

GESTIÓN DE CÁLCULOS: LA INGENIERÍA EFICIENTE

Recibido: 14/02/06

Aceptado: 29/04/06

Juan Antonio Rubio

Doctor Ingeniero de

Telecomunicación

Jefe de Proyectos de Addlink

Software Científico

Antonio Molina

Licenciado en Matemática

Director Técnico de Addlink

Software Científico

RESUMEN

Durante las últimas décadas, el proceso de cálculo ha sido mejorado enormemente gracias a la utilización de *software* especializado que permite que los ingenieros interactúen con los cálculos en un formato completamente análogo al de un informe de Ingeniería y que automáticamente gestiona la coherencia de las unidades. Estas herramientas han incrementado sustancialmente la productividad individual de los ingenieros. Pero, habitualmente, los programas u hojas de cálculo resultantes del trabajo de Ingeniería suelen dispersarse por toda la organización y, a menudo, los cálculos acaban repitiéndose una y otra vez. Además, estos cálculos pueden llegar a ser inconsistentes entre sí y difíciles o imposibles de encontrar cuando realmente se necesitan, por ejemplo, para la verificación de una característica de diseño.

Ahora, los procesos de Ingeniería están al borde de sufrir otra reforma fundamental que promete proporcionar mejoras sustanciales tanto en la calidad como en su productividad. Están apareciendo nuevas herramientas que permiten capturar, organizar y gestionar la miríada de cálculos generados en toda la empresa. Estas herramientas van a impulsar el uso de mejores prácticas en la Ingeniería, haciendo mucho más fácil verificar la exactitud de los cálculos y estimular su reutilización.

Palabras clave: Gestión de cálculos, Ingeniería, proyectos, *Mathcad*.

ABSTRACT

During the last decades, the calculation process has been improved

enormously thanks to the use of specialized software allowing engineers interact with calculations in a completely analogous format to an engineering report and at the same time managing the coherence of the units. These tools have increased substantially the individual productivity of the engineers. But, usually, the programs or resulting spreadsheets of the engineering work, habitually disperse through all the organization and, often, the calculations are repeated once and again. In addition these calculations can become inconsistent and difficult or impossible to be found when they are really needed, for example, for the verification of a design characteristic.

Now, the engineering processes are on the edge of undergoing another fundamental reform that will provide substantial improvements in the quality and productivity of engineering processes. New tools are appearing allowing to capture, organize, and manage the myriad of calculations generated in the whole company. These tools are going to impel the use of the best practices in engineering, making much easier to verify the exactitude of the calculations and stimulate their reusability.

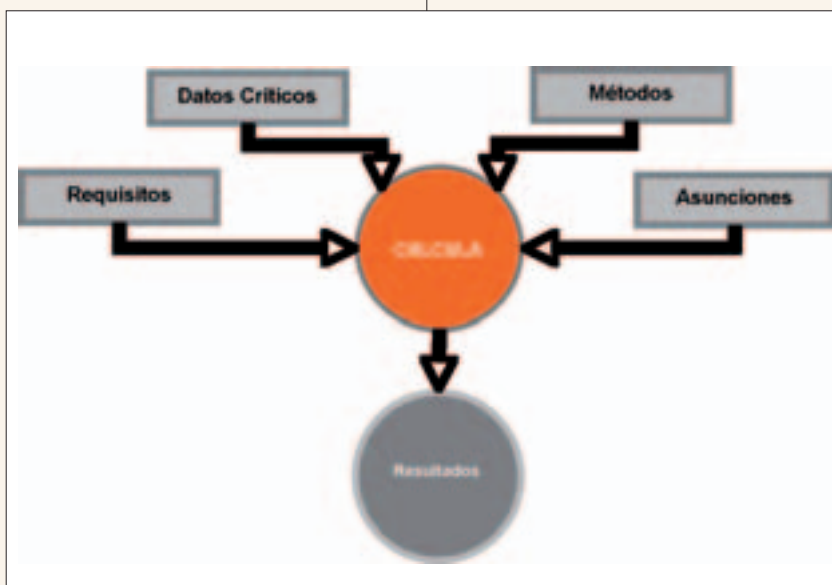
Key words: Calculation processes, Engineering, Projects, *Mathcad*,

LOS CÁLCULOS MATEMÁTICOS, COLUMNA VERTEBRAL DE LA INGENIERÍA

Los cálculos son el flujo vital de la Ingeniería, la base fundamental para las decisiones de diseño en, prácticamente, cualquier estado del producto o ciclo de vida de un proyecto. En los fundamentos del diseño de prácticamente cualquier producto de Ingeniería o proyecto nos encontramos con un gran número de cálculos matemáticos que sostienen las decisiones tomadas en el diseño. Los cálculos matemáticos aplicados son la columna vertebral de los parámetros críticos del producto que se utilizan para analizar datos de tests o para predecir el rendimiento del producto.

El ABET (*Accreditation Board for Engineering & Technology, Inc.*) define la Ingeniería de diseño como “*el proceso de proyectar un sistema, componente o proceso para que se ajuste a necesidades establecidas. Es un proceso de toma de decisiones (a menudo iterativa), en el cual se aplican las ciencias básicas y la ingeniería para convertir óptimamente los recursos para que se ajusten a los objetivos planteados.*”

Las matemáticas y el análisis siguen un proceso de toma de decisiones iterativa, de acuerdo con el esquema adjunto



Los cálculos individuales son una amalgama de datos brutos, experiencias prácticas, leyes matemáticas y principios científicos que responden a cuestiones mundanas pero vitales, como “¿cuán fina tendrá que ser esta pared para poder soportar la carga requerida?” El proceso de cálculo, a medida que se avanza en el curso del proyecto, es fundamentalmente lo que hace a la ingeniería elevarse por encima de la simple prueba y error y la conjetura.

Imaginemos el diagrama de flujo del proceso de Ingeniería de un gran proyecto. Éste sería enorme, con bucles y ramas entre todos los subproyectos. El flujo de decisiones tendría numerosos contribuyentes entre los que se incluiría el flujo de cálculos. De hecho, se puede afirmar que la historia del proceso de cálculo-entradas, asunciones, métodos y resultados-está entre los registros más importantes de un proyecto de ingeniería. Cualquiera de los éxitos o fracasos, por inusuales que sean, se reflejarán con alta probabilidad dentro de él.

MÉTODOS TRADICIONALES DE CALCULAR

Un componente complejo, por ejemplo, puede tener docenas de dimensiones y cada una de ellas representar una decisión de Ingeniería. ¿Cuán fina debería ser la pared de la caldera para asegurar que no se queme cuando se trabaja a toda su capacidad? Muchas de estas decisiones, especialmente las más importantes, son determinadas por un ingeniero que extrae un formulario de un manual de referencia o memoria y selecciona la fórmula que aplica a la tarea entre manos. Hace una década o dos, el ingeniero típico utilizaría una calculadora para resolver este tipo de problemas pero el proceso de machacar números con una fórmula complicada en una calculadora llevaba mucho tiempo. Y, todavía peor, no era fácil documentar los cálculos por lo que éstos, a menudo, tenían que ser repetidos múltiples veces para asegurar que se estaban realizando correctamente. La gestión de las múltiples unidades involucradas en la mayoría

de los cálculos también requería mucho tiempo debido a que era muy fácil cometer errores de este tipo.

Aunque las hojas de cálculo se diseñaron originalmente para aplicaciones financieras, han encontrado amplio uso en los cálculos de Ingeniería con la ventaja de que permiten organizar los cálculos en celdas y proporcionar la capacidad de formatear las celdas de forma que los cálculos estén auto documentados. Pero las hojas de cálculo sólo resuelven parcialmente el problema de los cálculos de Ingeniería. Al haberse diseñado para aplicaciones financieras, no proporcionan un método intuitivo de representar una ecuación de ingeniería y fuerzan a los ingenieros a continuar trabajando manualmente el problema de tratar las unidades. El resultado es que, como en los cálculos a mano, los cálculos importantes realizados con hojas de cálculo o utilizando programas escritos con lenguajes de programación propietarios deben verificarse una y otra vez.

La otra alternativa es enfrentarse al riesgo de que los errores causados por la introducción incorrecta de fórmulas, datos o enlaces puedan generar resultados incorrectos que podrían, en el peor de los casos, propagarse a través del diseño y correr así el riesgo de obtener un rendimiento pobre o fallos. Errores con valor de varios millones de euros e incluso de billones de euros son generalmente debidos a simples errores al entrar datos en hojas de cálculo o en programas escritos con lenguajes de programación propietarios.

Considérese un grupo de ingenieros discutiendo sobre el rediseño de un eje. Tras la reunión, Fernando y María elaboran los cálculos sobre dos de los componentes clave. María crea una hoja de cálculo para prever el tipo y número de soportes que hay que utilizar, mientras que Fernando escribe un programa para calcular las tensiones en una junta en “u” cuando se usa fuera de los valores nominales. La hoja de cálculo de María y el programa de Fernando son esencialmente los únicos registros en toda la empresa de lo acordado en la reunión. El contenido de la pizarra se borró. Las

notas que tomó Fernando estaban en un bloc de notas que utilizó durante la reunión y las notas de María, en una libreta en su escritorio. A medida que el diseño del eje sigue adelante, las respuestas producidas por la hoja de cálculo y el programa son la base para el seguimiento de los cálculos. La hoja de cálculo de los soportes de María, con el tiempo, es adaptada para el cálculo de otros montajes. Una auditoria aleatoria posterior descubre errores en un 5% de las celdas. Como resultado, la empresa ha estado gastando más de la cuenta en soportes, pero al menos el diseño conservador no supone un peligro para los clientes. Mientras tanto, la nueva junta en “U” ha fallado en repetidas ocasiones cuando se han realizado registros de prueba. Puede ser necesario retirar el diseño y un investigador gubernamental quiere saber qué asunciones se utilizaron para la flecha del eje en un terreno desigual. El programa de Fernando todavía está en el sistema de gestión de documentos del proyecto, pero el mismo Fernando tiene problemas para interpretar su código. Este tipo de escenarios son más que típicos en las organizaciones de Ingeniería, con grados de impacto variables.

PROLIFERACIÓN DE SOFTWARE ESPECIALIZADO

Estas dificultades con las hojas de cálculo ayudan a explicar la popularidad de programas especializados diseñados para facilitar los cálculos de Ingeniería y que fueron introducidos por primera vez hace aproximadamente dos décadas. Como se ejemplifica con *Mathcad*, este *software* formatea los cálculos de Ingeniería de exactamente la misma manera en la que aparecería en un libro de referencias o en un informe de Ingeniería. La diferencia fundamental es que las fórmulas son interactivas. Un ingeniero puede cambiar la fórmula o los valores de los datos y el cálculo se actualizará automáticamente del mismo modo que en una hoja de cálculo. Una característica muy importante es que el *software* mantiene inteligentemente un seguimiento de las unidades. Los ingenieros pueden entrar datos en

cualquiera de las unidades disponibles y el programa realizará la conversión apropiada. Una de las principales ventajas es que esta aproximación hace que los cálculos de Ingeniería sean auto-documentados. Las fórmulas y los datos son auto-contenidos así que no hay posibilidad de errores en, por ejemplo, escribir la fórmula en una calculadora. Al contrario que en una hoja de cálculo o en otras herramientas, las fórmulas se mantienen en un formato comprensible por cualquier ingeniero, lo que les permite verificarlas o compartirlas fácilmente con otros colegas. Normalmente, por ejemplo, en un informe de Ingeniería hay que confiar que los cálculos y los gráficos se correspondan con las fórmulas del documento. Con el programa de cálculo la duda se esfuma porque el documento en sí mismo es el que produce los resultados.

Como resultado de estas ventajas, el programa de cálculo de Ingeniería ha proliferado a través de las empresas de Ingeniería más importantes. En más de 50 países, 1,7 millones de ingenieros están utilizando el programa *Mathcad*, con mucho el producto líder en esta categoría, utilizado por el 90%, más de 500 Agencias gubernamentales y más de 2.000 Institutos y Universidades. Entre los clientes se incluyen: 3M, Alliant Defense Electronics Systems, BAE Systems, Bechtel Corp. Boeing, Caterpillar, Delphi Delco, Dupont, Excalibur Systems, Exxon, Fujitsu, General Dynamics, Ge-

neral Electric Aircraft, Hershey Foods Corp., Honeywell, IBM, Lockheed Martin (LMCO), Los Alamos National Lab, Moog Inc., Northrop Grumman Corp., Ohio State University, Raytheon, Rolls Royce, Siemens Westinghouse, Universal Studios, USDA Forest Service.

Estas empresas han descubierto que el programa puede mejorar la productividad de los ingenieros individuales proporcionándoles un método intuitivo, interactivo y autodocumentado para realizar sus cálculos.

El desafío de gestionar estos cálculos

Como resultado del amplio uso de este programa, muchos ingenieros están obteniendo la mejora de productividad y exactitud que proviene de documentar fórmulas, realizar cálculos en un entorno único y automatizar los cálculos con unidades. Esto representa una enorme ventaja.

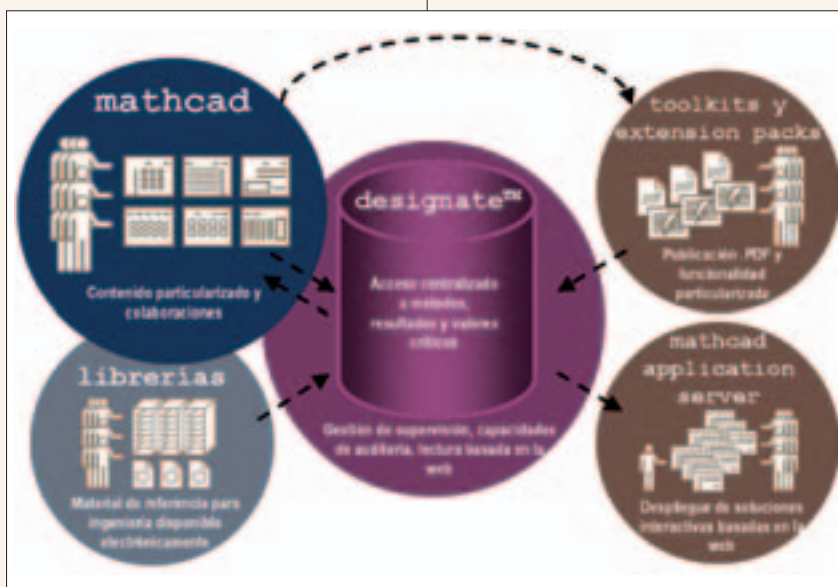
Hasta ahora los ingenieros han trabajado prácticamente de forma individual generando grandes números de cálculos como parte del proceso de diseño, que son muy difíciles de verificar. Por ejemplo, ¿están todos los ingenieros involucrados en un proyecto de construcción de una carretera principal utilizando el mismo número para la densidad del hormigón 320, o cualquiera de los cientos de otras constantes que juegan un papel crítico en el proyecto? ¿Están los ingenieros utilizando las mismas

fórmulas para realizar cálculos de Ingeniería similares y de dónde provienen estas fórmulas?

Responder a este tipo de cuestiones durante la fase de diseño de un proyecto importante puede suponer un tiempo considerable. Se necesita identificar a los ingenieros implicados en las decisiones y requerirles que abran sus hojas de cálculo o hojas de trabajo de *Mathcad*. Pero ¿qué pasa si las preguntas aparecen después de que el proyecto ya ha finalizado y la gente involucrada se ha redirigido a otros proyectos o incluso han dejado la empresa? Existe un gran riesgo de que se muy difícil o incluso imposible comprender sus procesos de toma de decisiones. Por ejemplo, durante la revisión del diseño alguien deseará probablemente verificar los cálculos utilizados para definir el grosor de las paredes de la caldera en el ejemplo mencionado anteriormente. Deberán de llamar al ingeniero implicado y pedirle que envíe un fax con sus notas o su hoja de trabajo. O imaginemos una situación en donde se determinó en la mitad del proyecto que el hormigón utilizado realmente tenía una densidad diferente que la que fue utilizada en los cálculos de diseño. Surge entonces la cuestión, ¿en qué fase del diseño se utilizaron los números anteriores y qué necesita ser modificado? Potencialmente, podría llegar a ser necesario contactar con cada uno de los autores del proyecto (suponiendo que realmente pudieran ser localizados) y pedirles que volvieran a revisar todos sus cálculos (considerando que todavía los conservan) en busca de los valores de densidad antiguos. Incluso después de este enorme esfuerzo, todavía no habría manera de averiguar si ciertas partes del diseño no dependieron del antiguo número.

Aparece la solución basada en XML

Muy recientemente, una solución llamada Gestión de Cálculos (*Calculation Management*) ha empezado a controlar este problema. La idea básica es proveer a las organizaciones con un entorno para estandarizar sus cálculos y métodos de forma que es-



tos puedan ser gestionados y rastreados como la valiosa propiedad intelectual que realmente son. El obstáculo clave que tuvo que ser superado fue desarrollar una estructura para capturar y gestionar la miríada de hojas de trabajo de Ingeniería en un repositorio único y bien organizado. Esto se ha conseguido con la extensa utilización de XML, una tecnología que ofrece esquemas simples que extraen el significado de los datos no estructurados de otra manera, permitiendo que la información fluya con facilidad y coherencia a través de toda la organización y también a los colaboradores o socios externos cuando sea necesario. XML proporciona la capacidad de estandarizar y compartir los cálculos y también imparte significado y posibilidad de rastreo a los cálculos. XML permite almacenar y rastrear los cálculos (así como sus supuestos) constantes, materiales de referencia, etc., que los han fundamentado.

Mathsoft desarrolló y publicó el primer esquema global basado en XML para Ingeniería, la Arquitectura de Información XML de *Mathcad*. Aunque los esquemas XML para matemáticas ya existían, ésta es la primera vez que se da cuenta de la especial naturaleza de la información de Ingeniería y Matemática aplicada, incluyendo parámetros, unidades y resultados. Se trata de un modelo de datos abierto y no propietario que puede ser leído tanto por los ingenieros como por su *software*, incluyendo *Mathcad* y otros paquetes o programas a medida. *Mathcad* XML soporta la Gestión de Cálculos haciendo que la información de Ingeniería pueda ser rastreada a través de toda la empresa mediante una base de datos central.

NUEVA VERSIÓN DEL PROGRAMA DE CÁLCULO PARA INGENIERÍA

La Gestión de Cálculos se hace posible gracias a la *Mathsoft Calculation Management Suite*. El primer producto de esta suite, *Mathcad 12*, es una nueva versión del conocido programa de cálculo para Ingeniería que soporta XML, permitiendo que los cálculos

puedan ser gestionados y compartidos en el repositorio de la empresa y haciendo posible el almacenamiento y seguimiento, no sólo de los cálculos en sí, sino también de un amplio rango de información sobre ellos. No existe límite en el tipo de información de la que una empresa en particular puede desear hacer un seguimiento. Alguno de los más comunes y obvios son el autor de la hoja de trabajo, cuándo fue ésta creada, cuándo fue modificada y por quién, si se ha aprobado su uso dentro de la empresa o en un proyecto particular, a qué tipo de problemas aplica, etc.

Significativamente, la información de procedencia o fuente de las fórmulas, constantes y datos puede incluirse en las hojas de trabajo y se pueden establecer hojas que fueren a los ingenieros a entrar la fuente original de sus valores clave. Por ejemplo, se podría establecer la historia de una fórmula declarando que procede de la página 149 de *Roark's Formulas for Stress and Strain*. O se podría establecer el origen de la constante para la densidad del hormigón afirmando que fue proporcionada por un proveedor principal. La utilización de XML como formato nativo de sus ficheros en lugar de un formato binario cerrado implica que otros paquetes de software podrán acceder a la información en los cálculos, o incluso que esta información podrá ser leída por un ingeniero con un navegador o un editor de texto. También es importante desde el punto de vista de la reglamentación porque ciertos entes reguladores requieren a algunas industrias que éstas almacenen la información de Ingeniería durante largos espacios de tiempo en un formato que sea legible sin necesidad de acceder a un programa de *software* en particular.

Las hojas de trabajo de *Mathcad* pueden utilizarse para ir un poco más allá, particularizándolas para imponer el uso de prácticas correctas dentro de la organización. La organización puede crear un conjunto de plantillas estándar que sirvan como bloques de construcción para los cálculos y aseguren que se están utilizando métodos probados y consistentes. Por supues-

to, los directivos pueden auditar el proyecto con rapidez y asegurarse de que se han utilizado las plantillas aprobadas, estableciendo la procedencia para la información de diseño, etc.

Una herramienta para gestionar cálculos en toda la organización

Designate es el segundo componente de la *Calculation Management Suite*. Está dirigido principalmente a los directores de Ingeniería, los cuales no tienen por qué ser usuarios de *Mathcad* para aprovecharse de su funcionalidad. *Designate* posibilita la búsqueda de documentos de *Mathcad* y otros documentos XML en toda la organización basándose en los cálculos por si mismos además de en la metainformación incorporada en ellos. En el ejemplo anterior, donde se tomó la decisión de utilizar un nuevo valor para la densidad del hormigón, un directivo podría buscar en el proyecto o en toda la organización cada cálculo en el que se utilizó el valor antiguo para evaluar el impacto de realizar el cambio. Las revisiones de Ingeniería se simplifican enormemente haciendo que los revisores puedan entender qué fórmulas fueron utilizadas, de dónde provenían, y con una clara identificación de la fuente de los distintos parámetros del cálculo. Es importante recalcar que toda esta información está contenida en las propias hojas de trabajo y ya no se depende de la disponibilidad de la persona que originalmente realizó los cálculos. Estas mismas características son las que también facilitan la reutilización de diseños que han sido creados en la organización. Los ingenieros pueden copiar las hojas de trabajo o parte de las mismas a la vez que mantienen la historia de la información contenida en ellos.

Mathsoft ofrece *Mathcad* XML como un estándar abierto que puede ser utilizado por otros fabricantes de *software* de Ingeniería para almacenar información contrastable de Ingeniería. Por ejemplo, la información de diseño en los sistemas de gestión del ciclo de vida de un producto podría enlazarse potencialmente a los cálculos de Ingeniería sobre los que están basados. Las entradas a los progra-

mas de análisis de Ingeniería podrían ligarse a los cálculos realizados en hojas de trabajo de *Mathcad* u otras fuentes y sus salidas podrían servir como origen para otros cálculos. Muchos de los fabricantes más importantes de software para Ingeniería ya han expresado su interés por este método. A medida que vaya arraigando, la manejabilidad y capacidad de rastreo que se proporciona con la nueva *Calculation Management Suite* se podría extender a lo largo de todas las operaciones de Ingeniería de toda la organización. Potencialmente, el proceso de toma de decisiones de Ingeniería a lo largo de todo el programa o proyecto de desarrollo del producto podría ser documentado y enlazado de forma que los gestores podrían investigar cualquier decisión simplemente apuntando y haciendo clic con su ratón.

Amplio acceso a través de la web

El tercer elemento de la nueva *Calculation Management Suite* es *Mathcad Application Server*, que permite crear y distribuir documentos *Mathcad* completamente interactivos a través de Internet e intranets. Los ingenieros de diseño pueden distribuir fácilmente contenidos de *Mathcad* a través de Internet sin realizar programación. Los usuarios pueden ver e interactuar con documentos de *Mathcad* con sus navegadores de Internet, eliminando así la necesidad de aprender *Mathcad* o de instalarlo en sistemas cliente. Los documentos se pueden configurar para permitir a los usuarios entrar diferentes parámetros utilizando campos en formularios HTML. El servidor entonces recalcula la hoja de trabajo y actualiza la página web con los nuevos resultados. Esto permite que las empresas distribuyan documentos *Mathcad* interactivos a usuarios que no corren *Mathcad* pero que mantienen la capacidad de realizar cálculos. El diseñador puede limitar la cantidad de contenido en las páginas web para proteger la propiedad intelectual de la empresa. Los administradores de IT tienen control total sobre la seguridad y el acceso porque la aplicación está construida sobre IIS (*Internet Information Services*).

LA GESTIÓN DE CÁLCULOS PUEDE MEJORAR EL RENDIMIENTO

Principios básicos

Principio 1: La Gestión de Cálculos incluye gestionar las asunciones subyacentes.

Mientras que muchas herramientas, como las hojas de cálculo y programas, pueden automatizar con éxito los cálculos, los supuestos y los datos subyacentes a esos cálculos permanecen efectivamente escondidos en la mayoría de los casos. Y, sin la información detrás de las respuestas en algún formato legible y manejable ¿cuánto está dispuesta a arriesgarse una empresa al reutilizar esas respuestas en el futuro?

Las asunciones no se registran por sí mismas pero las empresas pueden proporcionar un entorno de cálculo (gracias a la Tecnología y a la Formación) que puede contribuir a una documentación minuciosa.

Principio 2: Liberar a los cálculos de medios y aplicaciones particulares

Las matemáticas son un tipo de datos particularmente desafiante. A menudo, las ecuaciones están representadas en un formato más accesible (como en los medios impresos o notas manuscritas), pero no trabajan; sólo son imágenes. Sin embargo, las fórmulas "activas" de la mayoría de aplicaciones están alejadas de la visión humana.

Presentamos un ejemplo de una ecuación de Ingeniería en notación matemática estándar tal y como es interpretada visualmente por *Mathcad*:

La corriente de ruido equivalente RMS es aproximadamente

$$I_n = \sqrt{\left(\frac{4kT}{R_p} + \frac{I_n^2}{R_p^2} \right) \Delta f + \frac{4}{3} \pi^2 C_s^2 I_n^2 \Delta f^3}$$

A continuación se muestra cómo aparecería la misma ecuación en una hoja de cálculo:



Todos sabemos la frustración que supone introducir la misma información en una serie de bases de datos o en otras aplicaciones dirigidas a almacenar el trabajo. Las herramientas de gestión de cálculos deberían de ofrecer unas pantallas amigables, producir documentos con los que sea fácil trabajar e interactuar de forma nítida con los programas más relevantes.

Principio 3: Establecer reglas y procedimientos para la Gestión de cálculos

Las estrategias de Gestión de cálculos exitosas son consecuencia lógica y natural de las prácticas actuales. Esos sistemas deberían mejorar el control de la empresa sobre el capital intelectual más valioso y facilitar el trabajo de los ingenieros:

- *Promocionando la reutilización* y creando librerías de estándares y métodos internos.

- *Centralizando los parámetros clave.* Ciertas variables, como las propiedades de los materiales, tienen su utilidad en la mayoría de los cálculos. Manteniendo esos parámetros clave bajo una gestión centralizada se asegurará que todos los cálculos utilicen los valores más fiables. Además, puede calcularse el impacto de cambiar esos números y minimizarlo.

- *Poniendo a disposición en línea a los cálculos y estándares.* Internet es el banco de información más importante, y el acceso remoto para muchas empresas de ingeniería cuyos empleados se encuentran frecuentemente fuera de las instalaciones de la organización.

LA MEJORA DE PROCESOS TRIUNFA SOBRE LA AUTOMATIZACIÓN DE TAREAS

Es bien sabido y lógico en el mundo de los negocios que automatizar un proceso de negocio ofrece mucho mayor retorno de la inversión tecnológica que la automatización de las tareas discretas. A finales de los años 80, la firma de consultoría **Nolan, Norton & Co.** puso algunos números a este fenómeno, citando un modesto retorno de la inversión (10 a 20%) para la automatización de tareas e impresionantes retornos por encima

del 300% para la automatización de los procesos de negocio. Hoy en día, el experto más reconocido en el tema de las inversiones en TI en relación con la productividad de los trabajadores es **Eric Brynjolfsson**, un profesor del **Center for eBusiness del Sloan School of Management del Massachusetts Institute of Technology**. Eric Brynjolfsson ha estudiado durante años los cambios, pequeños y grandes, en los procesos de negocio, que han sido precipitados por las nuevas tecnologías, y que cree que realmente han supuesto impresionantes ganancias de productividad.

El estudio de **Brynjolfsson** de 1.167 grandes empresas en 41 industrias concluyó que el crecimiento de la productividad tuvo lugar gracias a la combinación de las nuevas tecnologías y los nuevos procesos de

cluso sobre la gestión del ciclo de vida del producto, normalmente nos enfocamos en el diseño de productos electrónicos o prototipos de productos virtuales. Los cálculos de Ingeniería per se a menudo son ignorados. Y, sin embargo, los cálculos matemáticos y los procesos de pensamiento y asunciones subyacentes juegan un papel fundamental en el desarrollo del producto. Son demasiado importantes como para languidecer en el cajón de un escritorio o en una hoja de cálculo de un ordenador personal. Este estudio describe la transición emergente a la gestión de cálculos de ingeniería desde los blocs de notas en papel a los sistemas de gestión de cálculos electrónicos. Esta transición está cargada de obstáculos que tienen que ser superados que van desde la necesidad de vencer las reticencias

trar los beneficios de las prácticas de gestión de cálculos y entonces compartir lo aprendido con el resto de la organización y sus socios de negocio.

- Asegurarse de que la aplicación de la gestión de cálculos que se ha planificado implementar es fácil de aprender, no requiere mucho tiempo para utilizarla y se ajusta a la infraestructura de TI existente.

VENTAJAS CLAVE

Esta nueva filosofía basada en la Gestión de Cálculos tiene el potencial de mejorar drásticamente la productividad y calidad de los procesos de Ingeniería. Da a los ingenieros la capacidad de buscar rápidamente y copiar cálculos a través de toda la organización lo que permitirá ahorrar mucho tiempo gracias a la reutilización de la información, en oposición a la reinención de la rueda. Será posible localizar cálculos previos que apliquen al trabajo entre manos y determinar fácilmente su origen. La utilización de plantillas personalizadas ayudará a asegurar la calidad mediante la promoción de prácticas mejores y probadas en toda la organización. Se alcanzarán mejoras de productividad adicionales gracias a la capacidad de los gestores para acceder a los cálculos instantáneamente de forma que, por ejemplo, si se puede disponer de una nueva calidad de aluminio a un precio más bajo, los gestores puedan evaluar muy rápidamente los proyectos afectados y determinar si causará algún problema. Finalmente, la propiedad intelectual será más valiosa gracias a la capacidad de guardarla y preservarla a pesar de los posibles cambios de personal.

BIBLIOGRAFÍA

- RANGLES, CHRIS "Managing Engineering Information". XML Journal. November 2004, p. 1-2.
- RAZDOW, ALLEN. "Calculation Management. Reducing Risk and Increasing Productivity for Engineering-based Enterprises". Informe técnico de Mathsoft Engineering & Education, Inc. 2003.
- "Un servidor de cálculos al servicio de la rentabilidad". Fórum Tecnológico. 2003, núm. 5, p. 4-5. ■

Desarrollo del producto a tiempo	• Automatiza la reutilización del trabajo de Ingeniería. • Diseña y documenta al mismo tiempo el trabajo de Ingeniería. • Permite una colaboración más rápida. • Accede a información de diseño instantáneamente para mejorar la toma de decisiones.
Calidad de producto	• Reduce los errores de cálculo y diseño. • Asegura el diseño innovador.
Cumplimiento de regulación	• Captura la propiedad intelectual de Ingeniería, las ideas de diseño y los métodos. • Se ajusta a las regulaciones nacionales y locales. • Acata los estándares regulatorios, como, por ejemplo, Sarbanes-Oxley.
Fácil Integración con aplicaciones de Ingeniería existentes	• La arquitectura de información XML es un modelo de datos estructurado basado en estándares. • Se ajusta a los procesos de desarrollo de producto existentes en la organización. • Se integra con aplicaciones de terceras partes • Cumple con los estándares de las tecnologías de la información.

negocio. Brynjolfsson, en su conferencia sobre *eBusiness* en Cambridge, Massachusetts en 2002, afirmó que la productividad de las empresas y su valor de mercado no estaban tan estrechamente ligadas con el gasto en TI como con "cómo utilizaban la tecnología. O sea, en qué estaban haciendo con ellas. Y también en la cultura de empresa y sus actitudes hacia un conjunto global de decisiones relacionadas con la información".

Saque el máximo partido de las Matemáticas

Gisela D. Wilson, analista de IDC escribió lo siguiente sobre la "Gestión de los Cálculos" en el artículo "Calculation Management - Making the Most Out of Math" en marzo de 2004:

Cuando se piensa sobre el desarrollo de un producto discreto e in-

de los ingenieros a los que no les gusta compartir su trabajo con otros por motivos de seguridad hasta la necesidad de conseguir fondos demostrando el retorno de la inversión. Las recomendaciones de **IDC** para promover la introducción con éxito de la gestión de cálculos en los procesos de gestión del ciclo de vida del producto de un fabricante incluyen los siguientes puntos:

- Alentar una cultura de colaboración, compartimiento de información, y aprendizaje de equipos dentro del departamento de Ingeniería de la empresa
- Hacer que la gestión de cálculos forme parte de las aplicaciones de colaboración del equipo, como pasa con la conferencia Web, el e-mail y los foros de discusión.
- Establecer información sobre el retorno de la inversión para demos-