARA LA

Desde hace más de cuatro décadas, FUNDIGEX impulsa la internacionalización de la fundición española a través de la cooperación empresarial, la inteligencia de mercados y una sólida red institucional. Hoy, con una fuerte presencia global y una apuesta clara por el trabajo conjunto –incluida la colaboración con CETEF y CIFRA– la asociación se consolida como un actor clave para el crecimiento y la competitividad del sector.



**Marina
Giacopinelli**

*Secretaria-
directora de
FUNDIGEX*



FUNDIGEX, la Asociación Española de Exportadores de Fundición, Maquinaria, Productos y Servicios para la Fundición, nació en 1985 con un objetivo claro: ayudar a que la industria de la fundición española creciera más allá de sus fronteras.

Hoy representamos a casi 60 empresas, entre fundiciones de hierro, acero y metales no férreos, así como proveedores de maquinaria, consumibles y servicios. Las empresas asociadas tienen todas una fuerte estrategia hacia la internacionalización y gracias a la labor de la asociación a lo largo de todos estos años, las exportaciones han alcanzado, de media, más del 75% de la facturación de las empresas del sector.

FUNDICIÓN ESPAÑOLA

En 2016, FUNDIGEX fue reconocida como el brazo de internacionalización del Clúster de Fundición del País Vasco, que hoy, tras la incorporación del sector de la forja, está integrado por tres organizaciones: AFV, SIFE y FUNDIGEX, constituyendo el actual Clúster Vasco de Fundición y Forja. Este hito supuso un importante respaldo y un impulso decisivo, ya que, con el apoyo del Gobierno Vasco, hemos intensificado las acciones en los mercados exteriores y reforzado de forma más eficaz la presencia internacional de las empresas asociadas.

Trabajo en red para competir en mercados globales

Detrás de FUNDIGEX hay un equipo de profesionales

que trabaja día a día para dar soporte a las empresas en todos los aspectos relacionados con la internacionalización. Este equipo es el motor de la asociación: analizan mercados, organizan actividades, acompañan a las empresas y hacen posible que cada proyecto se concrete en oportunidades reales. Una organización cuyo core es la cooperación.

Fomentamos la cooperación entre empresas, con instituciones públicas y privadas, y también con asociaciones homólogas nacionales e internacionales. Además, formamos parte del Grupo AGEX, junto con asociaciones de los sectores agrícola, ferroviario y siderúrgico, lo que nos permite generar sinergias intersectoriales que abren nuevas

oportunidades para nuestras empresas.

Internacionalización en sentido amplio

Las acciones más visibles son las ferias internacionales y las misiones comerciales, pero nuestras acciones y misión llegan más allá de la promoción exterior:

≈ Defender los intereses generales del sector, actuando como interlocutor ante instituciones y gobiernos.

≈ Monitorizar el contexto internacional, alertando a las empresas sobre sanciones, aranceles o cambios políticos que puedan impactar en el comercio exterior. Ejemplos recientes: los aranceles impuestos por la administración Trump en EE.UU. o las sanciones internacionales que



Participación en la feria CastForge, Alemania 2024

han afectado a la cadena de suministros europea.

≈ Proporcionar inteligencia competitiva, con estudios de tendencias, bases de datos de clientes y boletines informativos que ayudan a anticipar riesgos y detectar oportunidades.

Tipología de actividades de promoción exterior

Las empresas asociadas a FUNDIGEX participan cada año en un amplio abanico de actividades diseñadas para aumentar su visibilidad y facilitar la generación de negocio:

- ≈ Ferias y congresos internacionales: participación agrupada en los principales eventos del sector, como la feria GIFA en Alemania, donde España presenta una imagen unificada.
- ≈ Grupos de trabajo estratégicos: se organizan grupos de trabajo enfocados a sectores clientes y mercados con el fin de dar a las empresas la oportunidad



Congreso Ibérico de Fundición, España 2023

de, a través de la cooperación, alcanzar nuevos mercados y clientes.

- ≈ Misiones directas: visitas organizadas a mercados estratégicos coincidiendo con ferias internacionales o de manera independiente, para explorar oportunidades de negocio.
- ≈ Misiones inversas y encuentros B2B: invitación a potenciales clientes de distintos países para que conozcan las plantas de producción españolas y se reúnan directamente con los fabricantes.
- ≈ Misiones tecnológicas: viajes a fundiciones de referencia mundial (Japón,

Corea, China y Suecia, entre otros.) con el objetivo de aprender, compartir experiencias y establecer alianzas.

≈ Congreso Ibérico de Fundición: junto con FEAFF, la Federación Española de Asociaciones de Fundidores, FUNDIGEX organiza el Congreso Ibérico de Fundición que aglutina a un gran número de empresas del sector de la fundición en torno a diferentes temáticas relacionadas con nuestra industria.

Este abanico de acciones permite a las empresas no sólo vender más, sino también aprender, adaptarse y mejorar su competitividad global.

Un futuro compartido

La experiencia de FUNDIGEX demuestra que la cooperación sectorial es clave para internacionalizar industrias tradicionales. Con más de 3.000 millones de euros en facturación y una industria que genera más de 14.000 empleos, el sector español de la fundición está preparado para afrontar los desafíos de la digitalización, la sostenibilidad y los nuevos mercados globales.

Argentina y España comparten una historia industrial y cultural común. Desde FUNDIGEX apostamos a que la colaboración internacional entre clústeres y asociaciones puede ser la clave para abrir nuevas oportunidades bilaterales, en sectores como la automoción, la minería, la energía o la maquinaria pesada. Por esta razón, continuamos apostando a la colaboración entre CETEF, CIFRA y FUNDIGEX, con el fin de que las empresas de nuestras organizaciones se puedan beneficiar de esta cooperación.

DELTA ARENAS

INDUSTRIALES SA

Más de 50 años abasteciendo a la industria con arenas síliceas y seleccionadas para procesos de fundición.

Belgrano 2570 - El Talar, Pacheco
info@deltaarenas.com www.deltaarenas.com

SUPERFICIE IMPECABLE

20 años de experiencia



Envíos a todo el país



WWW.GUADAGNOSA.COM



FUNDICIÓN IMPARABLE



Carbón mineral
molido de alta calidad

GUADAGNO

EL CARBÓN QUE TRANSFORMA TUS PIEZAS

FUNDARG SRL

EMPRESA FUNDADA EN 1960

FUNDICIÓN ELÉCTRICA DE ACERO - ACEROS ESPECIALES
INOXIDABLES - HADFIELD - FUNDICIÓN NODULAR



PLANTA INDUSTRIAL, ADMINISTRACIÓN Y VENTAS
LEANDRO N. ALEM s/n - Tel. (03571) 471190 - 471091 - 472427 - C.C. 30 - 5854 ALMAFUERTE - CÓRDOBA
fundargdrl@fundarg.com.ar - www.fundarg.com.ar

Un aniversario
que une
generaciones

EL PLUMERILLO

75 AÑOS FORMANDO TÉCNICOS METALÚRGICOS

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION
CONSEJO NACIONAL DE EDUCACION TECNICA
E.I.E.T N° 33
FUNDICION MAES RANZA DEL PLUMERILLO





La histórica Escuela Técnica N° 33 “El Plumerillo” se prepara para celebrar sus 75 años reafirmando su identidad como formadora de técnicos metalúrgicos y fundidores, con un año de actividades junto a empresas de la industria, escuelas y universidades. Formar técnicos es su misión y construir una comunidad que une generaciones, su legado.

En octubre próximo, la Escuela Técnica N.º 33 “El Plumerillo” celebrará sus 75 años de historia. Tres cuartos de siglo en los que sus aulas y talleres formaron generaciones de fundidores, entre otras tecnicaturas, acompañando de cerca la evolución de la industria metalúrgica y el desarrollo productivo de su entorno.

Aunque la fecha exacta de inauguración se ubica entre agosto y septiembre de 1951, la comunidad educativa ya proyecta el acto central para los días 22 y 23 de octubre, con una jornada que combinará dos momentos: una instancia protocolar –con participación de autoridades ministeriales, escuelas del

distrito, cámaras empresariales (CIFRA), empresas amigas y docentes jubilados (22 de octubre)– y un encuentro más informal destinado a alumnos y docentes de la institución (23 de octubre).

Más allá del festejo formal, también es una oportunidad para detenerse y mirar más allá del calendario, un momento de reafirmación de su identidad: “Lo que se mantuvo intacto en estos 75 años es nuestra cultura y nuestra identidad. Somos la única escuela técnica del país que forma técnicos metalúrgicos, y queremos seguir fortaleciendo esa cultura colaborativa que nos caracteriza”, sostiene Rubén Ceruso, jefe general de enseñanza práctica de El Plumerillo.

En un contexto donde la industria cambia a ritmo acelerado, la escuela busca actualizarse sin perder su esencia: adaptarse a nuevas tecnologías y formas de comunicación, sosteniendo los valores fundacionales que la definen.

Sembrar vocaciones desde la escuela primaria: *Fundidor por un día*

Cada año, la institución recibe a alumnos de séptimo grado de escuelas primarias del distrito que están definiendo su orientación secundaria. En 2025, más de mil estudiantes visitaron el taller en una jornada especial donde recorrieron las distintas secciones: tornería, soldadura, herrería, carpintería, modelado, química y fundición.

Para este nuevo ciclo, la propuesta es profundizar esa experiencia con un proyecto específico: “Fundidor por un día”. La iniciativa apunta a convocar grupos reducidos de 10 o 15 alumnos, de forma semanal y durante una mañana completa, para que vivan la experiencia real del proceso: preparar la arena, moldear, fundir una pieza y comprender el ciclo productivo desde adentro.

“Queremos que un chico de 12 años pueda tocar el material, moldear y ver cómo nace una pieza. Que conozca la fundición antes de elegir su futuro”, explica Ceruso. En tiempos en los que gran parte del mundo juvenil transcurre frente a una pantalla, el proyecto propone recuperar el valor del hacer y mostrar que la industria también es una opción de desarrollo.



Experiencias que inspiran: de la escuela al mundo del trabajo

Otro de los ejes que continuará este año es el ciclo de charlas “Construyendo el futuro con innovación y desarrollo”, destinado a alumnos de quinto y sexto año.

La propuesta nació con un objetivo claro: ampliar la mirada de los estudiantes más allá de la “burbuja escolar” y acercarlos a la realidad del mundo laboral. Una vez por mes, empresarios, ingenieros, docentes jubilados y referentes del sector comparten sus trayectorias, desafíos y experiencias con ellos.

Durante el ciclo anterior participaron empresarios del sector fundidor y referentes industriales –entre ellos, representantes de CIFRA y del Grupo DEMA–, quienes compartieron sus comienzos y sus recorridos profesionales. La respuesta de los alumnos fue altamente positiva: si bien al inicio suelen mostrarse tímidos, rápidamente se involucran y comienzan a



Martín Bernocco, Pablo Gaspari, Domingo Di Stanislao y Rubén Ceruso durante una charla de CIFRA con alumnos del ciclo superior de Metalurgia

formular preguntas.

Para 2026 ya hay referentes confirmados. Entre ellos, Tomás, representante de una empresa fabricante de máquinas soldadoras que donó equipamiento a la escuela por un valor cercano a los 10.000 dólares, brindará una charla técnica sobre nuevas tecnologías en soldadura. También participará la ingeniera Nora Loureiro, primera técnica metalúrgica egresada de la institución, ac-

tualmente investigadora en CONUAR y docente universitaria, quien compartirá su experiencia profesional y su recorrido como mujer en un ámbito históricamente masculinizado.

A su vez, un docente universitario retirado y referente técnico volverá a la escuela para dialogar con los alumnos.

El ciclo está abierto a nuevos aportes y la institución invita a empresarios, técnicos y profesionales que deseen



Prácticas de fundición en horno cubilote realizadas por alumnos.



Piezas fundidas realizadas por alumnos en los talleres de moldeo y fundición

compartir su experiencia a sumarse a la propuesta.

Un puente entre universidades e industria

La articulación con universidades también forma parte de esta nueva etapa. La escuela mantiene convenios activos con la Universidad de Avellaneda y la Universidad Nacional de Hurlingham, y proyecta firmar un nuevo acuerdo con la Universidad de la Marina Mercante.

En estos convenios, los alumnos universitarios —que suelen ver la fundición desde un enfoque teórico— realizan prácticas concretas en el taller del Plumerillo: moldean, funden piezas, analizan defectos y trabajan en el laboratorio de arenas y metalografía.

La escuela que une generaciones

Uno de los rasgos distintivos del Plumerillo es su vocación de apertura: “Somos una escuela de puertas abiertas”,

afirma Ceruso. La institución convoca no sólo a empresas y universidades, sino también a docentes jubilados que formaron parte de su historia.

La idea es integrarlos al programa de charlas y actividades, reconociendo su trayectoria y permitiendo que continúen transmitiendo su experiencia. En cada encuentro institucional —como el tradicional asado anual— se refuerza esa pertenencia que atraviesa generaciones. “Todos tienen algo para aportar. Yo aprendo de una ingeniera investigadora, de un docente joven y también de un alumno de quinto año. Nadie tiene la verdad absoluta”, resume Ceruso.

A 75 años de su fundación, el Plumerillo no sólo celebra su historia. Refuerza su identidad, abre sus puertas y vuelve a invitar a la industria a acompañar su desarrollo. Formar técnicos es su misión, y sostener una comunidad que une generaciones en torno al conocimiento y al trabajo es su legado.

Control de calidad industrial

QUÉ SON Y PARA QUÉ SIRVEN LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)

Así como en medicina existen estudios que permiten diagnosticar los problemas de salud, en la industria existen métodos que brindan información clave sin dañar los materiales. Los Ensayos No Destructivos (END) son herramientas fundamentales para evaluar, controlar y garantizar la calidad, seguridad y desempeño de componentes a lo largo de todo su ciclo de vida. En esta nota repasamos su clasificación, métodos y las certificaciones del personal que los realiza.



Ing. Jorge Ernesto Schneebeli

Ingeniero Mecánico, especialista en Calidad Industrial, nivel 3 en END, fue Director del Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica del INTI, Gerente de Proyectos Especiales y Vicepresidente.



En la vida diaria estamos acostumbrados a ir al médico y que nos indique la realización de ciertos estudios, una radiografía, una ecografía o incluso una endoscopia. Son “ensayos” que les brindan información a los profesionales de la medicina para poder realizar un diagnóstico correcto, que dependerá de los resultados de esos análisis y por ello es importante su precisión. En el ámbito industrial, también necesitamos disponer de información para tomar decisiones que pueden ser desde validar materiales hasta controlar un proceso o asegurar que un componente o equipo pueda seguir cumpliendo su función. El resultado de un ensayo dependerá de la metodología utilizada, de la infraestructura disponible y por supuesto del personal que lo realiza. En general, cuando hablamos de un ensayo industrial

—particularmente en el ámbito mecánico— conocemos muchos casos en los que sometemos a una pieza o probeta a algún esfuerzo para analizar su comportamiento y obtener información. Los ensayos de tracción, dureza o de impacto son muy conocidos y tienen la característica de que el resultado surge después de generar alguna alteración en la pieza ensayada. “Rompe una probeta” y calculamos la resistencia a la tracción o el alargamiento porcentual. El resultado sale de la información que me da una máquina, es un número.

Hay otro gran conjunto de ensayos en donde no necesitamos romper una probeta. Son más similares a los que describíamos que se usan en medicina. Los conocemos como métodos de Ensayos no destructivos (END). Estos ensayos nos permiten obtener información de piezas o partes de una estruc-



tura metálica o no metálica, sin alterar sus condiciones de utilización o aptitud de servicio; es decir, no provocan daños en el material, ni perjudican o interfieren con el uso futuro de las piezas o partes inspeccionadas. Son ensayos que nos pueden dar información de tipo cuantitativa como cualitativa y son herramientas fundamentales en la industria.

Por su característica de no alterar la pieza ensayada, los métodos END se aplican en diferentes etapas del proceso productivo: control de materia prima, durante el proceso de fabricación, como ensayo final del producto y como control en servicio.

Clasificación de los métodos END

En aplicaciones de defectología, los END permiten la detección, ubicación y evaluación de heterogeneidades, discontinuidades,

impurezas, corrosión, fugas, puntos calientes, etc. En cuanto a la metrología, los END permiten medir espesores del material base, tanto por ambos lados como por uno solo, así como recubrimientos, dureza y niveles. Además, en aplicaciones de caracterización de materiales, se utilizan para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

En general están agrupados en métodos de ensayos en función del fenómeno físico-químico en el que se basan. Así tenemos los métodos de Ultrasonido (US), Radiografía Industrial (RI), Líquidos Penetrantes (LP), Partículas Magnetizables (PM), Visual (EV), Termografía (ET), Corrientes Inducidas (CI), Emisión Acústica (EA) entre otros. Cada método se aplicará de acuerdo a diversas técnicas con alcances específicos. Tendremos, por ejemplo, la técnica de digital dentro del método de radiografía, la técnica de contacto en ultrasonidos o la técnica de penetrante fluorescente removible con solvente en líquidos penetrantes.

Ningún método de ensayo o cualquiera de sus técnicas de aplicación será mejor que otro. Se seleccionará en función de diversos factores entre los que tenemos necesidades de sensibilidad de ensayo, información a relevar y características del componente a ensayar, e incluso muchas veces se requiere de utilizar más de un método de ensayo para obtener la información necesaria.

Cuando pensamos en aplicaciones en defectología, una forma fácil de clasificar los END es en función del tipo de discontinuidad que

se quiere detectar. Tendremos métodos superficiales (LP, PM, EV) que solo nos permiten detectar discontinuidades en ubicadas en la superficie de las piezas, como por ejemplo fisuras, o métodos volumétricos (US, RI) que permiten detectar discontinuidades superficiales, pero también internas tales como porosidad en una pieza fundida.

Etapas básicas para la aplicación de los END

Los métodos END se aplican de acuerdo a una metodología que podría ser considerada común para todos los métodos y que tiene los siguientes pasos: elección del método y técnicas apropiadas, obtención de una indicación propia, interpretación de la indicación y por último evaluación de la indicación. Para la elección del método y las técnicas operatorias apropiadas de control, se deben tener en cuenta: el tipo de material, su estado estructural, los procesos de fabricación, el tamaño y forma del producto como así también el tipo, tamaño, orientación y ubicación de las heterogeneidades a detectar, o de la dimensión a medir; ya que todos los métodos, presentan limitaciones de interpretación, limitaciones por la geometría y naturaleza del material, limitaciones de sensibilidad y en la velocidad de aplicación. Teniendo en cuenta que el aumento de sensibilidad puede traer consigo un aumento del costo del ensayo o del producto, es importante establecer los criterios de aceptación-rechazo para que quede claramente definido el nivel de calidad o el nivel de acepta-



Ensayo de partículas magnetizables fluorescentes

ción determinado.

Una característica común de los END es que siguen procedimientos indirectos, es decir que determinan la característica buscada en el producto a través de alguna propiedad relacionada con ella. Así, por ejemplo, en el método radiográfico, se interpreta una indicación que es una imagen sobre una película fotosensible o en los métodos de partículas magnetizables y de líquidos penetrantes, se interpreta una indicación que es una ampliación de la heterogeneidad sobre la superficie de observación. La obtención de una indicación está relacionada a la naturaleza de la discontinuidad, a su forma, a su ubicación, a su orientación y a su tamaño.

Producida la indicación es preciso interpretarla, lo cual consiste en hallar la relación entre la indicación observada con su naturaleza, morfología, ubicación, orientación y tamaño de la heterogeneidad.

Después de obtenida e interpretada una indicación, se debe evaluar, lo cual consiste en hallar la relación entre la heterogeneidad detectada, la característica determinada o la dimensión

medida, con su efecto posterior en las propiedades del material o producto, todo en relación a los criterios de aceptación y rechazo definidos en normas, especificaciones y procedimientos

La interpretación y la evaluación es una función de primordial importancia y su responsabilidad recae en el personal que realiza el ensayo. Aquí es donde los END también se diferencian de otro tipo de ensayo industrial. El resultado no sale de una máquina o un cálculo, sino que es de la interpretación por lo que quién lo realiza resulta un elemento crítico. Se debe acotar el factor subjetivo y para ello se desarrollaron, en todo el mundo, sistemas de certificación de personal en END que aseguran criterios unificados de interpretación y permiten la demostración de la capacidad técnica e idoneidad de quien realiza los ensayos.

Norma IRAM NM ISO 9712

A nivel nacional, existe una norma que ordena la actividad relacionada con los END en lo referido a los operadores de ensayo. Esta norma es la IRAM NM ISO 9712, que es equivalente a la ISO 9712, norma internacional de uso a nivel mundial.

Esta norma establece un sistema para la calificación y certificación del personal que realiza los END a nivel industrial, por medio de un organismo centralizado independiente. Se definen tres niveles de competencia:

Nivel 1: Debe ser capaz de preparar el equipamiento, ejecutar los ensayos, registrar los resultados obtenidos e informar sobre los mismos. No es responsable de la elección del método o técnica utilizada ni de la evaluación

de los resultados.

Nivel 2: Debe ser capaz de realizar todas las tareas inherentes al Nivel 1, seleccionar la técnica de ensayo adecuada, preparar instrucciones escritas para un nivel 1 según un procedimiento, interpretar los resultados del ensayo y realizar los informes pertinentes.

Nivel 3: Debe tener capacidad de interpretar y evaluar los resultados de un ensayo, desarrollar procedimientos de ensayo, estar familiarizado con los restantes métodos de END y de entrenar personal de nivel 1 y 2.

Certificación y formación del personal en END

La certificación requiere una capacitación teórico práctica previa, de acuerdo a programas aprobados por el organismo de certificación, y además la acreditación de una cierta experiencia. La cantidad de horas de capacitación y experiencia depende del método y nivel al que se postula.

Luego de presentar la solicitud, la documentación de capacitación y experiencia y un certificado de agudeza visual, se puede acceder al examen, que una vez aprobado se obtiene la certificación. La misma dura 5 años y luego de ese tiempo se debe renovar al igual que sucede con un registro de conducir. El sistema es muy reconocido en el ámbito industrial tanto a nivel nacional como regional y tiene más de 40 años de funcionamiento en la Argentina, siendo uno de los más antiguos en el mundo. Actualmente existen dos organismos de certificación de personal en END en el país. Uno es el IRAM y el otro el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

**Innovación, articulación
y proyección de la
fundición argentina**

CIFRA PRESENTE

Las Parejas, Santa Fe: impresión 3D de moldes de arena

En la localidad de Las Parejas, Santa Fe, CIFRA acompañó la presentación de la nueva técnica de impresión 3D de moldes de arena, una tecnología que marca un punto de inflexión en los procesos productivos de la fundición.

El encuentro, realizado en la Fundación CIDETER, reunió a actores del sector en una jornada que incluyó una charla técnica y la presentación de un caso aplicado. La iniciativa permitió conocer de primera mano cómo esta tecnología contribuye a reducir tiempos de desarrollo, mejorar la precisión de las piezas y ampliar las capacidades productivas. La incorporación de soluciones de manufactura avanzada como la impresión 3D no sólo optimiza procesos, sino que posiciona a la industria frente a los desafíos de competitividad que impone el escenario actual.

Expoagro: fundición y campo, una alianza con proyección exportadora

En el marco de su participación en Expoagro, el presidente de CIFRA, Pablo Gaspari, y el gerente, Martín Bernocco, formaron parte de un encuentro junto a ADIMRA centrado en la internacionalización de la industria metalúrgica y su inserción en los mercados globales.

El eje del intercambio estuvo puesto en el rol estratégico de la maquinaria agrícola argentina como vehículo de exportación de valor agregado. En este sentido, la fundición aparece como un eslabón fundamental dentro de una cadena productiva que integra tecnología, industria y campo. La recorrida por la exposición permitió confirmar el alto nivel de desarrollo del sector, donde la ma-

quinaria agrícola sintetiza capacidades industriales avanzadas y se proyecta como plataforma clave para la inserción internacional.

CETEF: el camino hacia la exportación sostenida

Uno de los ejes estratégicos en desarrollo es el trabajo del CETEF orientado a acompañar a las empresas fundidoras en sus procesos de exportación. La iniciativa busca consolidar un servicio integral que permita a las empresas adecuarse a los estándares internacionales, facilitando su inserción en mercados externos. Para ello, se está trabajando junto a la Fundación Excelencia en un plan de adecuación que incluye auditorías, diagnóstico y acompañamiento en la mejora de procesos. En este esquema, CIFRA aporta el conocimiento técnico específico del sector, mientras que la fundación contribuye con herramientas de evaluación y certificación. El objetivo es claro: generar condiciones para exportar de manera sostenida y competitiva.

CETEF: un proyecto de gestión de ADF

CETEF colabora en el desarrollo del borrador de un proyecto de norma ADF (Arenas Descartadas de Fundición) cuyo objetivo es establecer criterios claros para la reutilización de estos materiales, permitiendo su incorporación como insumo en otras industrias, como la construcción (cemento, bloques, asfalto, entre otros). Su implementación tendría un impacto significativo: no sólo facilitaría el cumplimiento normativo y aportaría mayor previsibilidad en su aplicación, sino que además abriría nuevas oportunidades de valorización de residuos, transformándolos en materia prima para otros procesos productivos.

CIFRA en FENAF 2026: proyección internacional

Como parte de la estrategia de internacionalización, CIFRA ya proyecta su participación en la próxima edición de FENAF 2026, la Feria Latinoamericana de Fundición que se realizará en San Pablo, Brasil, entre el 21 y el 24 de julio. Se trata de uno de los eventos más relevantes del sector a nivel regional, donde se espera la participación de referentes de toda la cadena fundidora. La presencia de la delegación argentina permitirá continuar fortaleciendo vínculos, generar nuevas oportunidades de negocio y seguir posicionando a la industria nacional en el escenario internacional.

Entre la
producción y
la especulación

LA INDUSTRIA FRETE A LA LÓGICA FINANCIERA



Un repaso por el contexto que enfrenta hoy la economía argentina –atraso cambiario, apertura y altas tasas– y una aproximación al pensamiento del economista Eduardo Conesa sobre la llamada “economía de casino” y sus efectos sobre la producción, y su propuesta como solución al problema: la economía ordenada.



Enzo Sforzini

Vicepresidente
1º de CIFRA,
fundador
y socio de
Fundación San
Cayetano S.A.

La industria argentina enfrenta nuevamente una crisis recesiva generada por un intento deflacionario (ya visto en el pasado con Alsogaray, Martínez de Hoz, Machinea y Cavallo) con el agregado que en esta ocasión el atraso cambiario y apertura están acompañados geopolíticamente por la participación de China en el comercio internacional una potencia mundial de primera magnitud con una estructura manufacturera con economía de escala y subsidios estatales al capital y la energía que son únicos en la historia económica mundial. La capacidad de competir es una tarea titánica (por no decir imposible) en un mercado que se reduce, y la industria fundidora, “canario en la mina”, lo expresa claramente con el cierre de empresas, reducción de personal e índice de capacidad instalada utilizada con niveles meno-

res a los de la pandemia. La metalmeccánica toda sufre esta invasión arrasadora. La actual administración colocó el tipo de cambio real multilateral en diciembre de 2023 en un valor de 162. A fines de febrero de 2026, el mismo índice elaborado por el Banco central de la república Argentina alcanza el valor de 88. Dicho en groso modo casi la mitad. Se supone que dentro de nuestras plantas, para permanecer competitivos, deberíamos haber aumentado la productividad de los factores de producción un 100% –Kwh/tonelada, horas hombre por tonelada, etc.– y en dos años duplicar la productividad. Los que debemos manejar empresas sabemos que esto raramente ocurre y menos en ese lapso. Mientras tanto el Estado no bajó nuestros costos, al contrario, desmejoró la infraestructura vial, ferroviaria y de distribución de energía y nos

aumentó el costo de gas y energía eléctrica en dólares. La capacidad de inversión de nuestra industria se ve reducida por una caída del mercado y altas tasas de interés que tienen nivel usurario. Así lo defino porque decir solo altas sería faltar a la verdad. Ante este escenario macroeconómico que la prensa hegemónica define graciosamente como “economía ordenada” y Eduardo Conesa en sus intervenciones la llama “Economía de casino” decidí a través de la IA pedirle opinión a nuestro Economista estrella especialista en desarrollo.

Previsibilidad vs. la Economía del casino en la Argentina: ¿qué opina Eduardo Conesa?

Eduardo Conesa sostiene que la previsibilidad económica en la Argentina es imposible bajo el modelo de la “economía del casino”, término que utiliza para describir un sistema basado en la especulación financiera y el endeudamiento, en lugar de la producción.

1. Crítica a la “Economía del casino”

≈ **Sobrevaluación cambiaria:** *mantener un dólar barato artificialmente fomenta la especulación (“carry trade”) y la fuga de capitales, destruyendo la rentabilidad del agro y la industria.*

≈ **Endeudamiento crónico:** *es una trampa donde se toma deuda externa para financiar el déficit fiscal, lo que genera una vulnerabilidad extrema ante cambios en el mercado internacional.*

≈ **Fuga de capitales:** *produce la falta de un horizonte productivo, lleva a los argentinos a fugar divisas*

(estimadas en cientos de miles de millones de dólares) ante la desconfianza en la moneda nacional.

2. El Camino hacia la previsibilidad

Para Conesa, la verdadera previsibilidad no viene de tipos de cambio fijos o planes de estabilización de corto plazo, sino de:

≈ **Tipo de cambio real alto:** *un dólar competitivo que actúe como un “muro arancelario natural” para proteger la industria y fomentar exportaciones genuinas.*

≈ **Superávit fiscal genuino:** *la estabilidad sólo es sostenible si el Estado deja de depender de la emisión o la deuda para cubrir sus gastos.*

≈ **Impuestos no distorsivos:** *reemplazar impuestos regresivos como Ingresos Brutos por un impuesto al valor de la tierra libre de mejoras, buscando incentivar la inversión productiva sobre la tenencia especulativa.*

En resumen, Conesa opina que la previsibilidad solo se logrará cuando la rentabilidad de invertir en fábricas y campos sea superior y más segura que la de apostar en el sistema financiero o “casino” que ha caracterizado las últimas décadas de la macroeconomía argentina.

¿Cómo influyen las tasas de interés?

Para Eduardo Conesa, las tasas de interés son una pieza central del engranaje que define si un país tiene una economía de producción o una Economía de casino. Su visión se centra en cómo la manipulación de estas tasas altera los incentivos fundamentales del sistema.

1. El Imán de la “Economía del casino”

Cuando la Argentina mantiene un tipo de cambio bajo (dólar barato), las tasas de interés suelen elevarse para evitar que la gente se vuelque al dólar. Según Conesa, esto genera un círculo vicioso:

≈ **Especulación sobre producción:** *si la tasa de interés financiera es superior a la rentabilidad de una fábrica o del agro, el capital se desplaza hacia los bancos. Esto es la esencia del “casino”: ganar dinero con dinero, sin crear empleo ni bienes.*

≈ **Encarecimiento del crédito:** *tasas de interés exorbitantes asfixian a las PyMEs, volviendo imposible el financiamiento para inversión productiva.*

2. Relación con el tipo de cambio (la “trampa”)

Conesa argumenta que en modelos de endeudamiento externo (como los de Martínez de Hoz, Cavallo o Macri), se usan tasas altas para atraer capitales golondrina. Esto aprecia la moneda local, destruye la competitividad exportadora y termina en crisis de balanza de pagos cuando esos capitales deciden retirarse.

3. El modelo propuesto: tasas bajas y estables

Para que el país sea previsible, Conesa propone invertir la lógica:

≈ **Tipo de cambio real alto:** *al tener un dólar competitivo, no es necesario “atar” los pesos con tasas de interés astronómicas.*

≈ **Ahorro e inversión:** *con equilibrio fiscal y un dólar alto, las tasas de interés tienden a bajar naturalmente hacia niveles internacionales. Esto reduciría el riesgo país, facilitando la refinanciación de la*



deuda y la repatriación de capitales productivos.

¿Qué opina del *carry trade*?

Eduardo Conesa es un crítico feroz del *carry trade* (o “bicicleta financiera”), al que considera una de las herramientas principales de la “Economía del casino” que ha llevado a la Argentina al desastre recurrente.

1. Un Camino al “desastre y la disolución”

Conesa sostiene que el esquema de tipo de cambio bajo combinado con altas tasas de interés es insostenible y destructivo. En sus análisis más recientes (junio 2025), ha comparado el modelo actual de tasas altas y dólar barato con los periodos previos a las crisis de 2001 y 2015, advirtiendo que este camino conduce inevitablemente al fracaso macroeconómico.

2. El mecanismo de la deuda externa

Para Conesa, existe una correlación directa entre el *carry trade* y el aumento de la deuda externa. Cuando los inversores deciden “cerrar” el *carry trade*, convierten sus ganancias en pesos a dólares y las retiran del país, dejando al Estado con una deuda mayor y sin reservas, generando la fuga de capitales.

3. Destrucción de la Producción

El *carry trade* influye negativamente en la economía real al invertir los incentivos.

≈ **Rentabilidad ficticia:** es más rentable apostar a instrumentos financieros en pesos (mientras el dólar está planchado) que invertir en una fábrica o en el campo.

≈ **Antidesarrollismo:** castiga a los exportadores con un tipo de cambio poco competitivo mientras premia a los

especuladores financieros.

¿Cómo se ve afectado el salario real con estas políticas?

Para Eduardo Conesa, el impacto de estas políticas en el salario real es paradójico: lo que parece una mejora en el corto plazo, porque suele subir en términos de dólares, y termina siendo la causa de su derrumbe en el largo plazo. Y analiza este fenómeno a través de dos etapas bien diferenciadas.

1. La ilusión del salario alto (corto plazo)

≈ **Atraso cambiario:** al mantenerse el dólar barato, el poder de compra de los sueldos aumenta para adquirir bienes importados (tecnología, viajes, autos). Esta etapa genera una ilusión de prosperidad que Conesa denomina “populismo cambiario”, donde el consumo interno vuela pero la base productiva se vacía.

2. El derrumbe inevitable (largo plazo)

≈ **Destrucción del empleo:** un dólar barato hace que la industria nacional no pueda competir con las importaciones. Las fábricas cierran y la demanda de mano de obra cae, lo que a la larga presiona los salarios a la baja.

≈ **La explosión de la burbuja:** cuando el *carry trade* se corta y se produce una devaluación brusca (el famoso “salto cambiario”), el salario real sufre una caída estrepitosa porque los precios suben mucho más rápido que los sueldos.

≈ **Falta de productividad:** al no haber inversión en maquinaria o tecnología (porque es más rentable la especulación financiera), la productividad por trabajador se estanca. Sin mayor productividad, es imposible aumentar los salarios reales

de forma genuina.

3. La propuesta de Conesa: el salario “genuino”

Para Conesa, el camino hacia salarios reales altos y estables no es el dólar barato, sino un esquema de crecimiento impulsado por las exportaciones.

≈ **Modelo de dólar competitivo:** salarios que crecen por mayor demanda laboral; depende de la inversión productiva y el superávit; busca estabilidad y pleno empleo a largo plazo.

≈ **La tesis de Conesa:** un tipo de cambio real alto (un dólar caro) puede parecer un golpe al bolsillo inicialmente, pero es la única forma de generar los puestos de trabajo y la inversión necesarios para que el salario real suba de forma permanente y no dependa de una timba financiera.

≈ **Proyección 2025-2026:** bajo el contexto actual, Conesa sostiene que si la Argentina no logra unificar el tipo de cambio en un nivel competitivo y sigue dependiendo de tasas altas para contener la inflación, el salario real seguirá estancado por la falta de inversión física.

Conclusión

Este breve recorrido por el pensamiento económico aplicado al desarrollo es un llamado a la esperanza de nuestra nación.

Hay un camino posible para el desarrollo que incluya a 50 millones de argentinos, donde la industria, y en particular la fundidora, tiene espacio para crecer.

El PBI fundidor volverá a mostrar los números que supieron enorgullecernos y propiciar centenares de miles de empleos metalúrgicos.

LOS AUTOS QUE CORRÍAN SOBRE BALDOSAS



Antes de las pantallas, el circuito estaba en el piso del living.

Las curvas eran las juntas de las baldosas y las tribunas, las patas de la mesa. Allí corrían los Buby: pequeños autos metálicos que marcaron a generaciones de chicos argentinos desde fines de la década de 1950 hasta los años 90.

La historia comenzó en 1957 cuando el ingeniero naval Haroldo "Buby" Mahler decidió hacer algo que en ese momento no existía en Argentina: reproducir autos reales con calidad similar a los importados europeos. Apoyado por un profesor y motivado por su pasión automotriz, Mahler lanzó su primera réplica, un Buick Station Wagon '57, sentando las bases de lo que sería Miniaturas Buby.

Con los años la fábrica pasó de ser un taller casero a una industria formalizada como Miniaturas BUBY S.C.A., produciendo réplicas en metal de muchos de los autos que circulaban por el país: Ford Falcon, Fiat 1500, Renault 12, Peugeot 504, Chevrolet Nova, IKA Torino, entre otros.

Estos juguetes no eran piezas de plástico, sino miniaturas *die-cast*, fabricadas mediante fundición a presión en aleaciones metálicas

tipo Zamak (una mezcla basada en zinc que garantiza detalle, solidez y durabilidad). El proceso incluía el diseño del modelo, elaboración de moldes, inyección del metal fundido, pintura, montaje y control de calidad. La técnica permitía producir con eficiencia grandes volúmenes de piezas idénticas.

Durante sus mejores años la empresa llegó a producir alrededor de 1.000 modelos por día, consolidándose como uno de los fabricantes de automodelos más prolíficos de América Latina. La revista automovilística local incluso tituló uno de sus reportajes "BUBY, 1000 por día", reflejo de aquella época de expansión.

En los años 80, Buby amplió su línea con la serie Mini-Buby (escala 1:64) y con modelos de exportación, incorporando líneas de pintu-

ra automática y turnos nocturnos que multiplicaron su producción. La marca incluso llevó sus réplicas a ferias internacionales, como la Feria del Juguete de Núremberg, en Alemania.

Cada modelo venía pintado en colores vivos y reproducía con notable fidelidad detalles del original: parrillas, líneas de carrocería, ópticas, interiores y, en algunos casos, elementos funcionales como puertas o suspensiones. Más que juguetes, eran miniaturas que capturaban la estética automotriz de cada época y alimentaban el imaginario de miles de niños.

Porque incluso en el recuerdo más simple de la infancia, en todo lo que ves, hay fundición.



DATOS

Fundador **Haroldo "Buby" Mahler**

Primera producción **1957**

Cierre definitivo **1993**

Proceso de fabricación **Fundición a presión (*die-cast*) en aleación tipo Zamak**

Escalas más populares **1:43 y 1:64 (Mini-Buby)**

Modelos emblemáticos reproducidos **Ford Falcon / Fiat 1500 /**

Renault 12 / Peugeot 504 / Chevrolet Nova / Chevy / IKA Torino

Una técnica milenaria que sigue vigente

FUNDICIÓN DE PRECISIÓN O CERA PERDIDA



Ing. Jorge E. Grau

Ingeniero Metalúrgico (FI-UNLP), Profesional de Apoyo Principal CIC-LEMIT y docente-capacitador del curso Fundición de Precisión (LEMIT-CIC).



Ing. Ricardo Gregorutti

Ingeniero Metalúrgico (FI-UNLP), Investigador Adjunto de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, LEMIT-CICP-BA

El proceso de cera perdida, que combina precisión, desarrollo tecnológico y una técnica con más de 5000 años de historia, aún es considerado uno de los métodos de moldeo más exactos, aunque también exige equipamiento específico y un alto control en cada etapa. En esta nota repasamos la historia, su evolución y su proceso.

El proceso de fundición por cera perdida es uno de los métodos de moldeo más tecnológicos y uno de los más precisos, sin embargo, debido al equipamiento específico y los cuidados que hay que tener, también es uno de los métodos más complejos de realizar. Si hacemos un poco de historia, se podría decir que el origen del método de cera perdida, o Investment Casting, se remonta a más de 5000 años de antigüedad.

los años 3000 al 2500 AC y que en la edad de bronce (3000 al 1500 AC) se fundían bronce al arsénico y al estaño con este método. En las excavaciones realizadas para estudiar las civilizaciones egipcias y chinas (en este último caso, no se sabe exactamente si surgieron en China o en el Sudeste Asiático), se han encontrado objetos ricos en detalles, los cuales eran tallados primero en cera para confeccionar el modelo, y luego se los recubría con sucesivas capas de mezcla arcillosa que se dejaba secar al sol. Posteriormente, se colocaban en hornos para dejar salir la cera y

Orígenes milenarios

Es se cree que el proceso de cera perdida surgió entre



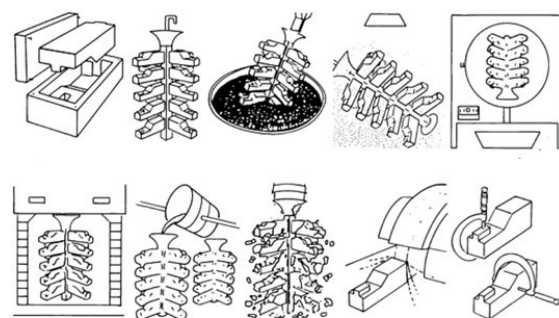
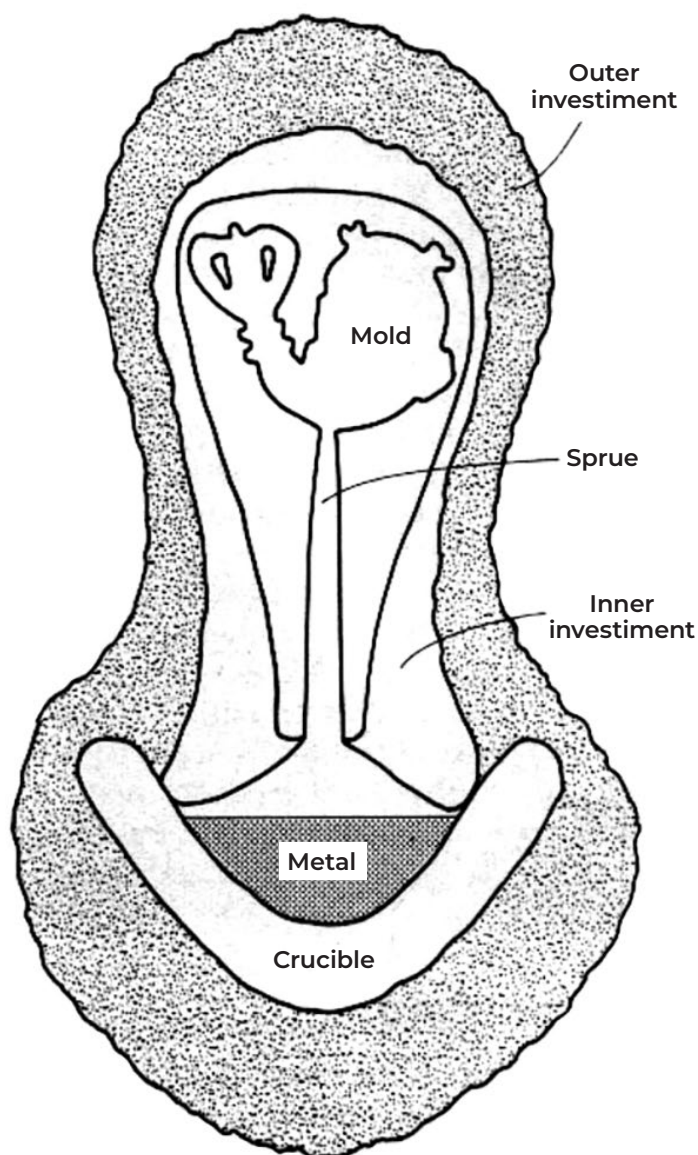


Figura 2
Proceso de
cera perdida
actual

masificó el uso de este método de fundición, debido a la necesidad de disminuir los tiempos en la fabricación del armamento.

El molde, paso a paso

Básicamente, el método consiste en utilizar un modelo, generalmente de cera, obtenido por inyección en una matriz y unido al sistema de alimentación. Una vez armado el racimo, se confecciona el molde cáscara mediante la aplicación de un barro primario a base de sílice coloidal y áridos como zircón o sílice electrofundida (mesh #325). Luego se espolvorea material refractario de mayor granulometría (mesh #80) para formar la capa primaria, responsable de reproducir los detalles y la terminación superficial. Tras el secado, se aplican capas secundarias con un barro más fluido y áridos sílico-aluminosos (mesh #35-80), repitiendo la operación entre 5 y 10 veces según las dimensiones, hasta lograr el espesor necesario.

Una vez obtenida la cáscara, se realiza el descerado mediante autoclave o proceso flash dewaxing. Luego se calcina para eliminar residuos, se inspecciona y se procede al calentamiento y llenado (Figura 2). A diferencia de otros métodos, se requiere un modelo por cada pieza a fabricar.

Figura 1
Proceso de
cera perdida
usado
originalmente

luego calentarlos para llenar la cavidad del molde con metal líquido, consiguiendo así, un perfecto duplicado del modelo de cera original.

Evolución y registros históricos

Los primeros escritos referidos al proceso de cera perdida corresponden al Monje Thophilus Presbyter (año 1100). Ya en el Renacimiento, Vannoccio Biringuceio (año 1538), jefe de la Fundición Papal y contemporáneo de Leonardo da Vinci, describe con muchos detalles las prácticas de fundición en su obra "Pirotechnia", donde dice "Asimismo existen mol-

des para grandes estatuas, que si se desea hacerlas en bronce, primero se hacen en cera según el procedimiento ordinario". Ese procedimiento ordinario consistía en crear un modelo en cera, que luego se cubría con varias capas de una mezcla arcillosa, hasta que tuviera la suficiente resistencia, para luego eliminar la cera y llenar el molde con el metal líquido deseado (Figura 1). Dicho método de moldeo se redescubre en 1897 por el odontólogo B. F. Philbrook, de Iowa, que lo utilizaba para fundir las dentaduras postizas. Con el advenimiento de las guerras mundiales se



Figura 3 Disco de Lafone Quevedo

Patrimonio histórico nacional

A modo de ejemplo, puede mencionarse la realización de una réplica del disco de Lafone Quevedo, perteneciente a la cultura Aguada (Catamarca), que según estudios data de entre los años 600 y 900. La pieza presenta una figura antropomorfa central con boca en forma de sonrisa (señor sonriente) y es un ícono de la población agroalfarera del NOA. Fue hallada en Potreros de Santa Lucía, cerca de Andalgalá, adquirida por Samuel Lafone Quevedo en 1890 y donada al Museo de Ciencias Naturales de La Plata. A partir del pedido de la Provincia de Catamarca para recuperar su patrimonio, se solicitó al LEMIT la realización de una copia. En la Figura 3 se observa el disco con TT de envejecido.

Desarrollo y experiencia del LEMIT

El área de Procesos Meta-

lúrgicos del laboratorio LEMIT, perteneciente a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, posee una vasta experiencia en investigación, desarrollo y capacitación en el proceso de moldeo de precisión conocido como cera perdida, el cual se empezó a desarrollar a fines de los años 80. Se han presentado trabajos de I+D en congresos nacionales y se ha participado en diversos workshops. Asimismo, anualmente se dictan cursos de capacitación sobre la temática y se ha transferido esta tecnología a empresas tanto nacionales como internacionales.

Este método se utiliza tanto para la obtención de piezas industriales (Figura 4), como en joyería, armamento, esculturas y puesta en valor de obras patrimoniales, y también en medicina para la fabricación de implantes y prótesis quirúrgicas. Esto se debe a la calidad de ter-



Figura 4 Rotor de turbina de motores ultralivianos

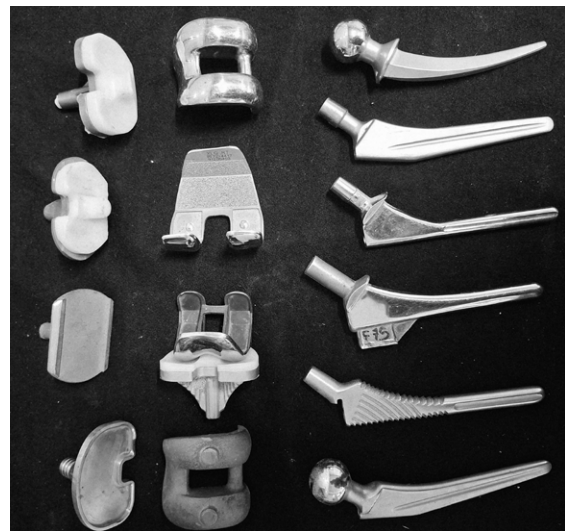


Figura 5 Prótesis quirúrgicas elaboradas por cera perdida

minación que ofrece: baja rugosidad, espesores delgados y alta precisión dimensional (Figura 5). Estas características permiten producir piezas complejas, listas para entrar en servicio sin mecanizado o con un mínimo de operaciones, en una amplia variedad de metales ferrosos y no ferrosos, lo que mantiene vigente a este método como una tecnología altamente especializada.

LA VOZ DE CIFRA Y LA FUNDICIÓN EN LA AGENDA PÚBLICA

Este es el resumen de las últimas repercusiones de prensa sobre CIFRA y la industria de la fundición: noticias, entrevistas y análisis que reflejan el impacto y la evolución del sector.

Seguí las novedades en los principales medios del país
y desde nuestras redes sociales @cifrafundidores



La industria de la fundición frente a un escenario desafiante

“La actividad de la fundición cayó más de un 17 % interanual y se mantiene por debajo del promedio anual, reflejando un contexto de fuerte retracción en la demanda.”

“El sector atraviesa una caída de actividad similar a los niveles registrados durante la pandemia, con impacto directo en el empleo y la utilización de la capacidad instalada.”

“La industria fundidora presenta una combinación crítica de baja demanda y pérdida de rentabilidad, en un contexto de creciente incertidumbre.”

“La fundición atraviesa un escenario de supervivencia, con empresas operando por debajo de su capacidad y dificultades para sostener su estructura productiva.”

Apertura económica y presión sobre la industria

“La aceleración de la apertura comercial genera preocupación en

sectores industriales que advierten dificultades para competir en igualdad de condiciones.”

“La industria enfrenta un escenario complejo, con menores niveles de protección y mayores exigencias de competitividad en un contexto adverso.”

“La combinación de apertura de importaciones y costos internos elevados configura un escenario desafiante para el desarrollo productivo local.”

El impacto en la industria nacional

“La industria advierte que la actual dinámica económica profundiza la crisis productiva y afecta la sostenibilidad de las empresas.”

“El ingreso de importaciones en un contexto de debilidad interna representa un desafío significativo para sectores industriales como la fundición.”

Entrevistas a Pablo Gaspari: competitividad y condiciones estructurales

Las definiciones de Pablo Gaspari, presidente de CIFRA y socio gerente de Megafund S.A., aportan una mirada clara sobre los desafíos estructurales que enfrenta la industria fundidora.

“Queremos que se nivele la cancha y que podamos competir. Hoy la industria nacional tiene una presión tributaria de más del 55 %. Las pymes argentinas tienen los impuestos más altos del mundo y esto eleva los costos de producción.”

“El gobierno dice: compitan y después se van a volver competitivos; y nosotros decimos que si salimos a competir antes de ser competitivos, nos va a ir bastante mal.”

“El costo impositivo es el principal, pero también hay costos logísticos, de infraestructura y de calidad del servicio, como los cortes de energía o de gas en invierno. La gran mayoría de las fundiciones son electrointensivas”.

“Cuando hay un dólar que se devalúa por debajo de la inflación, la competitividad se deteriora mes a mes. Todos los meses se pierde”.

LA INDUSTRIA EN NÚMEROS: INFORME MENSUAL

Este informe coyuntural, que refleja la situación actual del sector, fue elaborado a partir del aporte de datos y relevamientos de los socios de CIFRA. A través de indicadores clave, gráficos y conclusiones, permite interpretar las tendencias recientes y los desafíos que atraviesa la industria fundidora, con el objetivo de compartirlos con autoridades gubernamentales, instituciones vinculadas y la sociedad en general.

Este informe fue publicado en los siguientes medios:

infobae ámbito Página12 C5N TN PERFIL El Cronista laTecla crónica

CONCLUSIONES

Demanda

Durante febrero de 2026, la demanda en la industria de la fundición se ubicó en 42,4 %, dato que da cuenta de una recuperación respecto al mes anterior. Esta mejora también se reflejó en el uso de la capacidad instalada, que alcanzó el 41,7 %, impulsada por subas del 9% en pedidos y del 3,5 % en utilización.

Sin embargo, en la comparación interanual puede verse que los pedidos registraron una leve caída del 1,6 % respecto a febrero de 2025 y se mantienen por debajo del promedio histórico de la serie (43,9 %). En conclusión, si bien la dinámica mensual muestra señales positivas, la actividad continúa en niveles bajos y sin evidencias de una recuperación sostenida.

Expectativa

Las expectativas empresariales acompañan la leve recuperación observada en la actividad. Los pedidos futuros se ubicaron en 42,9 %, mientras que las expectativas de utilización de la capacidad instalada



alcanzaron el 43,8 %.

No obstante, estos valores permanecen alineados con el promedio reciente y por debajo de los niveles iniciales de la serie. El sector mantiene, así, una postura prudente: la mejora es aún incipiente y no alcanza para consolidar un escenario de crecimiento sostenido.

Sector exportador

El segmento exportador registró en febrero una caída significativa. Los pedidos en firme descendieron a 22,8 %, mientras que las expectativas de pedidos futuros se ubicaron en 23 %, muy por debajo de los niveles de enero (37,9 % y 44,0 %, respectivamente).

Este retroceso evidencia un deterioro marcado en la demanda externa, impactando tanto en la actividad efectiva como en las perspectivas de corto plazo. El frente internacional vuelve a configurarse como un factor de incertidumbre adicional para el sector.

Segmentación de mercado

El termómetro de demanda muestra una estructura concentrada y heterogénea, liderada por Automotriz/Utilitarios (29,47 %), Oil & Gas (28 %) y Maquinaria Agrícola (27,83 %), que continúan impulsando la actividad.

En un segundo nivel se ubican Instalaciones de Redes de Agua (24,44 %), Máquinas Herramientas (18,57 %) y Siderurgia (16,36 %), con una demanda intermedia que sostiene el nivel de actividad.

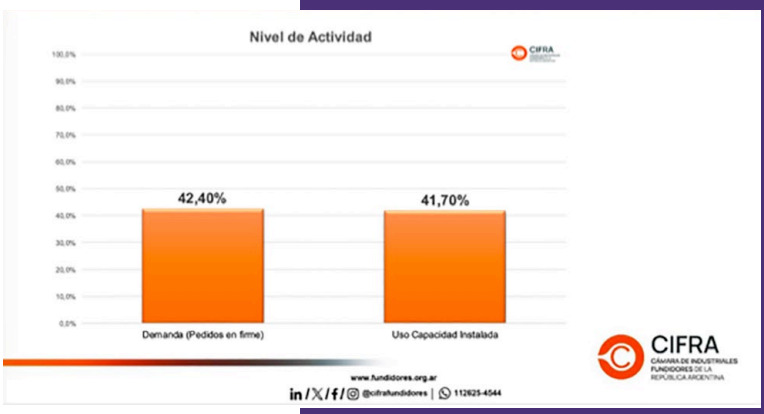
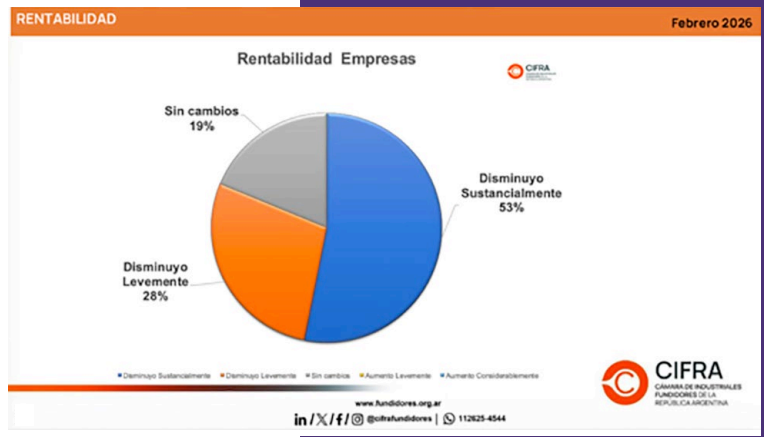
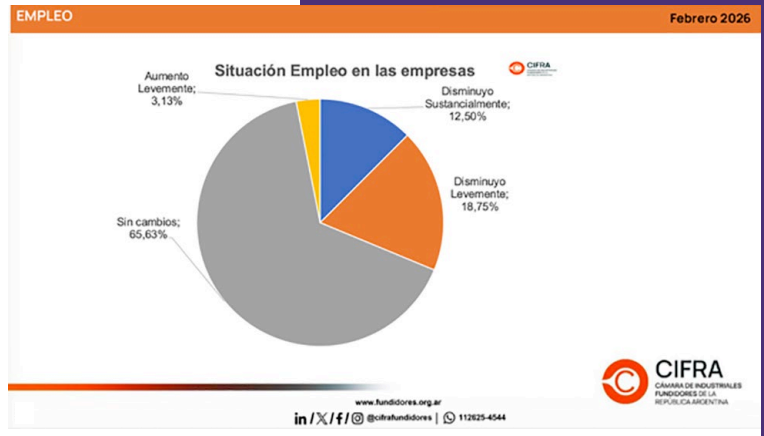
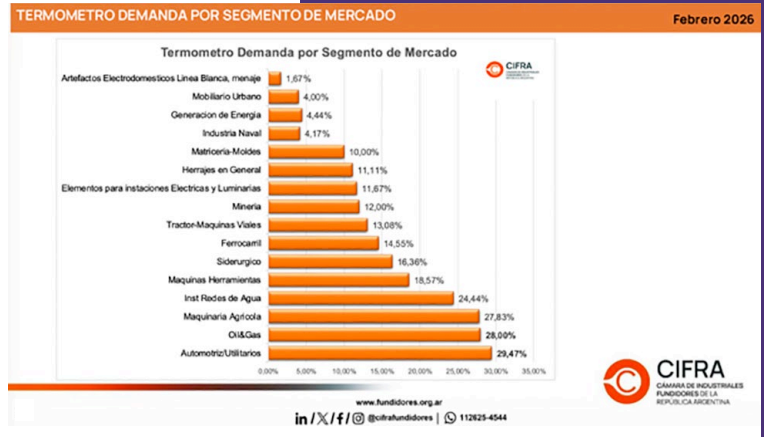
Por debajo aparecen Ferrocarril (14,55 %), Tractor-Máquinas Viales (13,08 %) y Minería (12,00%), mientras que los niveles más bajos corresponden a Matricería-Moldes (10 %), Industria Naval (4,17 %), Generación de Energía (4,44 %), Mobiliario Urbano (4,00%) y Línea Blanca (1,67 %), reflejando una demanda reducida.

En conjunto, el indicador confirma una fuerte concentración en agro, energía y automotriz, mientras que los sectores ligados al consumo siguen mostrando debilidad.

Rentabilidad y punto de equilibrio

La rentabilidad continúa siendo uno de los principales puntos críticos del sector. En febrero, el 81 % de las empresas reportó caídas en sus márgenes (53 % sustanciales y 28 % leves), mientras que el 19 % restante indicó estabilidad. No se registraron mejoras.

En cuanto al punto de equilibrio, el 50 % de las empresas no logra cubrir sus costos operativos, frente a un 40,6 % que alcanza o supera ese nivel, y un 9,38 % que no puede precisarlo.





CIFRA

CÁMARA DE INDUSTRIALES
FUNDIDORES DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA

EL FUNDIDOR

+54 9 11 2625 4544

+54 9 11 5219 4150

Alsina 1609 3° P - CABA

fundidores@cifra.org.ar

@cifrafundidores

f @ X in fundidores.org.ar