

El fin de las limitaciones de las hojas de cálculo

**Hacia la excelencia en la ingeniería mediante el trabajo simultáneo
en el diseño y la documentación de los cálculos**

Contenido

Resumen general	3
Los aspectos positivos y limitaciones de las hojas de cálculo	4
Búsqueda de una solución única para alcanzar los objetivos del ingeniero y de la organización de ingeniería	6
Mathcad®: diseño y documentación simultáneos del trabajo de ingeniería	8
Mathcad frente a las hojas de cálculo: estandarización de la herramienta adecuada para los ingenieros	9
Transición de las hojas de cálculo a Mathcad: opciones de integración y migración	11
PTC Mathcad: la respuesta a las necesidades de la empresa de ingeniería	12
Conclusión	13

Resumen general

Para una amplia variedad de organizaciones globales del competitivo mercado actual, la reducción del tiempo de lanzamiento de los productos al mercado, la mejora de la calidad de los productos y el cumplimiento de las distintas regulaciones son objetivos prioritarios que se suman a la necesidad de innovación continua. Las organizaciones dedicadas a la ingeniería, desde el sector aeroespacial y la automoción a las empresas farmacéuticas, comparten también estos objetivos, pero el esfuerzo adicional que deben realizar para gestionar con éxito la información empresarial crítica aumenta considerablemente la apuesta. La incapacidad de capturar y documentar la información de los cálculos de ingeniería supone un enorme riesgo, ya que un simple error puede hundir un proyecto multimillonario e incluso poner en peligro vidas y propiedades.

En una economía cada vez más técnica en la que la ingeniería determina el éxito de tantas empresas de la clasificación Fortune 1000, las organizaciones están tomando conciencia de la necesidad de estandarizar y documentar los cálculos de ingeniería cruciales para el negocio. La estandarización de los métodos empleados para solucionar y documentar los cálculos de ingeniería es la base de la coherencia en los procesos globales de desarrollo de productos.

Tanto si se calculan los parámetros críticos de los productos para medir el impacto de comprar el acero a un nuevo proveedor como si se analizan los datos de las pruebas para verificar los circuitos de un nuevo semiconductor o si se predice el rendimiento del producto para determinar la elasticidad de los plásticos, los cálculos matemáticos aplicados son la columna vertebral de los proyectos de ingeniería de diseño. Casi todas las decisiones de diseño tomadas en los distintos pasos del desarrollo de un producto tienen como base un alto número de cálculos. Los cálculos son una parte importante del proceso de desarrollo del producto y se deben capturar y compartir como propiedad intelectual.

Hoy en día, los ingenieros realizan los cálculos a mano, con calculadoras, escribiendo programas personalizados y, con frecuencia, utilizando hojas de cálculo. Sin duda, lo interesante de la hoja de cálculo reside en su ubicuidad como aplicación de productividad que se encuentra en casi todos los equipos comercializados actualmente. Sin embargo, esa ubicuidad no implica en todos los casos fiabilidad o capacidad para realizar auditorías, lo que puede resultar especialmente problemático para las organizaciones de ingeniería en las que el coste de un error supera con creces los dólares y los céntimos.

“La incapacidad de capturar y documentar la información de los cálculos de ingeniería supone un enorme riesgo, ya que un simple error puede hundir un proyecto multimillonario e incluso poner en peligro vidas y propiedades”.

El caso de Rolls-Royce

“Muchos ingenieros con talento usan Excel y obtienen errores graves de los que ni siquiera son conscientes. Y los errores se propagan mucho más deprisa de lo que cabría esperar”.

- Dr. Alan Stevens, especialista en modelado y simulación matemáticos, Rolls-Royce

El Dr. Stevens usa el software Mathcad de PTC para realizar muchos de sus cálculos de ingeniería. De las cuatro herramientas de cálculo de ingeniería estudiadas por el Grupo de interés especial de herramientas matemáticas para ingeniería de Rolls-Royce, Mathcad fue la que obtuvo la máxima valoración. Los expertos destacaron su facilidad de uso, su intuitiva interfaz y su capacidad para trabajar con ecuaciones complejas.

Dada la importancia de los cálculos, el verdadero núcleo de la información de ingeniería, las empresas de ingeniería están descubriendo que, por encima de la gestión de la información o los datos que proporcionan las hojas de cálculo, sus principales intereses residen en las prácticas recomendadas que tratan los cálculos como activos empresariales clave y no como simples tareas secundarias.

Esta hoja técnica analiza la forma en que las organizaciones de ingeniería pueden sistematizar la excelencia en la ingeniería mediante la estandarización de una herramienta que está optimizada para esta disciplina, pasando de la hoja de cálculo a una solución diseñada expresamente para mejorar la creación, la documentación y el uso compartido de los cálculos. Para las organizaciones de ingeniería, los cálculos son valiosos no sólo por sus resultados finales, sino también por las suposiciones, los métodos y los valores que conducen a esos resultados. Mediante la estandarización de las formas de resolver y documentar los cálculos, las organizaciones de ingeniería pueden hacer que la valiosa información de ingeniería esté a la vista para el resto de la organización y disponible para las personas clave, lo que garantiza un alto rendimiento de las inversiones y ayuda a lograr la excelencia deseada.

Atractivos y limitaciones de las hojas de cálculo

Desde la llegada de VisiCalc y Lotus 1-2-3, la aplicación seminal que llevó los ordenadores personales a las oficinas corporativas, las hojas de cálculo han proporcionado cálculos rápidos y precisos. En gran medida, las hojas de cálculo se han convertido en una herramienta omnipresente gracias a su capacidad de programación y al éxito de Microsoft Office, que las ha llevado prácticamente a todos los ordenadores. Sin embargo, las hojas de cálculo pueden impedir que las organizaciones de ingeniería alcancen sus objetivos empresariales a gran escala, ya que en lo referente a los cálculos empresariales críticos no permiten obtener una visión global:

“Para las organizaciones de ingeniería, los cálculos son valiosos no sólo por sus resultados finales, sino también por las suposiciones, los métodos y los valores que conducen a esos resultados”.

Hojas de cálculo: datos concretos

- La Universidad de Hawái descubrió que entre el 20% y el 40% de todas las hojas de cálculo contienen errores.¹
- Coopers and Lybrand descubrió que el 90% de las hojas de cálculo con más de 150 filas contenía errores.²
- KPMG descubrió que el 91% de 22 hojas de cálculo tomadas de una muestra industrial contenía errores.³
- Olson y Nilsen encontraron una tasa de celdas con error del 21% entre los usuarios de hojas de cálculo expertos.⁴
- La Universidad de Michigan encontró una tasa de celdas con error del 11,3% entre los usuarios de hojas de cálculo sin experiencia.⁵

¹ Estudios de la Universidad de Hawái

² Journal of Accountancy, “How to Make Spreadsheets Error-Proof”

³ KPMG Management Consulting, “Supporting the Decision Maker: A Guide to the Value of Business Modeling”

⁴ Human-Computer Interaction, “Analysis of the Cognition Involved in Spreadsheet Interaction”

⁵ Universidad de Michigan, “Computerized Financial Planning: Discovering Cognitive Difficulties in Knowledge Building”

Las hojas de cálculo muestran las respuestas pero omiten el contexto.

Una hoja de cálculo proporciona los resultados de un cálculo de ingeniería crítico, pero los métodos, las suposiciones, los valores y la lógica que conducen a esos resultados permanecen ocultos. En lugar de ver los cálculos expresados en la notación matemática convencional, los usuarios ven texto legible para los ordenadores lleno de fórmulas. Aunque la estructura de las celdas da algunas pistas sobre la lógica subyacente, esa lógica no es explícita. Con frecuencia, resulta difícil descifrar las ecuaciones incrustadas y las macros ocultas. Y aunque las aplicaciones de hojas de cálculo actuales pueden reflejar las relaciones existentes entre las celdas, reconstruir los pasos es casi siempre una tarea extremadamente complicada.

Por naturaleza, las hojas de cálculo favorecen los errores.

Rick Butler, un auditor que escribe y habla a menudo sobre las hojas de cálculo, afirma que los experimentos controlados realizados muestran que entre el 40 y el 80 por ciento de las hojas de cálculo contienen errores de partida.⁶ En la actual economía global, los cálculos de ingeniería deben estar libres de errores y exigen unas posibilidades de validación, documentación y seguimiento que las hojas de cálculo no proporcionan.

“Rick Butler, un auditor que escribe y habla a menudo sobre las hojas de cálculo, afirma que los experimentos controlados realizados muestran que entre el 40 y el 80 por ciento de las hojas de cálculo contienen errores de partida”.

El problema de las hojas de cálculo

Raymond Panko, experto en hojas de cálculo de la Universidad de Hawái, ha escrito que “todos los estudios que han tratado de medir los errores han encontrado, sin excepciones, que éstos están presentes en proporciones que resultarían inaceptables para cualquier organización”.⁷

Rick Butler, un auditor que escribe y habla a menudo sobre las hojas de cálculo, sostiene que los desarrolladores de las hojas de cálculo pasan por alto más del 80% de sus propios errores, mientras que los revisores externos detectan menos del 50% de los errores de lógica de diseño y del 34% de los errores de la aplicación.⁸

En 1987, Davies y Ikin inspeccionaron 19 hojas de cálculo que estaban en uso y que 10 desarrolladores de 10 empresas diferentes habían considerado correctas. Cuatro hojas de cálculo contenían errores cuantitativos graves y las tres cuartas partes de las hojas incluían errores cuantitativos o cualitativos.

⁷ Raymond R. Panko, “What We Know About Spreadsheet Errors”, publicado en el verano de 2000 en el sitio Web Spreadsheet Research.

⁸ Rick Butler, “The Subversive Spreadsheet”, European Spreadsheet Risks Interest Group.

⁶ Rick Butler, “The Subversive Spreadsheet”, sitio Web del European Spreadsheet Risks Interest Group, www.eusprig.org, noviembre de 2002.

Las hojas de cálculo requieren un elevado número de pruebas para el uso en tareas “críticas”.

Como aplicaciones de productividad personal (es decir, cuando el usuario crea la hoja de cálculo con fines exclusivamente personales), las hojas de cálculo tienen sin duda una gran utilidad. Sin embargo, el diseño de ingeniería es en la mayoría de los casos un proceso de colaboración en el que intervienen numerosos usuarios de la misma aplicación. Cuando esto ocurre, es fundamental que la hoja de cálculo se pruebe y se valide o se verifique, ya que los usuarios posteriores podrían utilizar la aplicación de hoja de cálculo en procedimientos con fines críticos y dar por sentado que es adecuada para ese uso cuando, de hecho, no lo es.

Aunque las hojas de cálculo pueden tener un gran número de usos válidos en las organizaciones de ingeniería, no resultan adecuadas para la tarea de modelar, analizar y documentar los diseños de ingeniería.

Las hojas de cálculo son herramientas de uso general que no están diseñadas para trabajar con el lenguaje de los ingenieros. Estos necesitan documentos que expliquen todo lo que se debe saber sobre el proceso de diseño, con texto, cálculos matemáticos interactivos, gráficos y planos y modelos reales, todo ello en un único documento que se pueda compartir. La otra pieza necesaria es un sistema que permita además visualizar, realizar búsquedas, crear informes y publicar estos documentos y sus componentes.

Búsqueda de una solución única para alcanzar los objetivos del ingeniero y de la organización de ingeniería.

En la revolución informática de la ingeniería, uno de los principales desafíos para las empresas de este campo ha sido la lucha por dar respuesta a las necesidades de cálculo cotidianas de los ingenieros y a los objetivos a largo plazo de los procesos empresariales y de ingeniería de la organización. Los métodos de cálculo disponibles para resolver los cálculos no siempre son las herramientas más adecuadas para capturar la propiedad intelectual, compartir prácticas recomendadas, facilitar el cumplimiento de los estándares u optimizar la productividad de los procesos.

Desde una perspectiva básica centrada en las tareas, los ingenieros necesitan:

- Realizar el trabajo de cálculo en el mismo lenguaje que usan para crear el diseño: la notación matemática
- Documentar los métodos y las suposiciones reales y capturar los procesos en los que se basan los resultados de los cálculos
- Realizar de una forma eficiente todas las fases de su trabajo y reducir los errores
- Reutilizar los cálculos en los proyectos futuros. Los ingenieros necesitan documentos que expliquen todo lo que se debe saber sobre el proceso de diseño, con texto, cálculos matemáticos interactivos, gráficos y planos y modelos reales, todo ello en un único documento que se pueda compartir. La otra pieza necesaria es un sistema que permita además visualizar, realizar búsquedas, crear informes y publicar estos documentos y sus componentes.

“Los ingenieros necesitan documentos que expliquen todo lo que se debe saber sobre el proceso de diseño, con texto, cálculos matemáticos interactivos, gráficos y dibujos y modelos reales, todo ello en un único documento que se pueda compartir”.

Hojas de cálculo: una propuesta arriesgada

“Cuanto más crítica es la naturaleza del uso previsto, mayor es la integridad de software requerida. Los paquetes y las aplicaciones de hojas de cálculo no proporcionan los niveles máximos de integridad de software requeridos en las aplicaciones críticas para la seguridad (por ejemplo, aquellas en las que los errores del software pueden ser perjudiciales para la salud humana)”.⁹

⁹ R.M. Barker, P.M. Harris y G.I. Parkin, “Software Support for Metrology Best Practice Guide No. 7: Development and Testing of Spreadsheet Applications”, marzo de 2004.

Los objetivos empresariales prioritarios de una organización de ingeniería son, entre otros:

- Mejorar la innovación y la calidad de los productos
- Maximizar la productividad
- Proteger y reutilizar la propiedad intelectual de la organización
- Favorecer el cumplimiento de las regulaciones mediante el seguimiento, la verificación, la validación y la creación de informes de las actividades con los principales socios empresariales y organismos
- Aprovechar los activos informáticos existentes

Las hojas de cálculo proporcionan a las organizaciones la capacidad de gestionar grandes conjuntos de datos, presentar datos en tablas y realizar operaciones matemáticas básicas, pero ¿cuál es la solución ideal para crear y documentar los cálculos de ingeniería como activos corporativos de gran valor?

“Las hojas de cálculo proporcionan a las organizaciones la capacidad de gestionar grandes conjuntos de datos, presentar datos en tablas y realizar operaciones matemáticas básicas. Pero, ¿cuál es la solución ideal para crear y documentar los cálculos de ingeniería como activos corporativos de gran valor?”

El caso de Bechtel

“Desde finales de los años noventa, Bechtel crea plantillas de cálculos de ingeniería (con Mathcad) y las publica en su intranet para que 70 ingenieros puedan usarlas. Dejamos de utilizar hojas de cálculo y macros a causa de los problemas de comprobación”, señala Khaldoon Sakkal, coordinador de automatización de ingeniería civil, estructural y arquitectónica del grupo de petróleo y productos químicos de Bechtel. “Con 40 cálculos centralizados disponibles, los ingenieros sólo tienen que descargarse lo que necesitan, ya sea para el análisis de cargas de viento o el de pernos de anclaje, y rellenar las variables. Aunque esta tecnología no elimina los errores (cualquier ingeniero puede introducir datos incorrectos), éstos no se encontrarán en el propio cálculo”.¹⁰ Por tanto, afirma Sakkal, encontrar los errores y corregirlos es un proceso relativamente sencillo que sólo requiere repasar los datos proporcionados.

¹⁰ CIO Magazine, julio de 2003

Mathcad®: diseño y documentación simultáneos del trabajo de ingeniería

Con un lenguaje de programación o una hoja de cálculo, la lógica que determina las decisiones de ingeniería es invisible (figura 1a). Como resultado, el trabajo no se puede verificar de una forma adecuada con rapidez. Es probable que los errores de cálculo den la cara en una fase más avanzada del proyecto, cuando los costes de repetir el trabajo hayan aumentado exponencialmente. O lo que es peor: el error podría llegar al producto final.

En cambio, las hojas de trabajo de Mathcad permiten a los ingenieros documentar con eficacia el proceso de cálculo del diseño. A diferencia de las hojas de cálculo, el software de cálculo de ingeniería de Mathcad emplea la notación matemática estándar y captura las suposiciones, los métodos y los datos críticos que se encuentran en la base de cualquier cálculo (figura 1b). Mathcad, el software de cálculo de ingeniería de PTC, ofrece un entorno de “diseño en pizarra” que permite a los ingenieros capturar, aplicar y gestionar fácilmente los requisitos, los datos críticos, los métodos y las suposiciones de los productos para realizar rápidamente los cálculos. Con Mathcad, los conceptos originales, las suposiciones subyacentes, las fórmulas matemáticas, los gráficos ilustrativos, el texto explicativo, las anotaciones, los esbozos y los resultados están claramente visibles en la hoja de trabajo. La información se captura en un formato que se puede compartir y está claramente documentada.

Como la interfaz de Mathcad es dinámica, con sólo pulsar una tecla se obtiene un resultado. Al cambiar una variable, se vuelve a calcular inmediatamente la respuesta o se vuelven a trazar los gráficos 2D o 3D existentes, con lo que se elimina el trabajo de repetición manual de los cálculos. Los cálculos y los resultados se documentan en hojas de trabajo reutilizables que se pueden guardar en diversos formatos, como Word, PDF, HTML y XML. Estos formatos flexibles permiten a los ingenieros compartir el diseño totalmente documentado, incluidos el concepto y la implementación, no sólo el código. El formato XML facilita la posibilidad de compartir las hojas de trabajo, los métodos o los valores con otros usuarios y sistemas, entre los que se incluyen las aplicaciones de gestión de documentos, los programas de diseño asistido por ordenador (CAD) y las soluciones de gestión de datos del producto (PDM).

“A diferencia de las hojas de cálculo, el software de cálculo de ingeniería de Mathcad emplea la notación matemática estándar y captura las suposiciones, los métodos y los datos críticos que se encuentran en la base de cualquier cálculo”.

$$((\pi \cdot D1 \cdot h) / 2) \cdot (\text{SQRT}(1 + ((D1^2) / (4 \cdot h^2)) + ((\pi \cdot D1^2) / 4)))$$

Figura 1a. Ejemplo de ecuación de Excel en la que la lógica no está visible a causa de la expresión lineal incrustada en la celda.

$$\frac{\pi \cdot D \cdot h}{2} \cdot \sqrt{1 + \frac{D^2}{4h^2} + \frac{\pi D^2}{4}}$$

Figura 1b. La misma ecuación de la figura 1a, esta vez representada en Mathcad utilizando la notación matemática estándar.

Mathcad frente a las hojas de cálculo: estandarización de la herramienta adecuada para los ingenieros

¿Cómo se puede saber si un proyecto concreto se beneficiará más de las funciones y capacidades de una hoja de cálculo o de Mathcad? Aunque las necesidades, los parámetros y los objetivos de cada proyecto de diseño de ingeniería son diferentes, las siguientes preguntas resultan útiles para decidir qué herramienta es la más adecuada para el trabajo.

¿Qué tipos de cálculos y ecuaciones va a utilizar?

Tradicionalmente, los usuarios empleaban las aplicaciones de hojas de cálculo como Microsoft Excel para trabajar con grandes tablas de datos y con cálculos y ecuaciones simples. Sin embargo, cuanto más complejo o avanzado es un cálculo, más intrincada se vuelve su representación en Excel, lo que con frecuencia se traduce en un caos de números, letras y paréntesis nada intuitivo.

Con Mathcad no hay que aprender ninguna sintaxis complicada: se escriben las ecuaciones y se ven los resultados. Mathcad emplea notación matemática real y captura las suposiciones, los métodos y los datos críticos en los que se basan todos los cálculos, ya sean sencillos o complejos. Si necesita más potencia matemática y más flexibilidad de las que pueden proporcionar los cálculos numéricos sencillos, Mathcad le permitirá realizar cálculos simbólicos y otros tipos de cálculos de alto nivel. Además, las hojas rápidas de Mathcad ofrecen plantillas de Mathcad predefinidas que se pueden personalizar para llevar a cabo una amplia gama de tareas matemáticas, desde solucionar ecuaciones a crear gráficos y realizar análisis.

¿Necesita derivar una solución o ecuación de modelo?

Para los ingenieros y sus organizaciones, la necesidad de derivar ecuaciones para modelar o describir un proceso o un comportamiento dado es fundamental. Mathcad es ideal para crear ecuaciones de modelo expresadas en notación matemática natural y para permitir a los usuarios cambiar las variables con facilidad.

“Si necesita más potencia matemática y más flexibilidad de las que pueden proporcionar los cálculos numéricos sencillos, Mathcad le permitirá realizar cálculos simbólicos y otros tipos de cálculos de alto nivel”.

¿Necesita documentar el modelo en un informe?

La legibilidad es esencial a la hora de documentar los hallazgos en un informe. Aunque las hojas de cálculo como Excel permiten introducir texto, el formato de celdas y tablas dista mucho de ser el ideal para las descripciones largas o detalladas. En cambio, Mathcad permite a los usuarios combinar ecuaciones, texto y gráficos en una única hoja de trabajo. Además, la arquitectura XML de Mathcad da a los usuarios la posibilidad de guardar las hojas de trabajo en formato XML, reutilizar la información en otros sistemas de texto y realizar búsquedas y crear informes basados en las hojas de trabajo sin necesidad de volver a abrirlas en Mathcad.

¿Es la conversión de unidades esencial para la tarea?

Aunque algunas hojas de cálculo como Excel permiten convertir medidas, el proceso implica introducir fórmulas complejas para realizar una conversión sencilla. Mathcad proporciona conversión integrada e información sobre unidades, lo que ayuda a los usuarios a mezclar sistemas de unidades y realizar conversiones entre ellos con facilidad. Mathcad también detecta los errores de las unidades mediante la comprobación de la coherencia dimensional de las hojas de trabajo.

¿Determinan los cálculos las cotas y los parámetros de diseño de los modelos de CAD?

Los resultados de los cálculos de las hojas de cálculo se pueden usar como datos para determinar las cotas de los modelos de CAD, pero no documentan el razonamiento completo en el que se basa el diseño de estos modelos. Mathcad se puede usar en una fase temprana del proceso de diseño para determinar las cotas y los parámetros adecuados para el diseño físico que se emplearán en los modelos de CAD y proporcionar una documentación más completa sobre las suposiciones y los métodos de cálculo esenciales.

Ahora, los ingenieros pueden disfrutar de una integración directa con Pro/ENGINEER® que permite determinar directamente la geometría del diseño. La integración entre Mathcad y Pro/ENGINEER es un vínculo bidireccional entre las dos aplicaciones. Los usuarios pueden asociar fácilmente cualquier fichero de Mathcad con una pieza o un conjunto de Pro/ENGINEER. Los valores críticos calculados en Mathcad se pueden asignar a los parámetros y las cotas del modelo de CAD para determinar el diseño geométrico. Los parámetros procedentes de un modelo de Pro/ENGINEER también se pueden usar como datos en Mathcad para realizar cálculos de diseño de ingeniería en las fases posteriores del proyecto. La integración ofrece actualizaciones dinámicas de los cálculos y el plano de CAD cuando se modifican los parámetros.

¿Necesita reducir el número de iteraciones del diseño efectuadas entre las fases de modelado CAD y análisis del diseño?

Al utilizar Mathcad para predecir el rendimiento de los diseños antes de modelar la geometría física, los ingenieros pueden optimizar los diseños en una fase temprana del proceso, predecir el rendimiento funcional y reducir el número de iteraciones de diseño requeridas. La “ingeniería predictiva” es una prestación del proceso de desarrollo de productos a la que se puede tener acceso utilizando Mathcad al principio del proceso de diseño y desarrollo del producto. Mathcad se puede usar para aplicar principios científicos y matemáticos a los problemas de diseño de ingeniería al principio del proceso de diseño para determinar las cotas y los parámetros cruciales que se utilizarán más adelante en el modelo de CAD. Al calcular los parámetros requeridos y “predecir” el rendimiento del diseño por adelantado en lugar de adivinar los parámetros y las cotas clave, los diseñadores de productos pueden crear un diseño optimizado más deprisa y con menos iteraciones que con los métodos tradicionales empleados en la actualidad.

¿Compartirán y reutilizarán los cálculos otros usuarios de la organización, equipos geográficamente dispersos, contratistas, socios de la cadena de suministro u otras personas para diversos proyectos?

Como ya se ha mencionado en esta hoja técnica, muchas soluciones de hojas de cálculo son obra de un único desarrollador que las crea para su uso personal. Aunque las hojas de cálculo funcionan bien como aplicaciones de productividad personal, el problema surge cuando otros usuarios de la organización desean reutilizar la solución y presuponen que se ajusta a sus necesidades, cuando en realidad no es así. La arquitectura XML de Mathcad ofrece un modelo de datos de ingeniería abierta con funciones de publicación, colaboración, integración y búsqueda, sobre todo cuando se implementa como estándar de una organización.

“Mathcad proporciona conversión e información sobre unidades integradas, lo que ayuda a los usuarios a mezclar sistemas de unidades y realizar conversiones entre ellos con facilidad”.

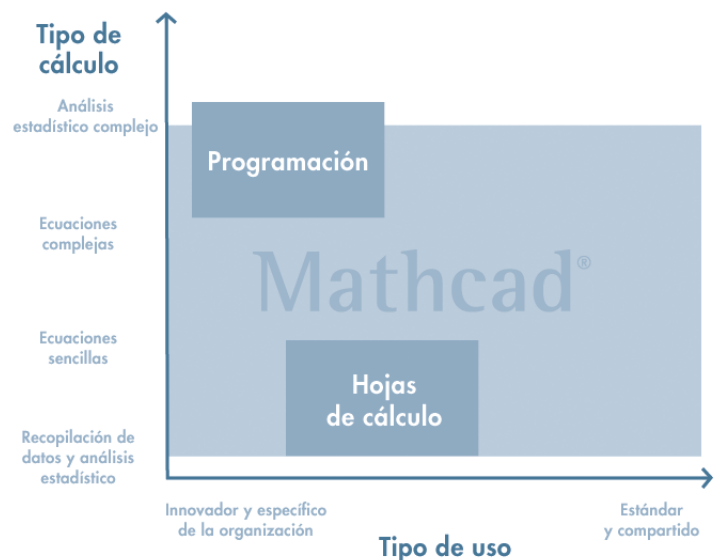


Figura 2. Cada proyecto de ingeniería requiere unas herramientas diferentes, dependiendo del tipo de cálculo implicado y del tipo de uso.

¿Tendrán que auditarse o depurarse los cálculos?

En el entorno empresarial de nuestros días, el cumplimiento de las regulaciones es una prioridad del máximo nivel. Además, la capacidad de una organización para rastrear sus cálculos y depurar y solucionar los problemas es fundamental para garantizar una calidad alta y uniforme en los productos. Las hojas de cálculo carecen de los controles y las funciones de documentación que se necesitan para permitir un seguimiento adecuado. El uso de macros y de varias hojas de cálculo vinculadas entre sí permite a los usuarios crear modelos y funciones empresariales de gran complejidad con poca o ninguna documentación.

Mathcad simplifica y agiliza la documentación, lo que es esencial para la comunicación y para cumplir las normas empresariales y los estándares de control de calidad (figura 3). Toda la información de ingeniería se encuentra en un lugar con las anotaciones oportunas. Los cálculos, los métodos y los valores se pueden compartir, si la empresa lo considera conveniente, con una amplia variedad de usuarios ajenos a la división de ingeniería.

Hoja de cálculo

	A	B	C	D
64	beta	0.25		
65	beta^4	3.91E-03		
66	E	1.002		
67	Re term	1.70E-03		
68	L1 & L2 terms	-1.10E-04		
69	C Stolz equation	0.599		
70	omega/delta p	0.928		
71	delta p/p1 < 0.25	1.72E-01		
72	epsilon	9.50E-01		
73	area orifice m2	1.23E-04		
74	delta p Pa	21000		

Mathcad

$$\beta := \frac{d}{D} \quad E := \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

Stolz equation for the discharge coefficient C

$$C := 0.5959 + .0312 \cdot \beta^{2.1} - 0.1840 \cdot \beta^8 + 0.0029 \cdot \beta^{2.5} \cdot \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0.75}$$

$$+ 0.0900 \cdot L_1 \cdot \left(\frac{\beta^4}{1 - \beta^4} \right) - 0.0337 \cdot L_2 \cdot \beta^3$$

C = 0.599

Figura 3. En este ejemplo, la ecuación de Stolz está oculta en la celda de la hoja de cálculo, lo que dificulta la documentación de los métodos, las suposiciones y los datos que subyacen tras la ecuación. Con Mathcad, las fórmulas matemáticas y el texto explicativo se pueden ver y comprobar directamente.

PricewaterhouseCoopers, "The Use of Spreadsheets: Considerations for Section 404 of the Sarbanes-Oxley Act", 2004.

“La arquitectura XML de Mathcad ofrece un modelo de datos de ingeniería abierta con funciones de publicación, colaboración, integración y búsqueda, sobre todo cuando se implementa como estándar de la organización”.

Transición de las hojas de cálculo a Mathcad: opciones de integración y migración

En las organizaciones que ya han realizado una inversión importante en una solución de hoja de cálculo para documentar la información de cálculo de ingeniería, Mathcad se integra fácilmente con diversos orígenes de datos y productos de otros fabricantes, entre los que se incluye Excel. Los usuarios pueden incrustar los datos de Excel en Mathcad o permitir el intercambio de información mediante los vínculos dinámicos, la exportación u operaciones sencillas de cortar y pegar. Disponible en Mathcad sin necesidad de configuración previa, el componente Excel permite a los usuarios, mediante la “activación in situ”, ejecutar Excel en Mathcad, insertar hojas de cálculo de Excel existentes o crear hojas nuevas (figura 4).

Además de usar el componente Excel integrado, las organizaciones pueden disfrutar de la ayuda experta proporcionada a través de un contrato de servicios. Los asesores pueden convertir rápidamente las hojas de cálculo de Excel en hojas de trabajo de Mathcad, lo que permite a las organizaciones conservar y usar su valiosa biblioteca de cálculos de productos y fórmulas. Este servicio ayuda a reducir los errores de migración de datos y permite conservar los cálculos de ingeniería como activo corporativo o capital intelectual.

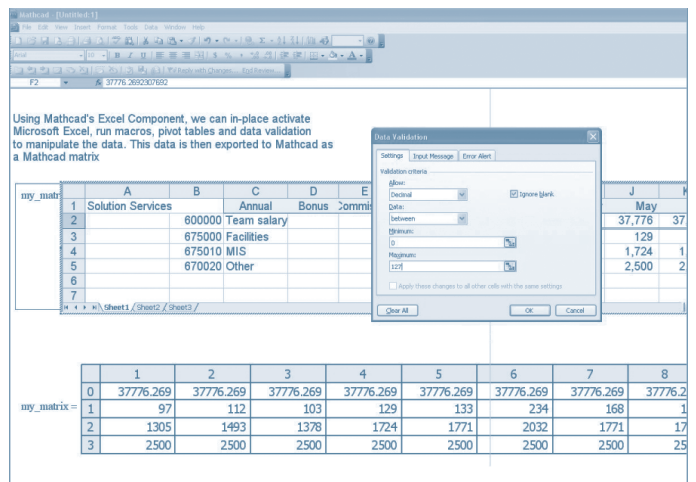


Figura 4. Mediante la activación in situ, el componente Excel de Mathcad permite a los usuarios manipular los datos de Excel en Mathcad.

PTC Mathcad: la respuesta a las necesidades de la empresa de ingeniería

Para aprovechar y compartir la capacidad de Mathcad en el conjunto de la empresa, las organizaciones pueden optar por establecerlo como estándar. De esta forma, potenciarán el valor de las hojas de trabajo de Mathcad compartiéndolas como prácticas recomendadas. Los cálculos se pueden recuperar en cualquier momento para su reutilización y para operaciones como la validación, el refinado, la creación de informes y la publicación, además de permitir una auditoría eficaz de la procedencia de todos los cálculos. Mathcad incorpora elementos de gestión del conocimiento para crear y capturar la valiosa información de ingeniería de una organización. Las eficaces prestaciones de captura del conocimiento de la familia de productos Mathcad pueden ayudar a las organizaciones de ingeniería a alcanzar sus objetivos empresariales con precisión y eficiencia:

Mathcad permite la colaboración y favorece el desarrollo puntual de productos y la máxima productividad al hacer posible que las organizaciones reutilicen con confianza información de ingeniería comprobada y verificada. Los ingenieros ahorran tiempo en el diseño inicial y más adelante al evitar lentos procesos de corrección de errores. Y en comparación con otras herramientas de programación y aplicaciones numéricas complejas, la inversión de tiempo en la formación es menor.

Mathcad mejora la calidad de los productos gracias a la documentación y la aplicación de prácticas recomendadas, y establece así una base sólida para la mejora continua. Las organizaciones pueden compartir diseños totalmente documentados como documentos PDF, páginas Web, servicios Web o ficheros de Word con formato profesional. Por ejemplo, si un ingeniero necesita calcular el espesor de la pared de un oleoducto situado dos millas por debajo de la superficie en un acantilado submarino, puede recuperar la hoja de trabajo adecuada del almacén en línea de la organización donde se guardan los cálculos estándar, con lo que la inversión realizada en el diseño se convierte en un activo corporativo permanente.

Mathcad facilita la creación de informes para las agencias regulatorias y los clientes que realizan auditorías de los procesos de calidad de sus proveedores. Toda la información de ingeniería se encuentra en una ubicación con las anotaciones oportunas, de manera que los cálculos, los métodos y los valores se pueden compartir con una gran diversidad de usuarios.

Mathcad tiene un impacto mínimo en los departamentos de informática, ya que funciona con tecnologías estándar abiertas, altamente fiables y de fácil integración, como Microsoft.NET Framework y XML. Con el uso del estándar de intercambio de datos XML, el conjunto de soluciones facilita la integración de los cálculos en los procesos empresariales automatizados empleados en los distintos equipos y por diversas disciplinas.

“Mathcad incorpora elementos de gestión del conocimiento para crear, documentar y explotar la valiosísima información de cálculos de ingeniería de una organización”.

Conclusión

Aunque las hojas de cálculo de uso general han encontrado en las organizaciones un hueco como herramientas para gestionar datos tabulares y realizar operaciones matemáticas sencillas, no satisfacen las necesidades de cálculo avanzadas de los ingenieros ni los objetivos empresariales más amplios de la organización de ingeniería.

Para elegir como estándar la herramienta más adecuada para los cálculos de ingeniería, las organizaciones deben estudiar a fondo sus necesidades, tanto desde el punto de vista de los ingenieros como desde el de la organización de ingeniería. Mathcad va más allá de las funciones de la hoja de cálculo y proporciona una solución diseñada expresamente para mejorar la resolución y la documentación de los cálculos. Mathcad no sólo habla en el lenguaje de los ingenieros puesto que utiliza la notación matemática estándar, sino que además captura las suposiciones, los métodos y los datos críticos que constituyen la base de todos los cálculos. Por otra parte, las organizaciones pueden aprovechar las funciones de cálculo de Mathcad dentro de un proceso empresarial de desarrollo de productos más amplio y más global. La organización de ingeniería puede sacar el máximo partido del potencial de los cálculos y disfrutar de una reducción del tiempo de lanzamiento de los productos al mercado, una calidad superior de los productos, un método sencillo para cumplir con las regulaciones y una fácil integración con las aplicaciones empresariales.