

EL ENTORNO ACTUAL DE SIMULACIÓN DE PLANTAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

La tecnología de simulación ha evolucionado enormemente desde la clásica programación manual hasta las modernas herramientas de desarrollo. En la actualidad, las herramientas de simulación, entre otras capacidades, tienen interfaces gráficas, arquitecturas modulares y cuentan con generadores automáticos de código y de modelos.

La tecnología de simulación actual optimiza el proceso de desarrollo y mantenimiento de los modelos. Adicionalmente, el rango de utilización de la tecnología de simulación se ha ampliado a nuevos perfiles y campos de aplicación, dando a su vez lugar a nuevas ideas y retos para que el progreso continúe y la tecnología siga evolucionando.

INTRODUCCIÓN

Hace unos cuarenta años entraron en servicio en España los primeros simuladores de entrenamiento de alcance total. Estaban basados en equipos del tamaño de varias neveras, operados desde video terminales monocromos, sistemas operativos específicos para tiempo real, memoria de ferritas y programados en ensamblador. Las limitaciones de memoria y capacidad de cálculo eran la restricción básica, de manera tal que la modelación de un proceso suponía un trabajo de orfebrería informática donde los conocimientos termohidráulicos estaban a la misma altura que la habilidad programando. Aquellos pioneros elaboraron programas tan finos con tan poco, que merecerían un apartado específico en cualquier museo de la ciencia. Sin embargo, el alcance, realismo y variedad de los escenarios de entrenamiento estaban, necesariamente, limitados.

Desde entonces el salto tecnológico ha sido abrumador y no es descabellado decir que las capacidades de almacenamiento y cómputo asociadas al simulador han crecido en más de seis órdenes de magnitud. Las pantallas tienen una gama casi infinita de colores y las herramientas de modelación se parecen a las originales lo mismo que la impresión 3D a las pinturas rupestres.

Este artículo describirá el entorno actual de modelación de procesos de planta completa y, desde la perspectiva de simulación para entrenamiento, cómo ha cambiado el paradigma de desarrollo y man-

tenimiento y las nuevas aplicaciones que han aparecido.

AVANCES TECNOLÓGICOS

Si hay alguna idea fuerza asociada al entorno actual ésta es "generación gráfica de modelos" o en adelante *model builder*. Crear o mantener un modelo de simulación, actualmente consiste en reproducir en un dibujo la configuración de la planta de referencia. Ciertamente detrás del dibujo existen ecuaciones, correlaciones, métodos numéricos, arquitectura y bases de datos, pero todo ello ha sido desplazado al campo de los expertos en cada campo. El ingeniero de modelación ahora sólo, que ya es bastante, debe preocuparse de entender la instalación y buscar la forma de modelarla satisfactoriamente. En el pasado, el ingeniero de modelación debía tener conocimientos suficientes en todas las áreas, ahora puede concentrarse en una, para expresarla.

La herramienta gráfica dispone de una lámina, una librería de iconos parametrizables y reglas de conexión entre ellos. Por detrás existe un proceso que traduce los iconos y sus conexiones a código compilable (e incluso en algunas tecnologías código ejecutable en línea). Dicho código, a su vez, habrá sido diseñado en función del método numérico a emplear, desde resolución secuencial para lazos de protección y control, a inversión de matrices para resolución implícita de redes eléctricas o hidráulicas.

¿Cuáles son las áreas de conocimiento relacionadas y cómo aparecen en el proceso de construcción del simulador?



JOSÉ ANTONIO RUÍZ

Líder tecnológico en Simulación
TECNATOM S.A.

Doctor en Física Matemática por la UCM.



ELENA GIL

Responsable comercial Simulación y
Monitorización

TECNATOM S.A.

Ingeniera Industrial por la ETSII Madrid.

THE CURRENT ENVIRONMENT OF POWER PLANT SIMULATION

Simulation technology has greatly evolved from the classic manual programming to the modern development toolsets. Currently, simulation tools have, among other capabilities, graphical interfaces, modular architectures and automatic code and model generators.

The current simulation technology optimizes model simulation and maintenance processes. Additionally, its range of use has been extended to new profiles and application fields, leading in turn to emerging ideas and challenges so that progress continues and technology keeps evolving.

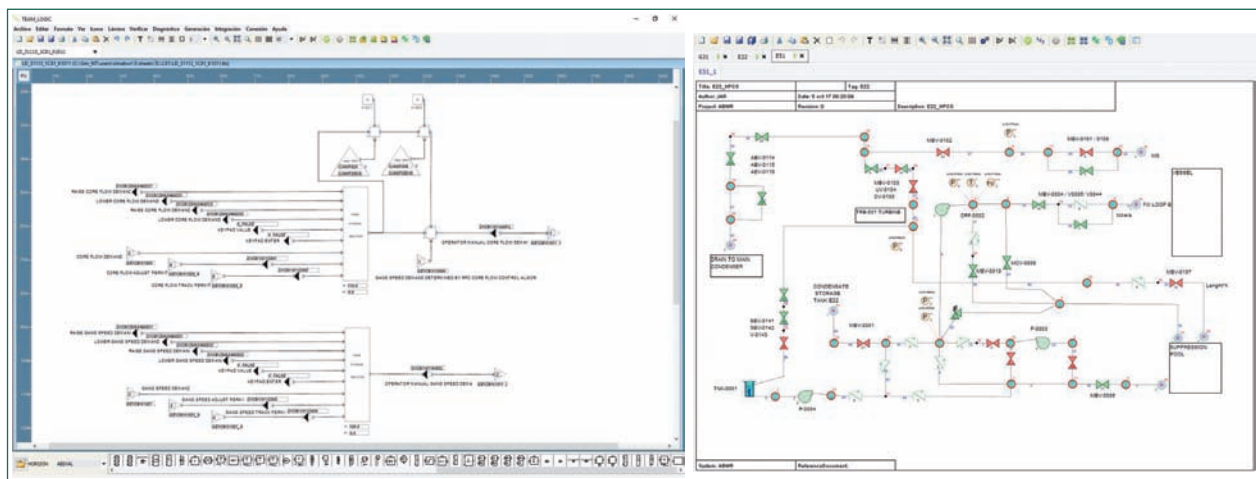


Figura 1. Herramientas gráficas.

Arquitectura de simulación y bases de datos. Aunque la última función y más evidente del *model builder* es la generación de código, las herramientas disponen de otras funcionalidades en aras de la eficiencia: conexión (local, en remoto o en nube) a la base de datos de variables de simulación, capacidad de modificar dicha base de datos alterando variables o creando nuevas, creación de ficheros de datos de inicialización, funcionalidades de autoverificación, autogeneración, autocompilación y autoejecución (en modo aislado o acoplado a otros modelos), control de versiones, autodocumentación e interactividad en línea con el simulador.

La arquitectura es modular, es decir, permite la integración de cada modelo con los otros modelos (por ejemplo: lado carcasa y lado tubos de un cambiador de calor) desarrollados quizás por otros grupos en otras localizaciones, de la forma más transparente y sencilla posible (por ejemplo, empleando el concepto de "alias" de un equipo). Cada módulo puede ejecutarse aislado o acoplado con otros.

La arquitectura modular también es capaz de incorporar módulos de origen externo al propio entorno (códigos *best-estimate* o de accidentes severos, sistemas de control distribuido, código objeto propietario...). La arquitectura permite, de forma casi trivial, la invocación de varias instancias de un mismo código *best-estimate* pero aplicado a diferentes sistemas (seis en el último simulador entregado).

Dentro de un simulador un mismo icono puede ser empleado en diferentes módulos y la arquitectura es suficientemente ágil como para

que la modificación de un icono progrese a todos los puntos donde es invocado y de forma transparente al usuario final (arquitectura *parent-child*).

Este tipo de actividades requieren de expertos en arquitectura informática.

El entorno gráfico es la interfaz a través de la cual se desarrollan e interaccionan con el simulador los ingenieros de modelación y los instructores. La búsqueda de la productividad obliga a que se trate de entornos sencillos y robustos, dirigidos a facilitar el desarrollo (por ejemplo, con la capacidad de definir agrupaciones de equipos, plantillas, posibilitar la parametrización en automático desde bases de datos externas) y envueltos de herramientas que permitan el análisis en línea (Excel conectado, dinamisimos de iconos, graficación, navegación entre modelos) (Figura 1).

Por otra parte, la gestión de la sesión de entrenamiento se realiza

ahora desde interfaces basadas en ventanas y el rango de escenarios es casi infinito (cada equipo dispone de fallos genéricos). Las propias interfaces gráficas de desarrollo de los modelos se conectan al simulador en línea y permiten al instructor entender en cada momento lo que está ocurriendo en el detalle de cada lógica.

Existen herramientas de generación gráfica de escenarios para su uso como ejercicios de autoestudio. En modo ejecución, se pueden elegir distintos niveles de tutorización (desde ninguna para operadores expertos hasta guiado completo para alumnos principiantes) (Figura 2).

Dentro del entorno gráfico podemos identificar a su vez dos campos de conocimiento, a saber: desarrolladores del entorno gráfico en sí y en particular de las reglas de conexión entre los diferentes elementos y desarrolladores de los elementos individuales (iconos en adelante).

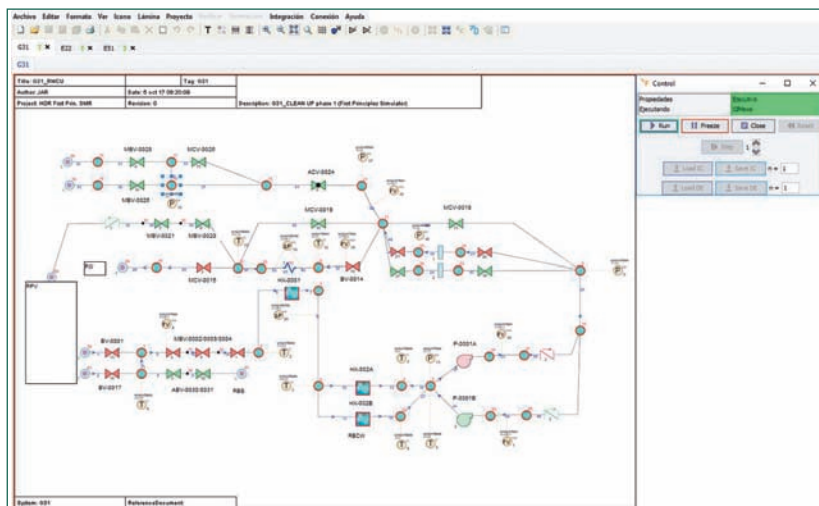


Figura 2. Herramienta conectada con el simulador.

La herramienta gráfica tiene preprogramado todo ello, en forma de código base que es importando y particularizado por el *model builder* en cada caso. El desarrollo de este código preprogramado precisa de expertos de alto nivel en la resolución numérica de sistemas de ecuaciones. La tecnología actual

Por esa razón la incorporación de DCS a los simuladores de entrenamiento ha optado por dos vías diferentes, a saber, la estimulación

Adicionalmente, nuevas herramientas se han integrado al simulador para facilitar la labor de análisis. Un ejemplo de ello es Excel en línea con el simulador que une a las capacidades de Excel la posibilidad de leer datos, pero también de ajustarlos en línea (Figura 3).





PARADIGMA ACTUAL

El paradigma que define un simulador en 2018 ha cambiado radicalmente de cómo era cuando llegaron los primeros simuladores hace más de treinta años. Un simulador hoy:

Está basado en un servidor estándar de bajo precio y bajas necesidades de infraestructura, con sistema operativo estándar frente a los antiguos equipos específicos para tiempo real. A cambio, ahora necesitamos de un ejecutivo responsable de ordenar el ciclo de los módulos en tiempo real. El ejecutivo es capaz de extraer / insertar módulos en línea e incluso de modificar la configuración del ciclo. Dispone de la capacidad de ejecutarse en tiempo real o más rápido (exprimiendo toda la capacidad de cálculo).

Los modelos que resuelven numéricamente la dinámica y la lógica de control de los sistemas están agrupados en módulos que se co-

munican entre ellos de forma transparente para el usuario. Dichos módulos se desarrollan en paralelo en diversas localizaciones y por ingenieros de proceso sin conocimientos específicos de programación, copiando los elementos desde una librería, pegándolos en la lámina y conectándolos hasta reproducir el diagrama del sistema. Las interfaces entre sistemas se generan automáticamente.

El entorno modular permite la integración de módulos externos, códigos *best estimate* y códigos propietarios.

El instructor interactúa con la sesión de entrenamiento desde la consola del instructor con las funcionalidades antiguas, pero bajo un entorno de ventanas moderno, y enriquecido por todos los modelos de simulación en línea y dinámicos. El instructor puede llegar al detalle de cada lógico para explicar el funcionamiento del escenario.

El alumno puede ejercitarse de forma autónoma empleando los escenarios predefinidos y tutorizados (Figura 4).

USOS ADICIONALES PERMITIDOS

Las herramientas de simulación actuales han dado lugar a nuevas aplicaciones y han permitido su uso a nuevos perfiles sin conocimientos previos en programación o métodos numéricos.

Una de las aplicaciones más extendidas y potentes consiste en el uso de la simulación para analizar y verificar nuevos diseños o modificaciones en plantas, previamente a la realización de las mismas, incluyendo la implementación de sistemas digitales, sustitución de instrumentación y aplicaciones de control avanzadas.

Los simuladores de alcance total proporcionan una herramienta muy valiosa para realizar este proceso de verificación y validación de los

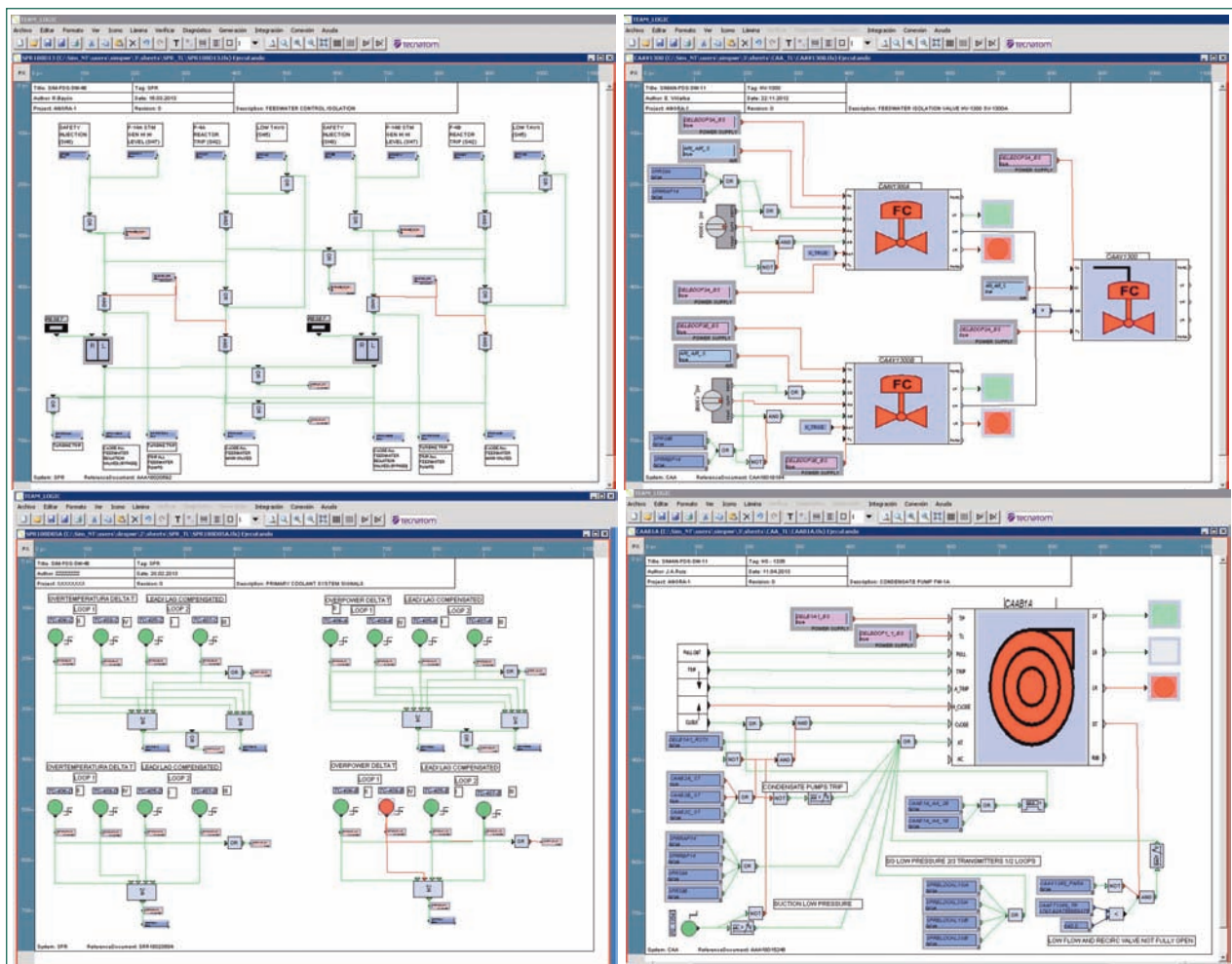


Figura 4. Modelos lógicos conectados a simulación.

diseños. Si a la precisión y realismo de los modelos de simulación, se añade la facilidad de uso de las herramientas y las nuevas aplicaciones para ingeniería, el simulador se convierte en una plataforma perfecta para este proceso. Adicionalmente la posibilidad de acoplar en línea herramientas estándar de cálculo y análisis, permite acercar el mundo simulador al mundo diseño y ajuste. Los departamentos de ingeniería son ahora usuarios del simulador.

El uso de simuladores disminuye considerablemente los riesgos, costes y plazos de la puesta en marcha de un sistema o planta después de una modificación de diseño, permitiendo una detección temprana de errores y la implementación en planta de una versión depurada y más robusta. En la puesta en marcha virtual, es decir, en el simulador, se pueden detectar errores, sintonizar los lazos de control, optimizar maniobras o diseñar estrategias de operación.

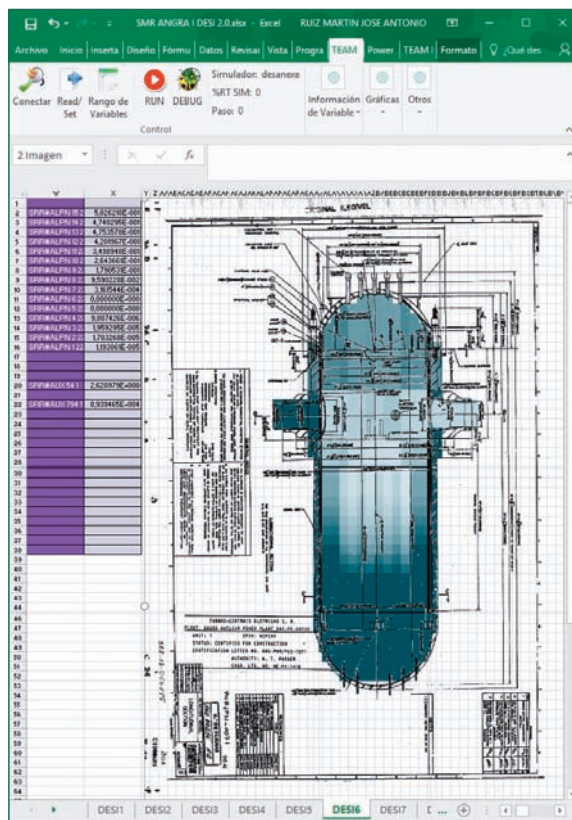


Figura 5. Vasija dinamizada.

Un error detectado en el simulador es un error que llega corregido a la puesta en marcha.

Por otra parte, las herramientas visuales conectadas y con iconos y conexiones dinamizados facilitan su manejo a los usuarios finales. Éstos pueden visualizar el funcionamiento de la instalación en cada momento comprendiendo la fenomenología que ocurre en cada instante y las líneas de control activas.

Las consolas del instructor actuales, con sesiones programadas y tutorizadas permiten extender el uso del simulador a otros colectivos distintos de los operadores, universidades y, en general, público no experto.

Acompañando una evolución tecnológica abrumadora, las capacidades de simulación de procesos también han dado el salto, normalizando la actividad de modelación y permitiendo extender los usos del simulador (Figura 5).