

Aplicación de Star Ccm+ en la industria nuclear: Simulación multifísica CFD-estructural

Simcenter STAR-CCM+

Ing. Javier Copola
X-Plan

+

Simposio de Tecnología Aeroespacial y Nuclear 2022 | 2022-10-05



Expert
Partner

Digital Industries Software



| Agenda

Introducción

Análisis térmico estructural del reactor

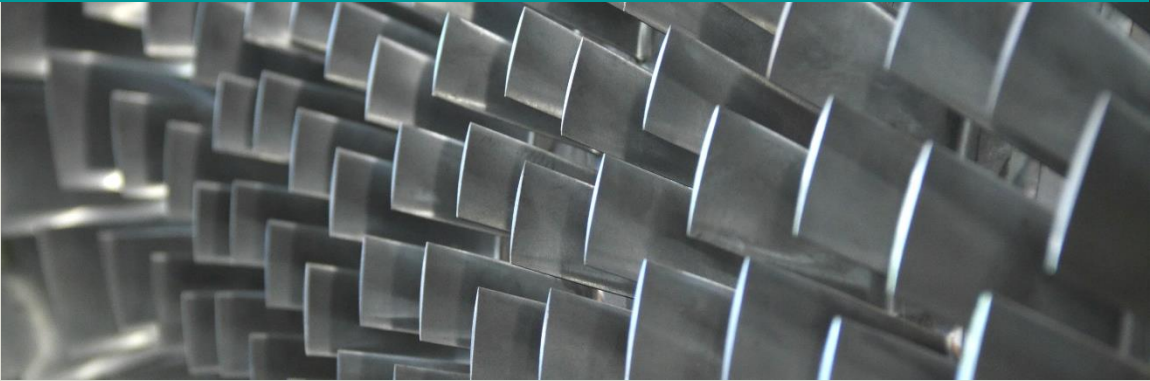
Design Exploration

Casos de éxito en la industria nuclear

Reactor Licensing



Competir en el mercado de generación eléctrica



Conceptos avanzados de reactores



X-energy is reimagining nuclear's role in solving tomorrow's energy challenges



El desafío de la ingeniería de reactores

Acercar los procesos de innovación en sistemas y tecnologías complejas

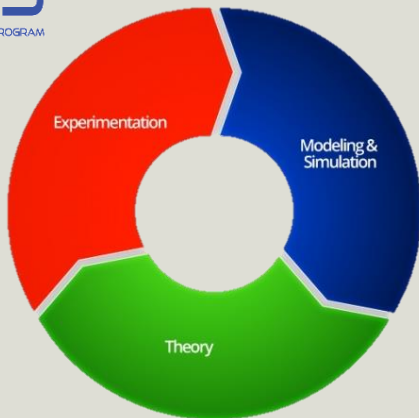
Expert
Partner

SIEMENS

Digital Industries Software

Highly Regulated Need to streamline licensing

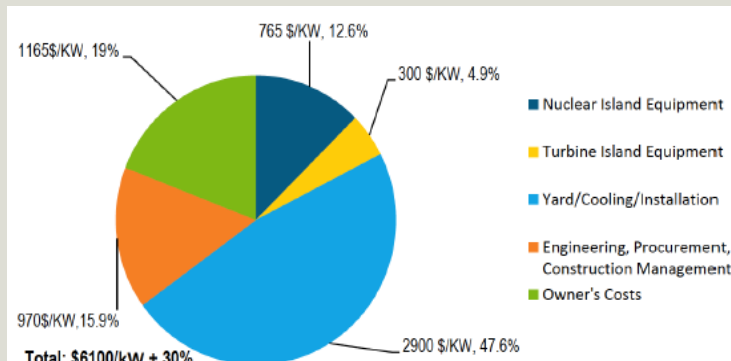
Extensive adoption of Modelling and Simulation is key to a faster and streamlined licensing process.



Source: energy.gov

Growing Competition Race to Improve Plants Economics

In a highly competitive energy market, the Nuclear Industry must adopt advanced simulation methods to optimize construction and operation of nuclear power stations.

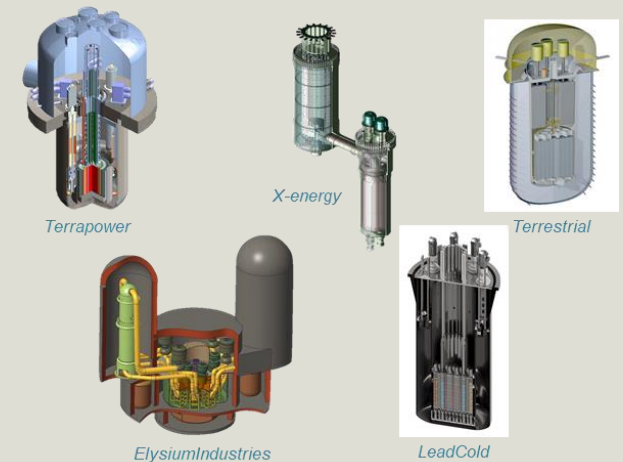


Construction Cost Estimates for Generic US AP1000 Project

Source: Black & Veatch for the National Renewable Energy Laboratory, Cost and Performance Data for Power Generation Technologies, Feb. 2012, p. 11

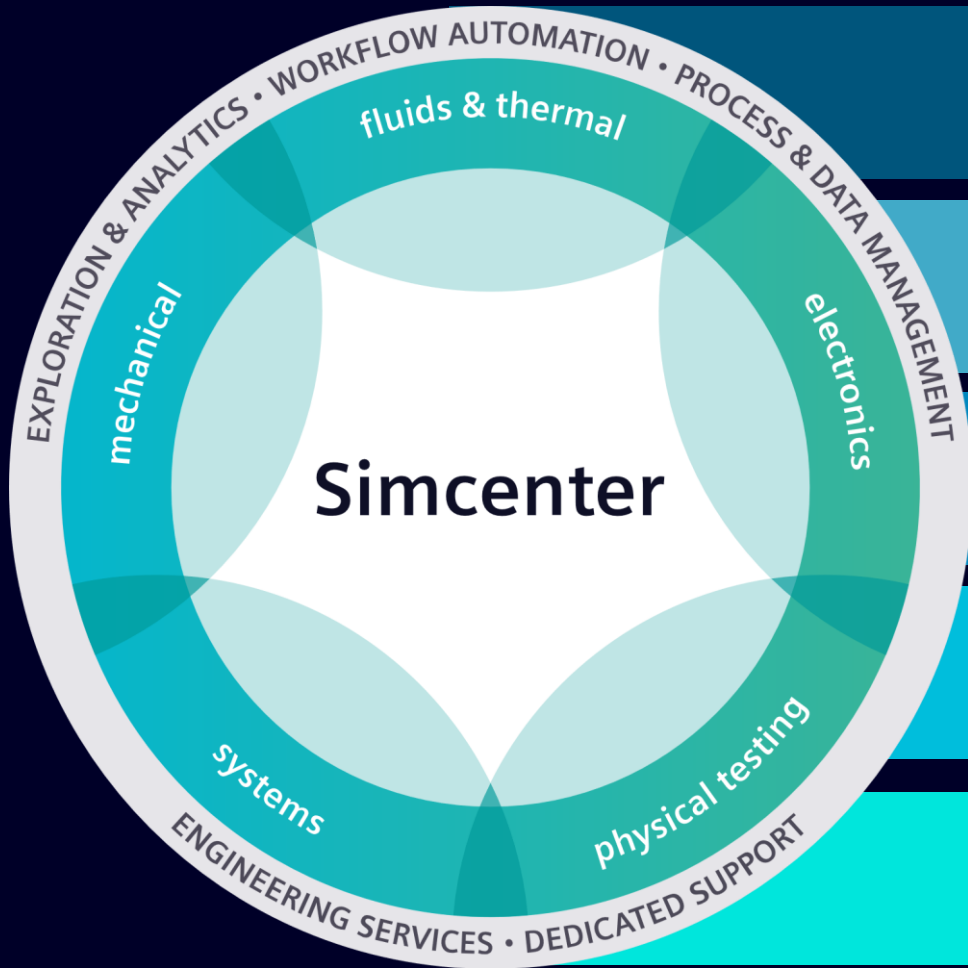
Emerging Technologies Faster development & innovation

- >20 active Nuclear start-ups
- Design cycle reduced to 3 years
- Licensing and construction timelines reduced by 50%
- Necessary to innovate design and licensing approach



Simcenter Portfolio

Engineer innovation for nuclear energy performance



Fuel Performance

Hydraulic and thermal, Vibration, Bowing, CILC, Refueling



Plant Performance

TASCS, FSI, mixing, outages, containment performance



Advanced Reactors

Core, transients, conversion, metal/salts/gas/water designs



Back-end

Pools, dry-storage, transportation, reprocessing, long term



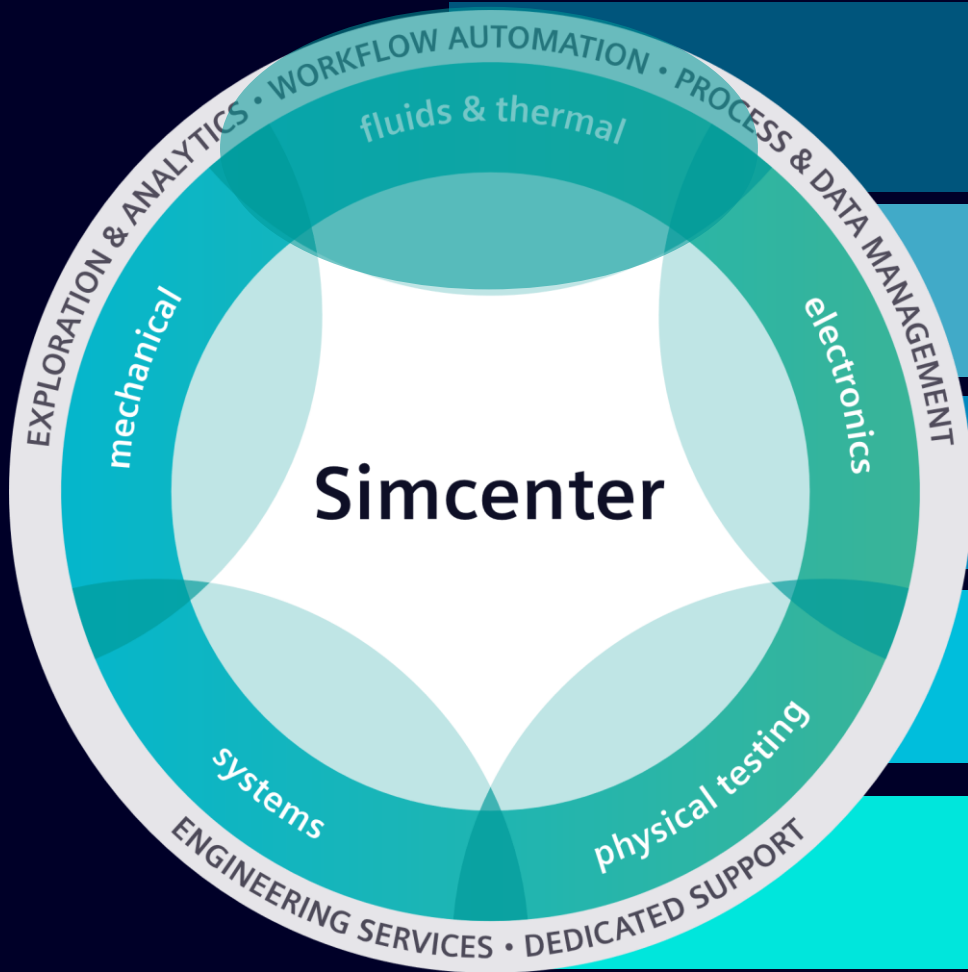
Integration, Verification & Certification

Virtual & Physical Testing, Component & Integration Testing



Simcenter Portfolio

Engineer innovation for nuclear energy performance



Fuel Performance

Hydraulic and thermal, Vibration, Bowing, CILC, Refueling



Plant Performance

TASCS, FSI, mixing, outages, containment performance



Advanced Reactors

Core, transients, conversion, metal/salts/gas/water designs



Back-end

Pools, dry-storage, transportation, reprocessing, long term



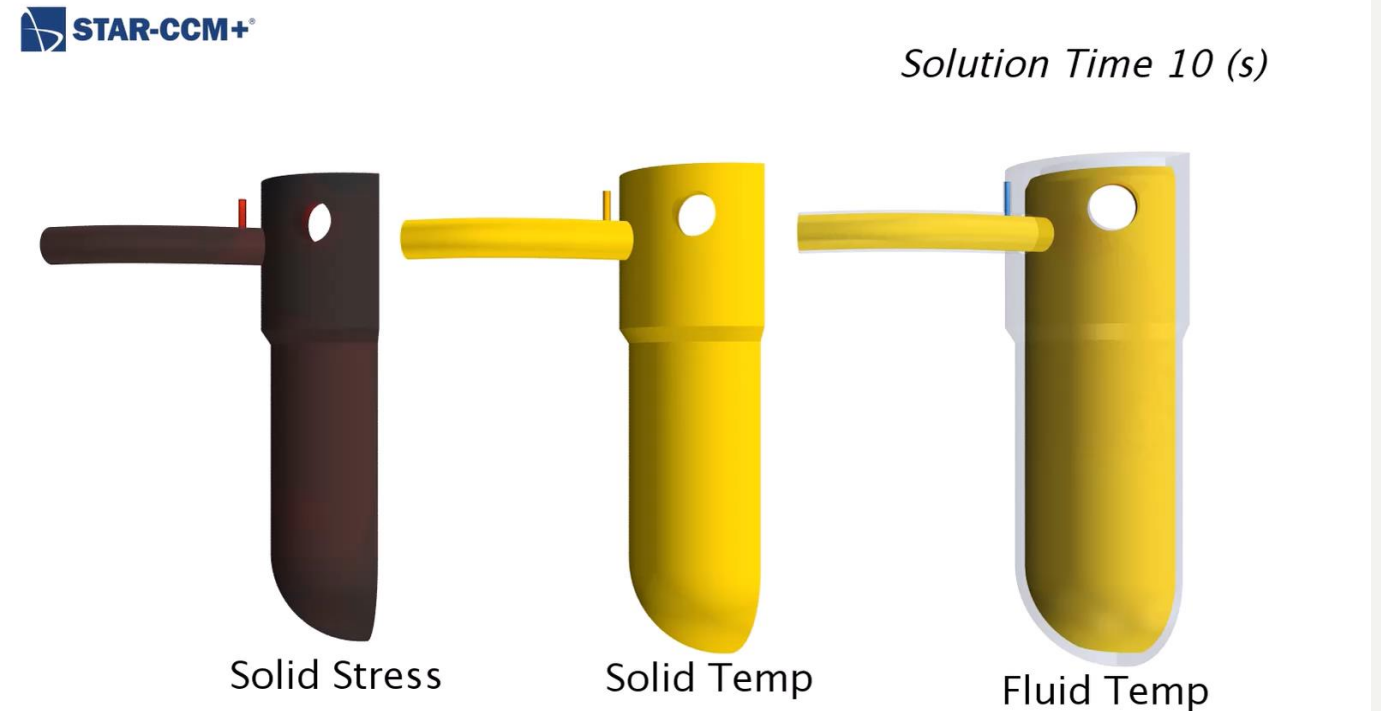
Integration, Verification & Certification

Virtual & Physical Testing, Component & Integration Testing



Pressurized Thermal Shock (PTS): Durante un accidente por pérdida de refrigerante, el enfriamiento brusco producido por inyección de agua en el recipiente a presión del reactor podría provocar la propagación de microfisuras debido a las tensiones térmicas.

- ¿Cuáles son los esfuerzos térmicos debidos a la inyección de agua fría?
- ¿Cómo podemos reducir el efecto de PTS?



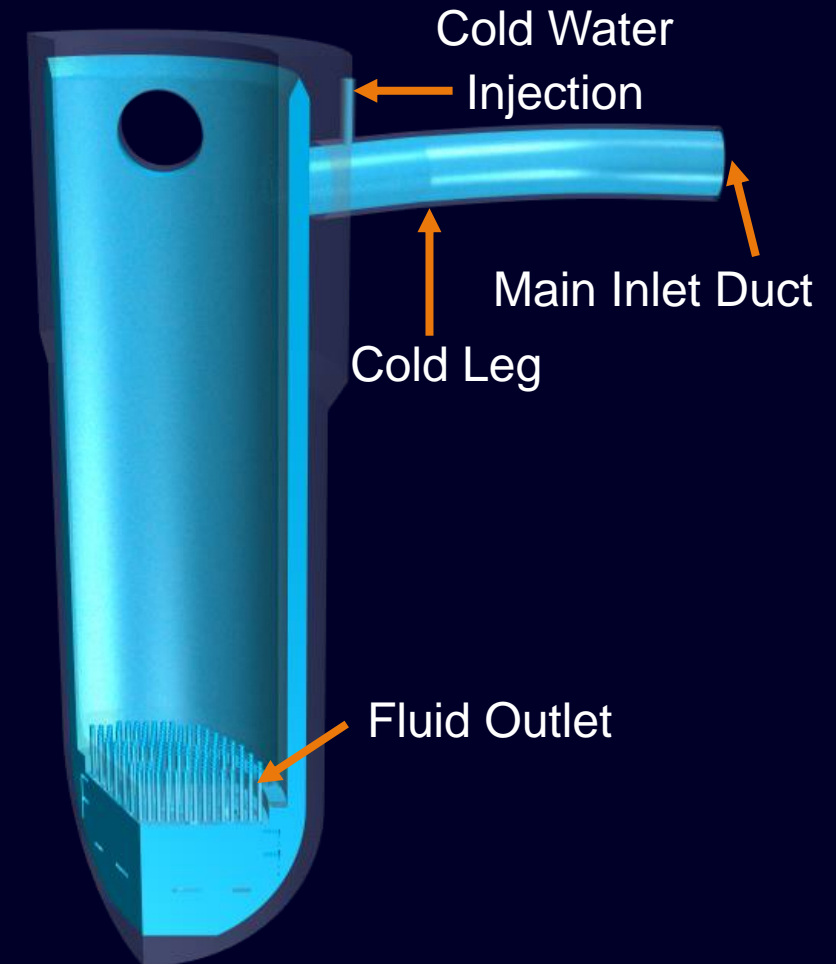
Entorno integrado de simulación

Análisis detallado de ingeniería

Exploración del espacio de diseños automatizada

Analizando un accidente por Pérdida de refrigerante

- Agua fría es inyectada en la ducto principal del reactor a alta presión
- En las paredes del recipiente se ven altos gradientes de temperatura.
- Podría producirse una falla estructural al activarse por la propación de microfisuras. El estres térmico inducido podría activar este mecanismo.

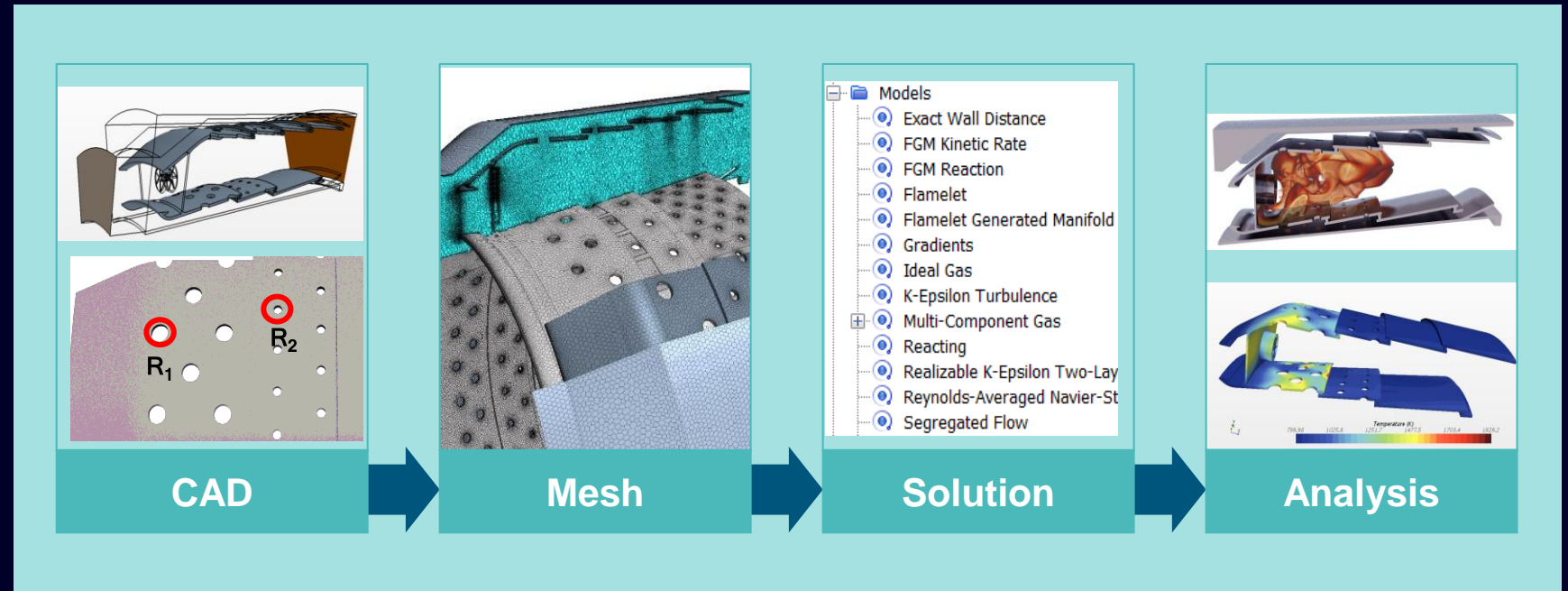


Análisis térmico estructural del reactor

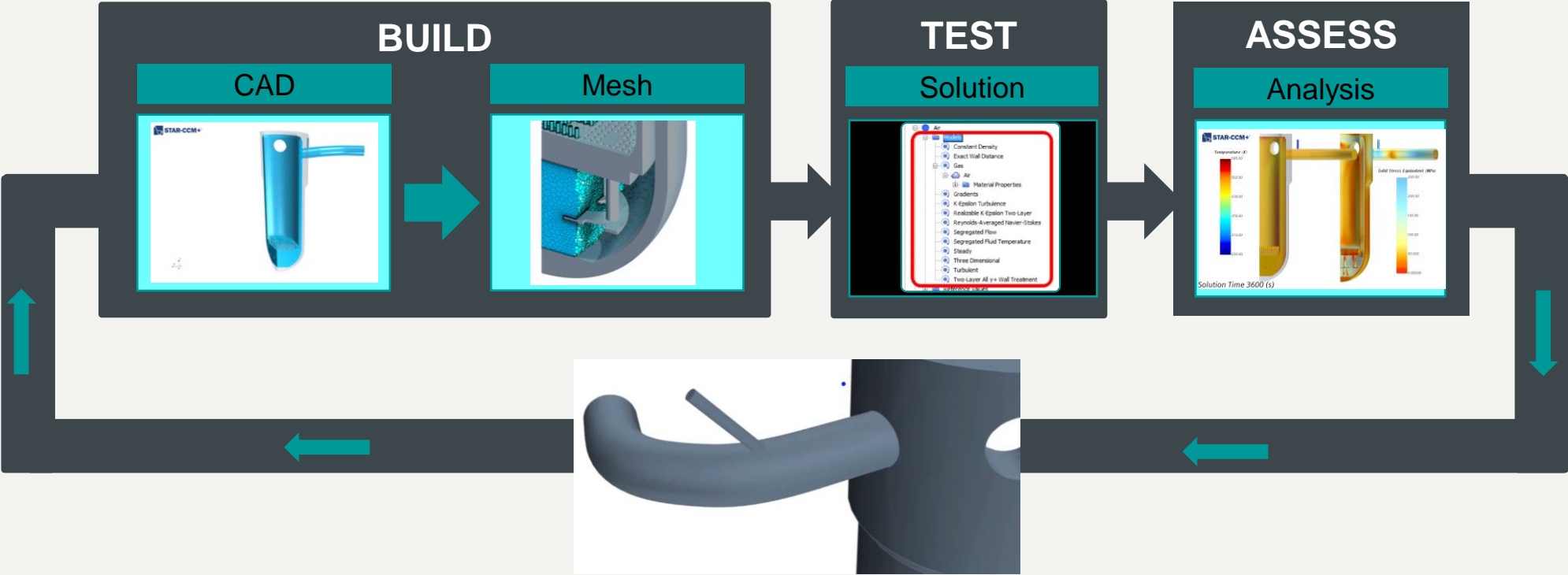
Entorno integrado de simulación

Análisis detallado de ingeniería

Exploración del espacio de diseño automatizada



Prototipado virtual en STAR-CCM+



Entorno integrado de simulación

Una única interfase para todo el proceso de diseño, simulación y optimización.

Análisis detallado de ingeniería

Exploración del espacio de diseño automatizada

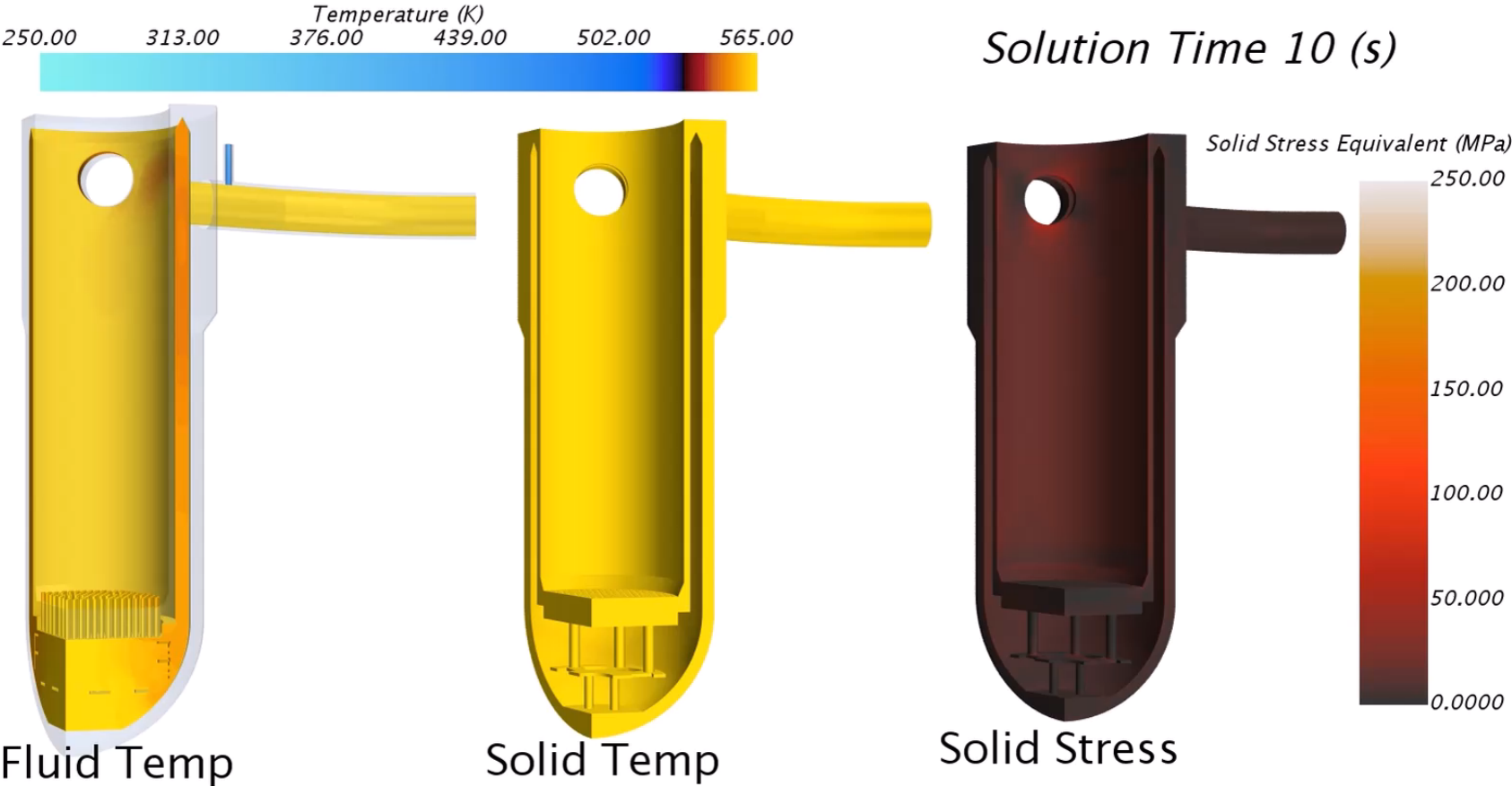
Entorno integrado de
simulación

Análisis detallado de
ingeniería

Exploración del
espacio de diseño
automatizada

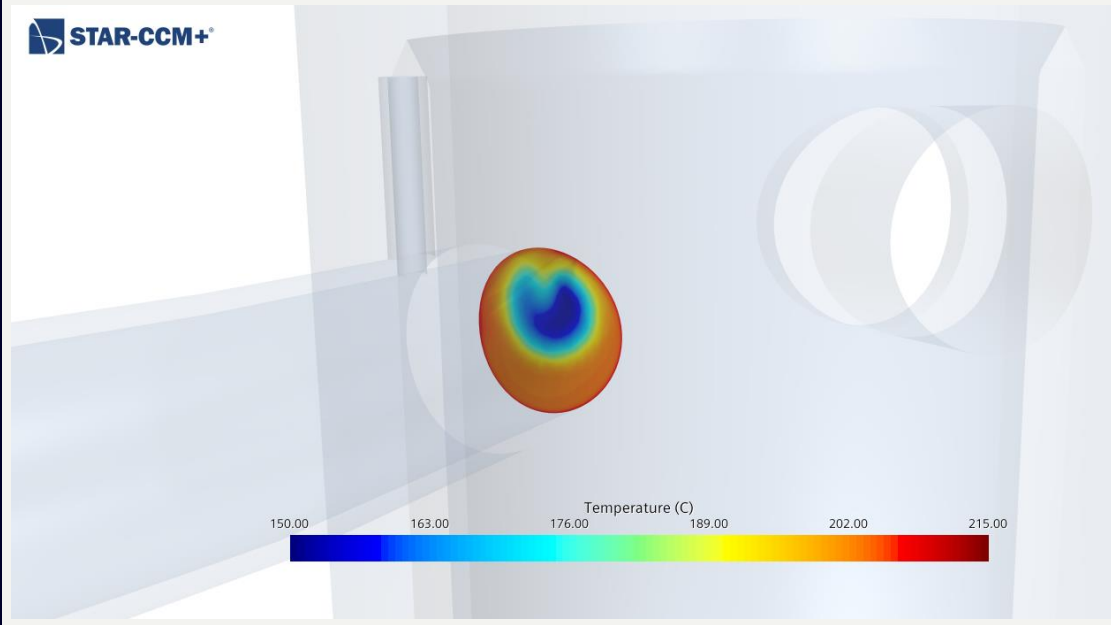
- Análisis detallado de resultados de problemas multifísicos y multidiciplinarios.
- Creación de funciones dentro del entorno sin introducir códigos externos.
- El renderizado avanzado permite mejorar la visualización de resultados.

Análisis térmico estructural del reactor: Resultado combinados



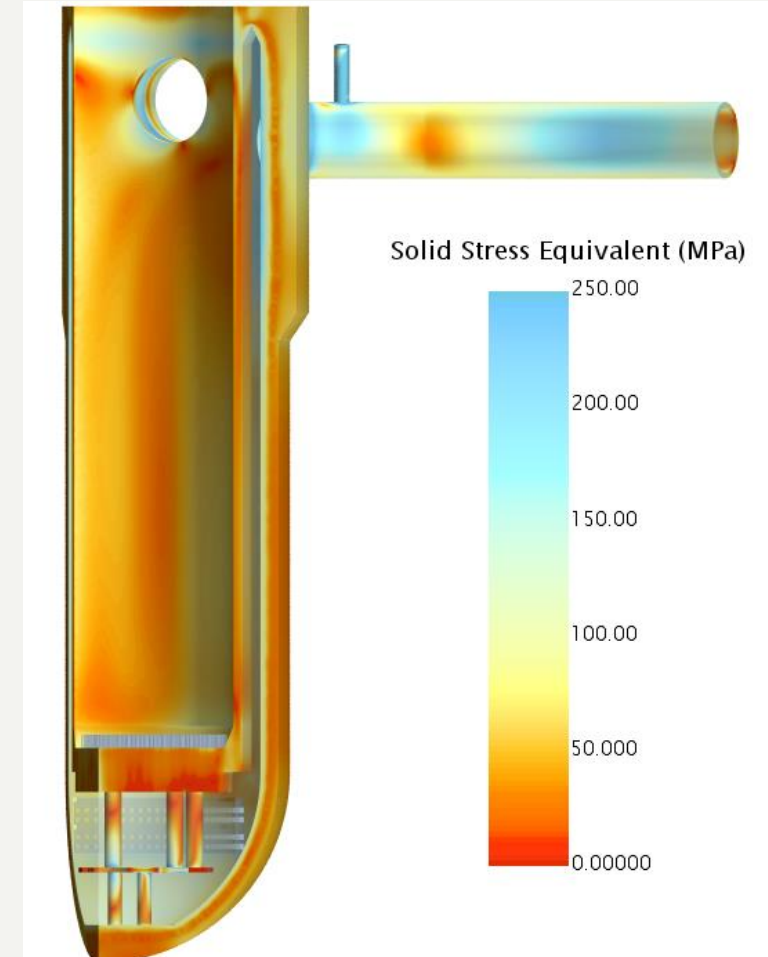
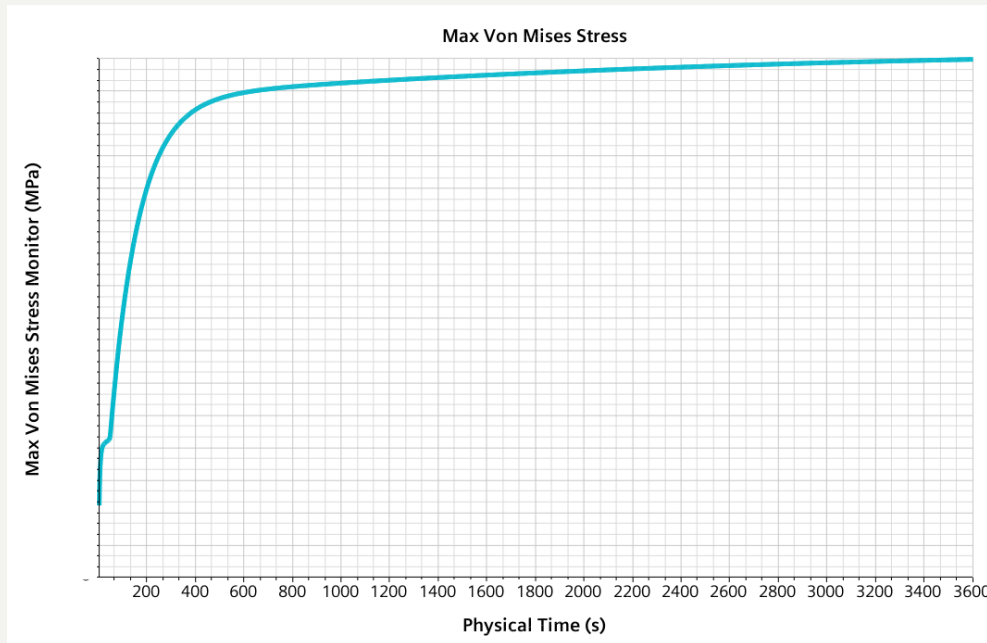
Análisis térmico estructural del reactor: Resultado combinados

- Utilizando un punto de inyección cercano a la pared produce una distribución más amplia de temperaturas.
- Mejorar la mezcla de las corrientes fría y caliente, reduce el stress térmico.



Análisis térmico estructural del reactor: Resultado combinados

- Los valores máximos de tensión se observan cerca de la zona donde se encuentra el flujo de agua inyectado con el flujo principal.
- Los gradientes locales son más intensos en las cercanías del fondo del recipiente.



Análisis térmico estructural del reactor:

Expert
Partner
Digital Industries Software



Entorno integrado de simulación

Una única interfase para todo el proceso de diseño, simulación y optimización

Análisis detallado de ingeniería

Se extraen fácilmente información valiosa de datos complejos

Exploración del espacio de diseño automatizada

Entorno integrado de
simulación

Análisis detallado de
ingeniería

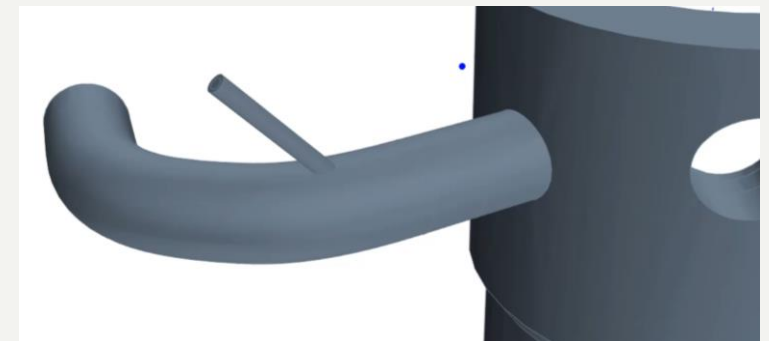
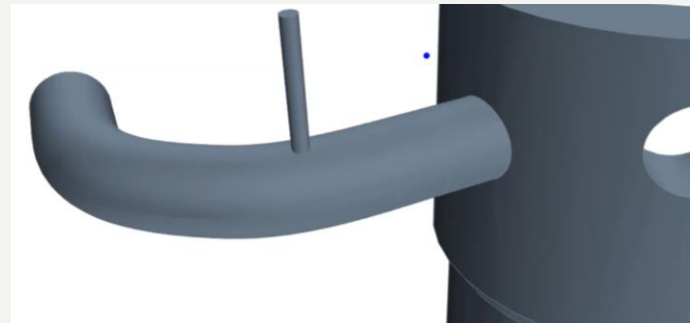
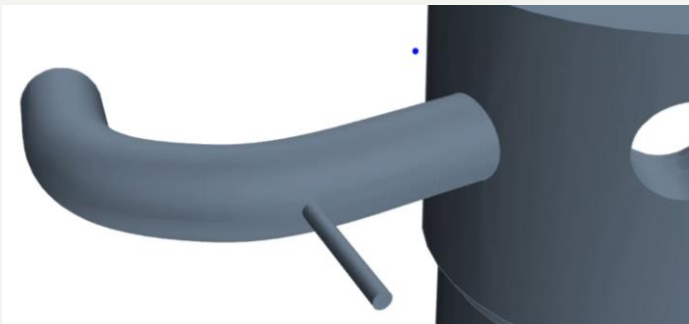
Exploración del
espacio de diseño
automatizada

- **Modelar el comportamiento del mundo real de sistemas complejos con más parámetros**
- **Descubrir diseños mejores y no intuitivos**
- **Administrar de manera eficiente grandes cantidades de datos para obtener información sobre el comportamiento del producto**

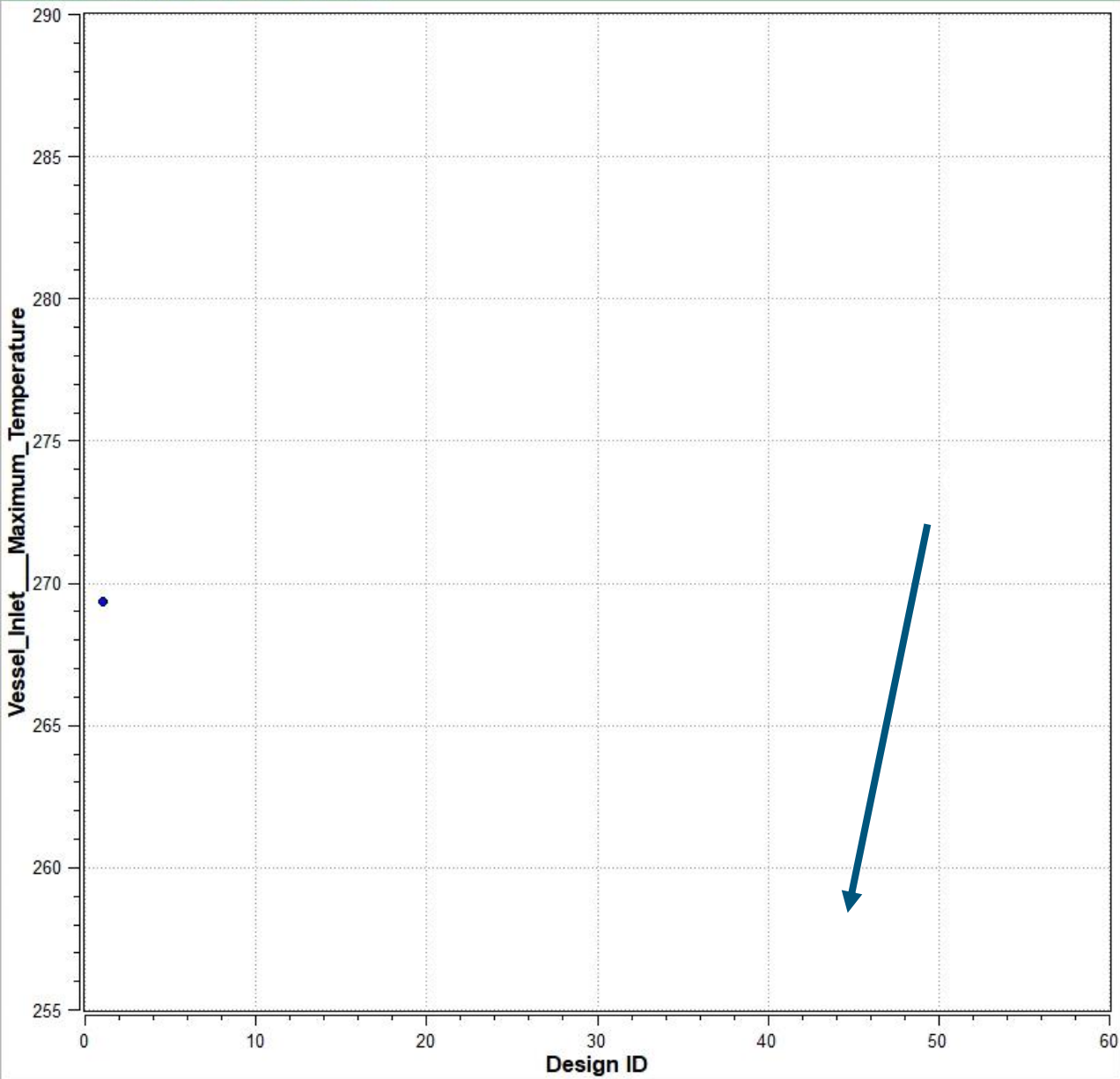
Análisis térmico estructural del reactor: Design Exploration



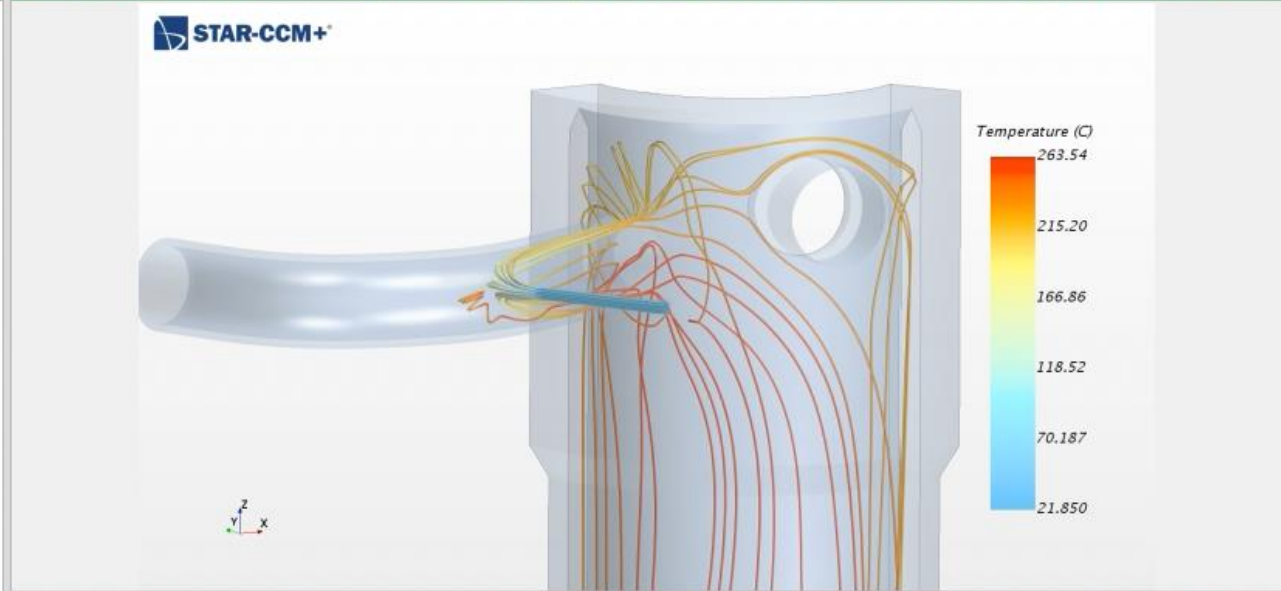
- Identificar áreas de altos valores de tensión y gradientes de temperatura.
- El objetivo es maximizar la mezcla de los flujos frío y caliente antes de entrar al recipiente.
- El problema de diseño está focalizado en el cambio de posición del ECCS



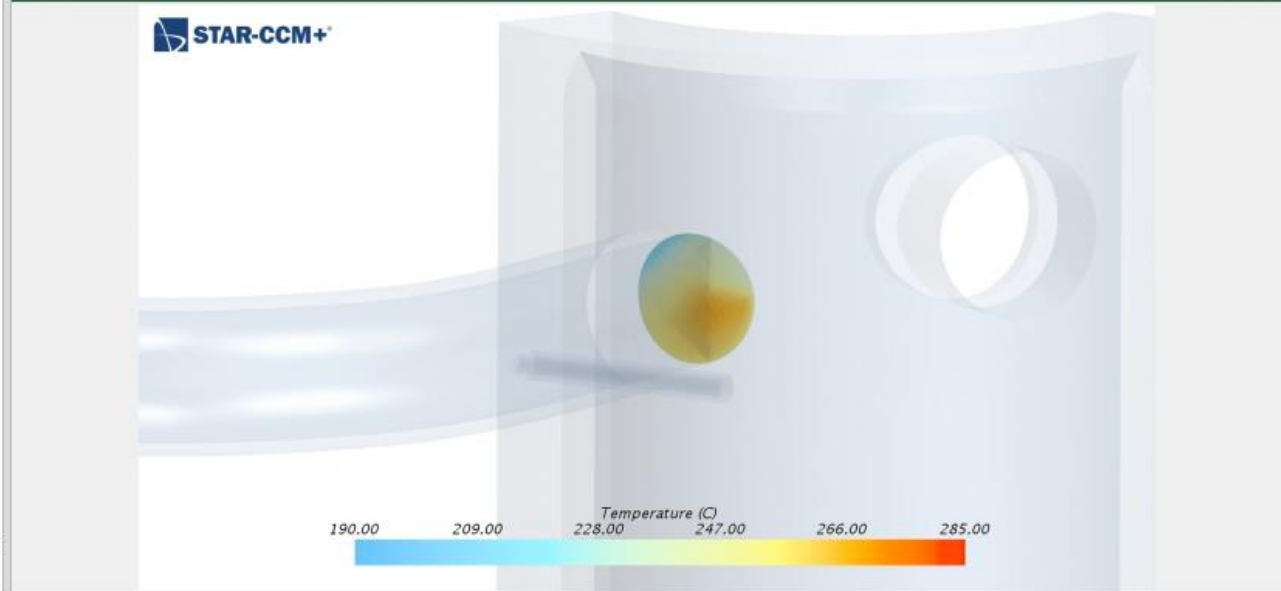
Design_Study: Objective History



Design_Study: Streamlines Scene.png Image - Design 1: C:/Users/.../Design_1/Stream



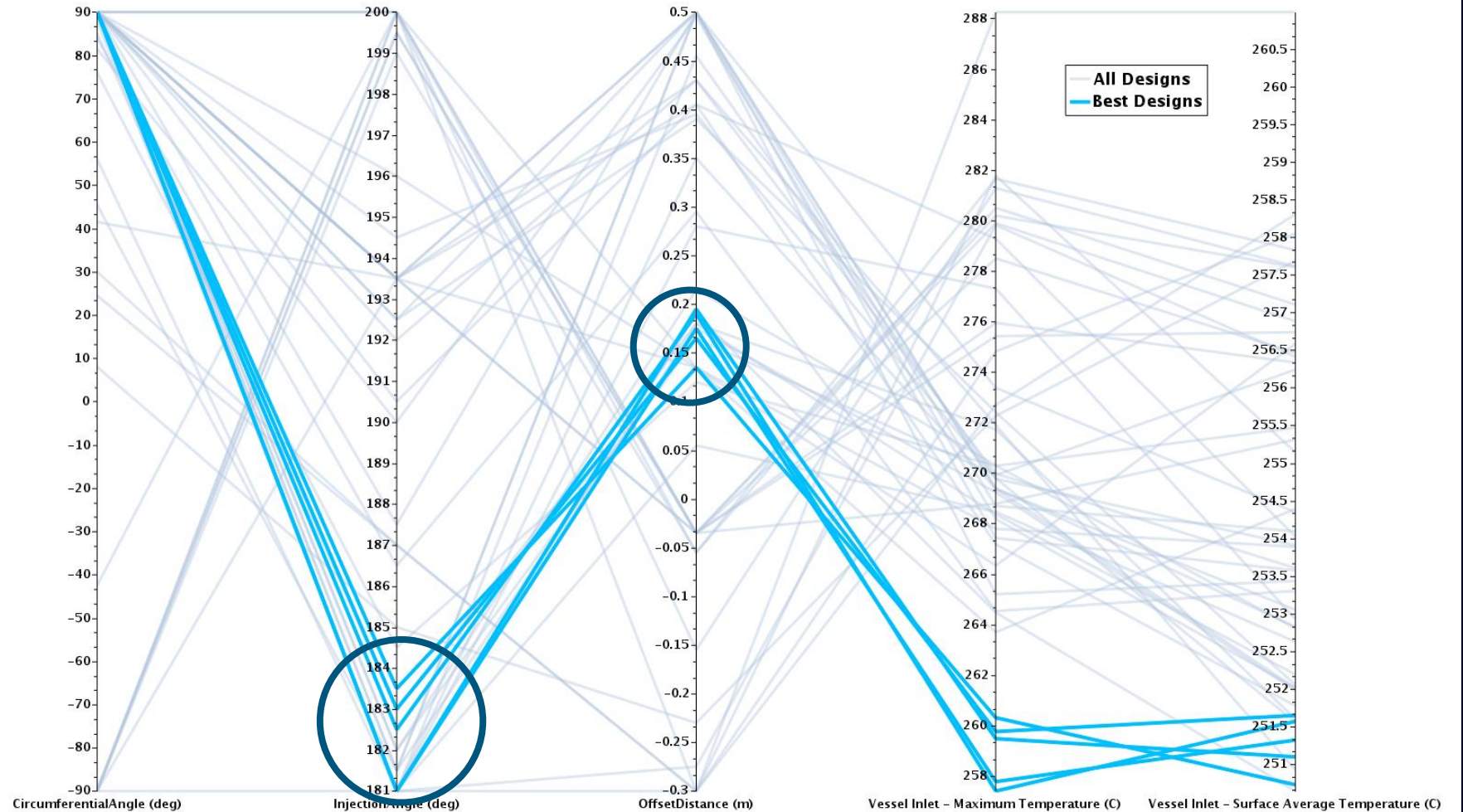
Design_Study: Vessel Inlet.png Image - Design 1: C:/Users/.../Design_1/Vessel Inlet.p



Análisis térmico estructural del reactor: Design Exploration

Los gráficos paralelos dan una idea de las características de los buenos diseños.

- El mejor desempeño se ve en los diseños con un ángulo circunferencial de 90°
- Más flexibilidad al elegir la distancia de entrada y el ángulo de inyección.



Reactor Thermal and Stress Analysis

Expert
Partner
Digital Industries Software



Entorno integrado de simulación

Una única interfase para todo el proceso de diseño, simulación y optimización

Análisis detallado de ingeniería

Se extraen fácilmente información valiosa de datos complejos

Exploración del espacio de diseño automatizada

Investigación de múltiples diseños, a través de un análisis automatizado de la exploración del espacio de diseño.

Entorno integrado de simulación

Una única interfase para todo el proceso de diseño, simulación y optimización

Análisis detallado de ingeniería

Se extrae fácilmente información valiosa de datos complejos

Exploración del espacio de diseño automatizada

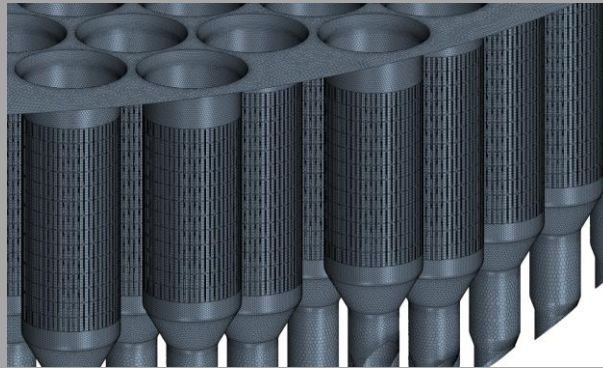
Investigación de múltiples diseños, a través de un análisis automatizado de la exploración del espacio de diseño.

OKB Hidropress Making nuclear reactors safer with Simcenter STAR-CCM+

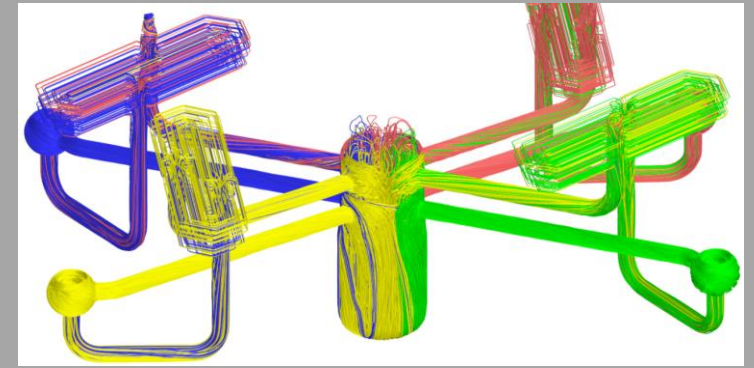


- Understanding of 3D thermal hydraulics key to improving reactor safety
- Simulation is key to developing safer reactors faster and cheaper
- Half a year to develop simulation model five years ago

Simulating primary circuit in a water-water energetic reactor (VVER)



One billion cell reactor mesh



Fluid flow through the reactor circuit

- Simcenter STAR-CCM+ enables simulation of 1 billion cell model in a week
- Only primary circuit model in the world to include pump rotation and real wheel profile

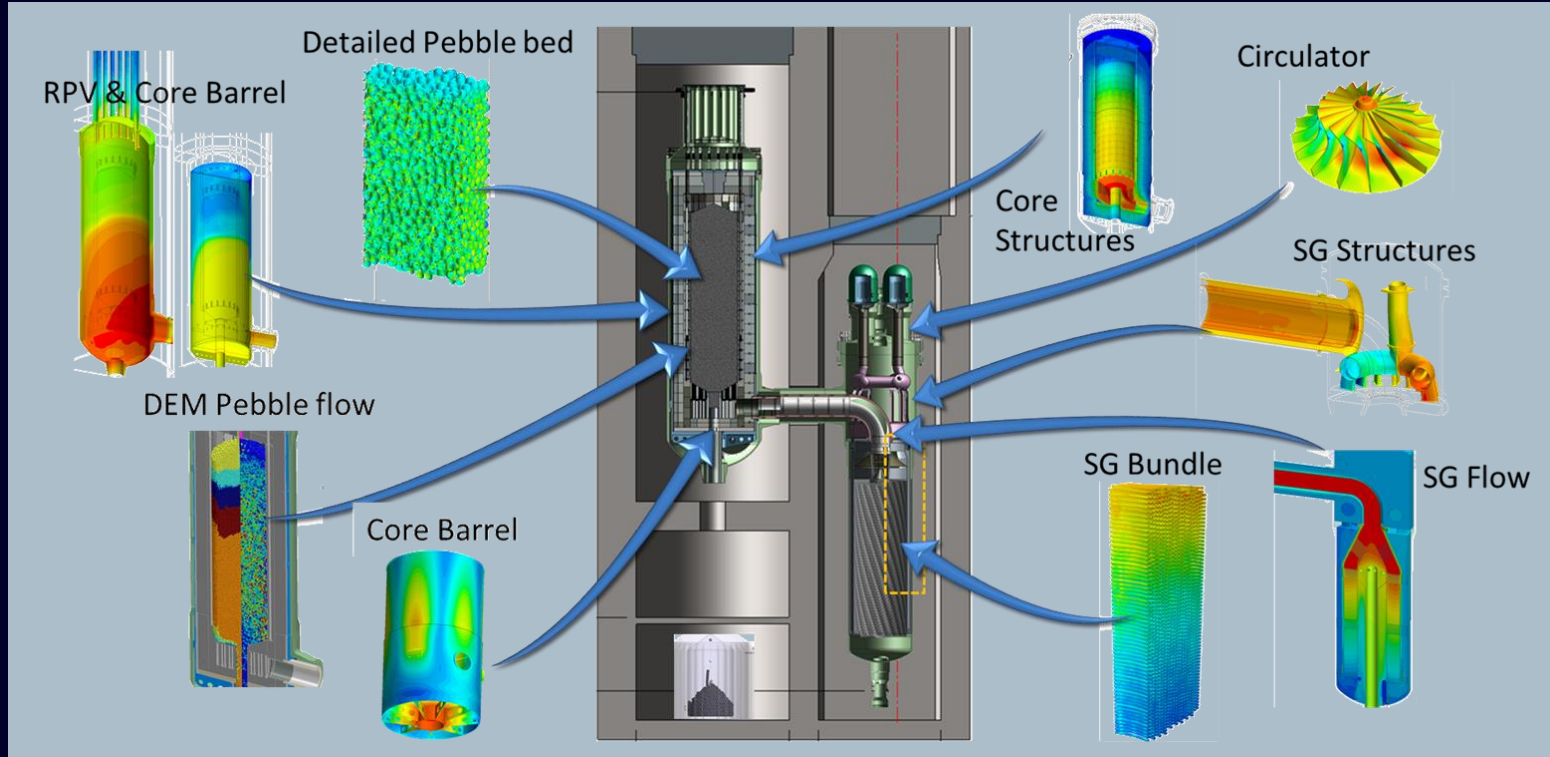
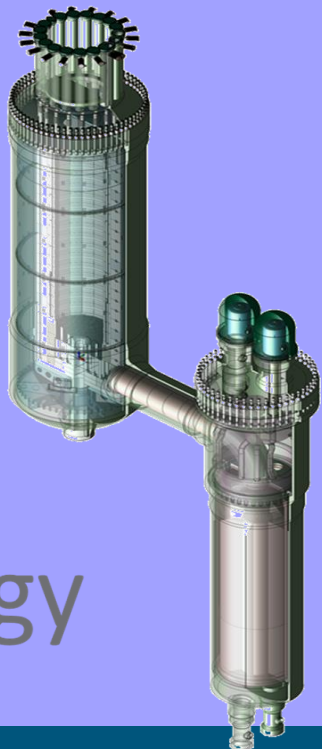
“Simcenter STAR-CCM+ is the only CFD code that allows us to make simulations of 1 billion cells easily with good experimental agreement, helping us to produce the safest reactors in the world”

Volkov Vasili, Engineer, OKB Hidropress

X-energy

re-imagining Nuclear Power with STAR-CCM+

X-energy is reimagining nuclear's role in solving tomorrow's energy challenges



- X-energy uses high-fidelity CFD as a “digital laboratory” with a high level of certainty supported by smaller scale experiments.

“STAR-CCM+ has proven to be an invaluable tool during the preconceptual design phase while requiring low level of human resources to perform a wide range of technical analyses”

Dr. Martin van Staden, VP, Engineering X-energy

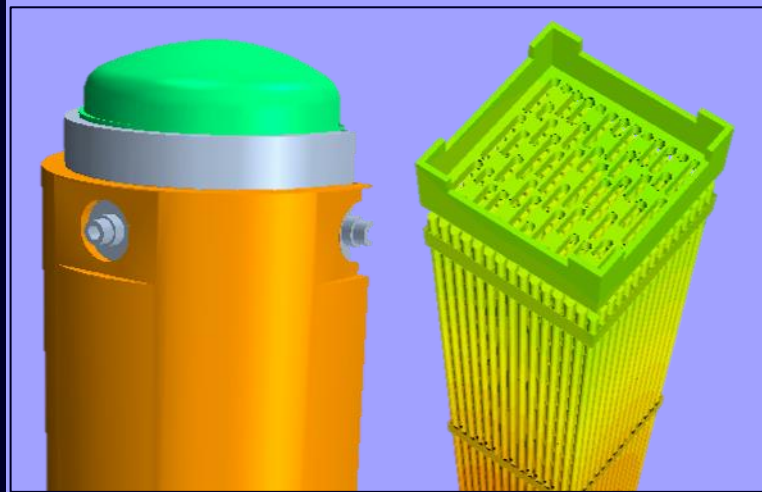
Spent fuel storage and transportation

Improving fuel storage management with Simcenter STAR-CCM+

Expert
Partner

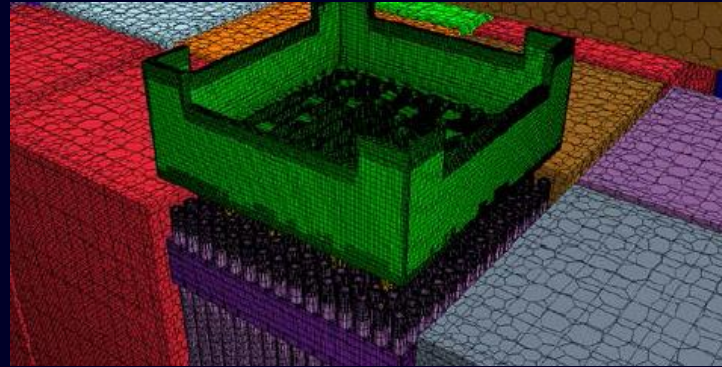
Digital Industries Software

SIEMENS



- Improved model fidelity allows reduced margin and improved spent fuel loading

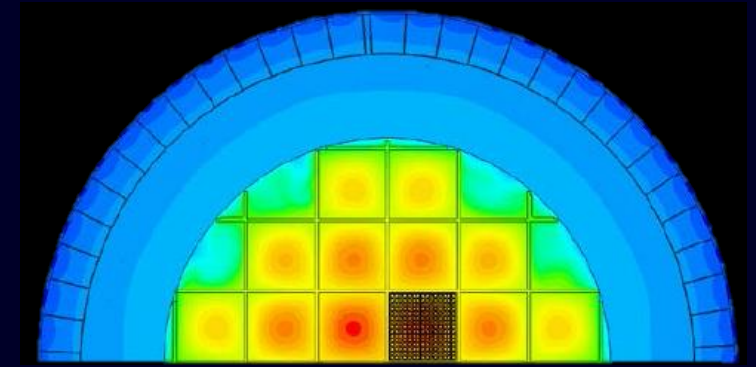
Fully resolved spent fuel geometry for higher confidence



Full detail model of fuel and cask, which includes all heat transfer modes

High resolution model of fuel and cask, which includes all heat transfer modes, conduction convection and radiation. Validated in collaboration with the US NRC

High resolution local temperature predictions provide new insight and confidence in spent fuel long term behavior



Resolved temperature distribution of assembly fittings drives higher confidence



| Contacto

Javier Copola

CFD-specialist

X-Plan SRL

Santamarina 1311

Victoria

Provincia de Buenos Aires

Argentina

tel +54 911 5507-4119

E-mail jcopola@x-plan.com