

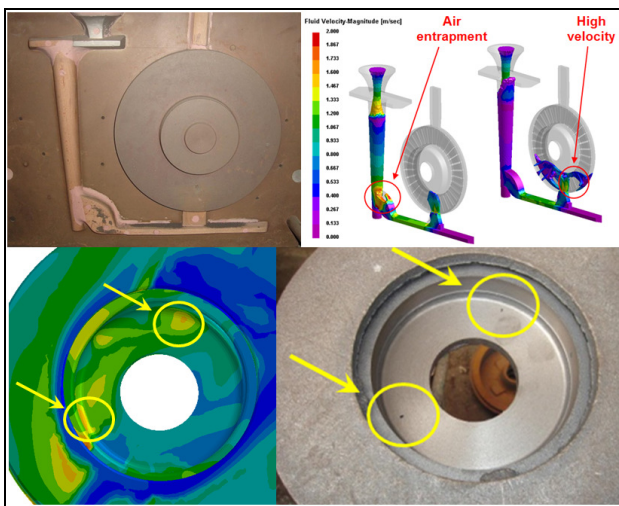
# Predicción de las propiedades de la pieza & performance a través de todo el proceso productivo

ESI Group provee un pantallazo general de los últimos desarrollos de sus software de simulación para fundición- ProCAST™ & QuikCAST™, desarrollados a partir de los requerimientos industriales.

**Publicado en Foundry Trade Journal Internacional Julio/Agosto 2012 . Traducción Julieta Brignone**

## Sinopsis

Los software de simulación para fundición- ProCAST™ & QuikCAST™ del ESI Group brindan herramientas de evaluación predictivas que se aplican en el proceso completo de fundición, incluyendo los defectos producto del llenado y la solidificación, cambios en su microestructura y deformaciones de la pieza, que asisten a la toma de las decisiones adecuadas en una etapa temprana del proceso de fabricación. La **Figura 1** muestra un caso industrial típico con fotos de la pieza y de la simulación. En este caso se mejoró la producción de manera directa al modelar con la computadora el flujo dentro de la cavidad, al ser turbulento causaba agujeros debido a aire atrapado. Al modelar una turbulencia se redujo por lo tanto la tasa de scrap, ya que se obtuvieron mejores piezas.



**Figura 1:** predicción de aire atrapado en arena. (Cortesía Helwan Iron Foundry - FACTORY9).

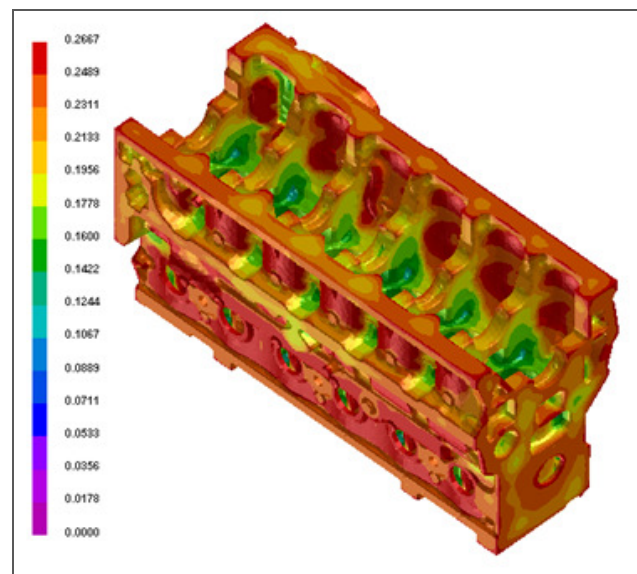
El mayor foco en la industria del modelado siempre estuvo puesto en los defectos de solidificación y los relacionados al flujo del fluido, como rechupes, predicción de aire atrapado/oxidados. El proceso de fundición sin embargo es simplemente una de varias etapas del proceso de producción. Operaciones previas como el diseño de la matriz y de los ataques y operaciones posteriores como mecanizados y tratamientos térmicos. Consecuentemente estas distintas etapas influenciarán también la performance efectiva de la pieza una vez ensamblada como producto final y llevada a las condiciones reales de uso. Por lo tanto el modelado de la pieza fundida tiene que contemplar el proceso completo de manufactura para construir un prototipo virtual confiable.

Este artículo provee una mirada general de los últimos desarrollos, impulsados por los requerimientos de la industria con especial énfasis en la predicción de las propiedades de la pieza & su performance a través de toda la cadena de producción.

Las especificaciones impuestas en los componentes cada día más demandantes han forzado a la simulación a ir más allá de la mera predicción de defectos y permitir predecir las propiedades mecánicas & dimensionales finales. Esto implica desarrollar sofisticados modelos metalúrgicos para tomar en cuenta los fenómenos físicos que gobiernan el comportamiento de la pieza en el contexto de su uso real (como ejemplo: se requiere de un cálculo acoplado de porosidad y microestructura para predecir una pieza fundida de hierro gris debido a la expansión gráfica).

El tratamiento térmico es una operación común de postproceso, que tiene impacto significativo en las propiedades finales del producto. Por ejemplo, es inevitable la consideración de las tensiones residuales térmicamente inducidas en las operaciones sucesivas para el análisis de resistencia. Este es el concepto fundamental de la simulación en cadena, que puede ir incluso más allá del proceso de fabricación, por caso usando las propiedades de un material colado/ con tratamiento térmico en un análisis de crash test para evaluar la performance final de la pieza .

## Microestructura & propiedades mecánicas

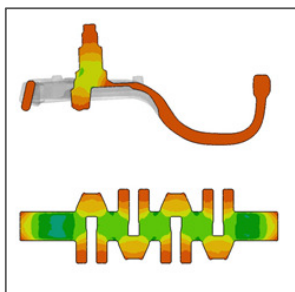


**Figura 2:** predicción de Nodularidad de block de motor. cortesía de MAN AG

Durante la solidificación & enfriamiento de las aleaciones, la formación de la microestructura es un fenómeno importante, que afecta las propiedades finales de la pieza luego de colada, es decir su calidad. Las Microestructuras son muy diversas para distintas aleaciones. Los tipos de fases presentes, la fracción volumétrica de cada una, el tamaño de grano y su forma determinan las propiedades mecánicas, y éstas a su vez determinan la aplicación de la aleación. ESI Group desarrolló el modelado de microestructura tanto para ferrosos como no-ferrosos. Adicionalmente, hay disponibles modelos específicos para simular diferentes grados de hierro, desde hierro gris, nodular y con grafito compactado (CGI) hasta hierro de alto tenor de Níquel (la **Figura 2** muestra un ejemplo de simulación). Los resultados típicamente son la fracción volumétrica de las distintas fases (ferrita, perlita, grafito, ledeburite...) & sus propiedades (conteo de nódulos, nodularidad, elongación, SDAS (distancia de brazo dendrítico secundario), dureza, límite elástico, resistencia a la tracción).

### Tratamiento Térmico

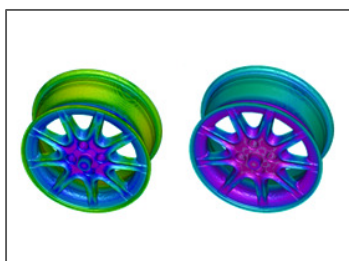
Muchas piezas fundidas son sometidas luego a tratamiento térmico para mejorar las propiedades mecánicas locales. Así se requiere transportar estas propiedades a la simulación de tratamiento térmico, para permitir predecir geometría final & propiedades mecánicas. Esto ayuda a los fabricantes a modelar los procesos sucesivos completos, antes de definir el producto final, controlando su calidad. Para modelar las transformaciones del estado sólido durante el tratamiento térmico se usan diagramas Tiempo Temperatura Transformación (TTT) o Transformación Enfriamiento Continuo (CCT), Así se obtienen importantes propiedades mecánicas como límite elástico, límite de rotura, elongación & dureza.



**Figura 3:** Fracción de Ausferrita luego de tratamiento térmico ADI en caja de transferencia y cigüeñal, cortesía de of ACTech

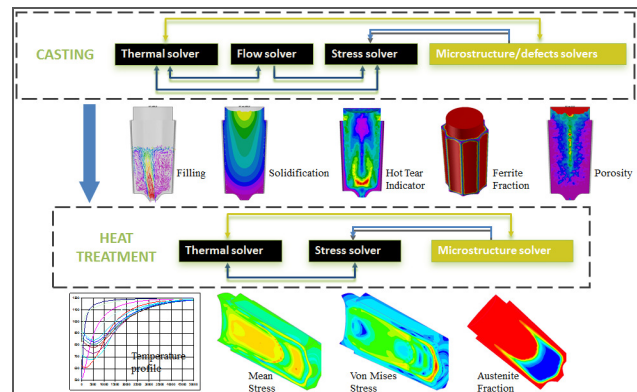
El modelado del Tratamiento Térmico (HT) dentro del QuikCAST/ProCAST no solo permite modelar el tratamiento térmico por sus principios, sino que también provee recomendaciones de envejecimiento específico para tratamientos desde T4 mediante T6 & T7, basado en variaciones contenido de Mg & parámetros de envejecido para las principales aleaciones de aluminio A356/357 (**Figuras 3 & 4**).

**Figura 4:** Elongación (izq) & resistencia a la tracción (der) de llanta de Al tratada T6.



### Colado & Sucesión de tratamientos térmicos

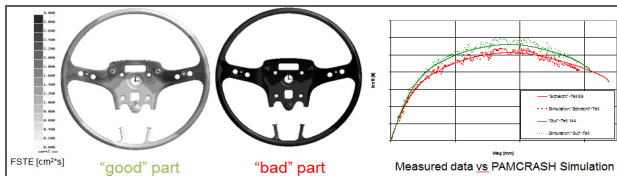
La evolución de la microestructura durante el colado y tratamiento térmico tiene un efecto que puede ser significativo en las tensiones residuales y eventuales deformaciones. Los cálculos de tensiones normalmente se calculan con las propiedades mecánicas solamente dependientes de la temperatura. ProCAST™ permite el cálculo simultáneo de tensiones y balance térmico, con predicción de la microestructura & defectos, de este modo incluyendo la influencia de la microestructura, porosidad y grietas en caliente en las propiedades termomecánicas. Un modelado preciso de todos estos procesos para obtener una pieza de excelente calidad, puede obtenerse únicamente contemplando todos los parámetros en su simulación, tomando en consideración la totalidad de procesos físicos involucrados en el proceso (**Figura 5**).



**Figura 5:** esquema de simulación de la cadena de procesos de Colado & Tratamiento Térmico en la producción de lingotes de acero. Los cálculos Térmico & de tensiones se realizan simultáneamente con los de microestructura & predicción de defectos. Las tensiones Residuales, microestructura & defectos se transportan al Tto térmico, como sucede en la realidad. La forma final & tensiones residuales que se predijeron en el lingote, incluyen el efecto de la microestructura & porosidad.

### Cadena de procesos de Colado & Crash

Más allá del proceso de manufactura, es posible ir un paso más al predecir la performance del producto durante su aplicación; ayudando a los diseñadores diseñar productos con buena calidad y evaluar también su performance. Un ejemplo típico podría ser evaluar la performance de autopartes coladas & tratadas térmicamente. Uno de los mayores focos de los fabricantes automotores hoy día, es el crash test, ensayo de choque, para asegurar la integridad física de sus clientes. Para iniciar una simulación de crash, es importante tener las propiedades correctas de las piezas elaboradas (como las piezas fundidas), obtenidas del proceso como es en realidad, antes que asumir propiedades uniformes. ProCAST™ permite cargar las simulaciones de las piezas coladas / tratadas as térmicamente directamente en una software de simulación de crash como PAM-CRASH™, con las propiedades relevantes requeridas para hacer un cálculo robusto de simulación de choque.

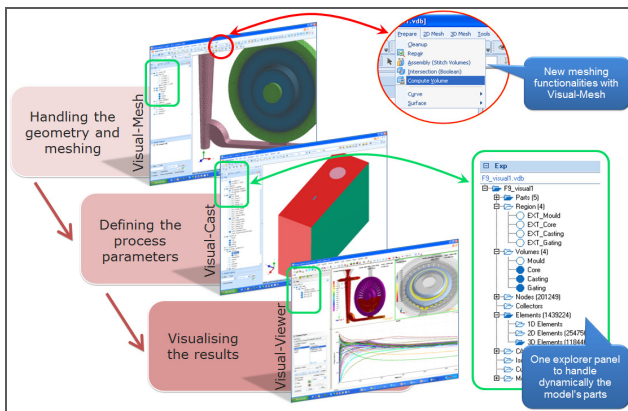


**Figura 6:** logros a partir de cálculo de simulación consecutivo de Colado-Crash, Cortesía de TAKATA-Petri AG

La **Figura 6** muestra un volante de aleación de Magnesio colado en coquilla producido por TAKATA-Petri AG usando ProCAST™. Para determinar su conformidad con las especificaciones se usó un criterio de calidad pre-determinado basado en el Tiempo de Exposición de Superficie Libre (FSTE). Se derivan las propiedades mecánicas locales basados en este criterio luego se utiliza PAM-CRASH™, simulando un ensayo de choque y se comparan con los resultados obtenidos con el ensayo experimental de deformación. Queda demostrada la habilidad de la simulación para predecir las propiedades mecánicas correctas de la pieza colada, para usarla en el análisis de crash y obtener resultados comparables con el ensayo experimental de deformación.

**El nuevo entorno: Visual-Cast**

Recientemente se colocó a ProCAST™ & QuikCAST™ dentro de un nuevo entorno, que es una plataforma común a todas las soluciones del ESI Group. Este entorno reduce drásticamente el tiempo de preparación del modelo gracias a los nuevos métodos y algoritmos como trabajar con la topología CAD en lugar de hacerlo con las geometrías malladas. Esto permite adaptar el modelo a las necesidades de la simulación, es posible remallar diferentes volúmenes del modelo sin resetear la definición del proceso. El visor es un postprocesador completo e innovador específico para aplicaciones de fundición con múltiples ventanas y con capacidad de trabajar con múltiples modelos, permitiendo a los ingenieros alcanzar los resultados necesarios para analizar el proceso y generar reportes personalizados (**Figura 7**).



**Figura 7:** diagrama del nuevo entorno Visual, que permite trabajar con un panel explorador común para manejar dinámicamente las partes de los modelos.

**Conclusión**

La demanda creciente de piezas fundidas cada vez más económicas y con estándares de calidad más altos requiere que los componentes fundidos se diseñen para alcanzar su máximo potencial. La estrategia de las herramientas de simulación para fundición del ESI Group se basa en estas necesidades industriales. La simulación de piezas fundidas progresó de ser una herramienta predictiva del proceso de evaluación a ser una asistencia completa en el proceso de diseño. Ya no es más una herramienta de solucionar los problemas en las piezas actuales sino desarrollar nuevas piezas sin ensayos en la planta tomando ya en cuenta los requerimientos de la misma en el contexto del uso de la pieza. Entonces la simulación tiene que ir más allá del proceso de fabricación para predecir la performance de la misma. Esto se asegura con las simulaciones en cadena con el Tratamiento térmico o ensayo de crash que se presenta en este artículo con la ayuda de ejemplos industriales. Además (aunque no lo hemos incluido en este artículo), es posible hacer ensayos de optimización & diseño de experimentos (DOE), lo cual permite modificar parámetros de proceso automáticamente (como temperatura de colado, velocidad de llenado, etc) basados en objetivos definidos por el usuario (como reducir porosidad, minimizar el aire atrapado, etc). Son la base del gerenciamento del ciclo de vida útil de la pieza usando Virtual Prototype. Para más información visite <http://www.esi-group.com/products/casting/>