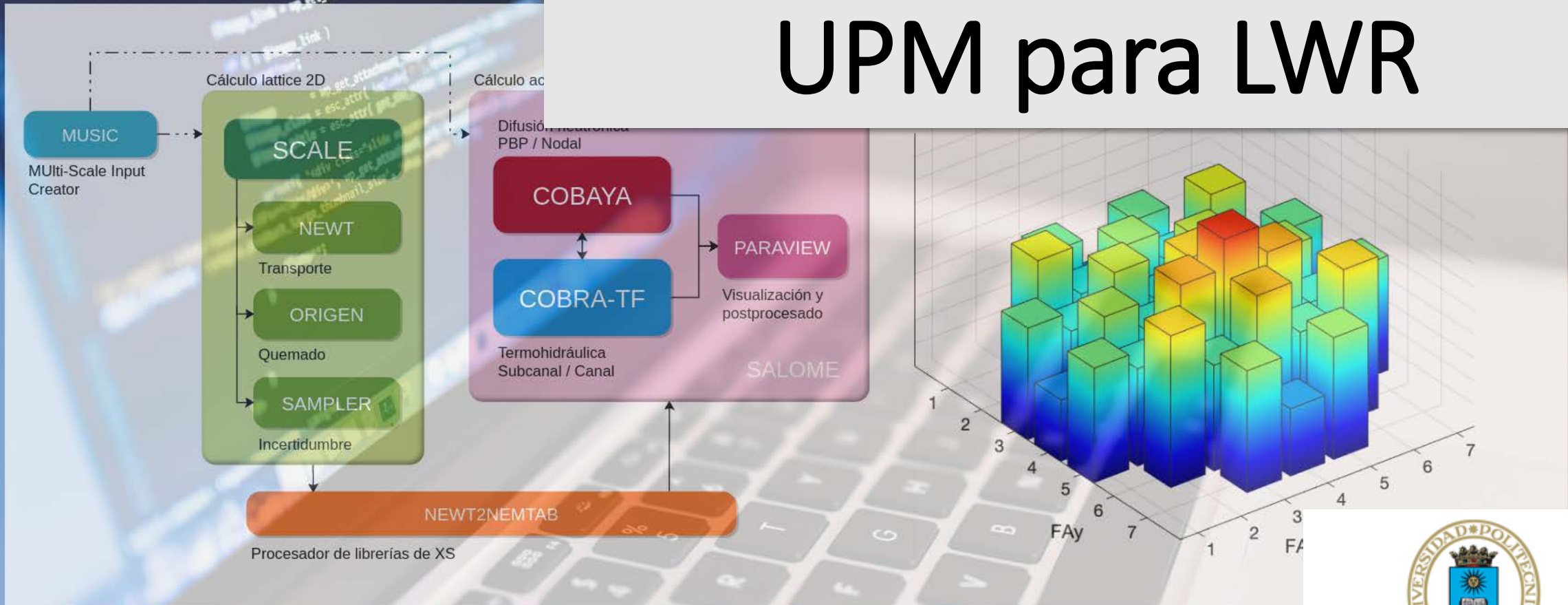


# Plataforma multifísica UPM para LWR



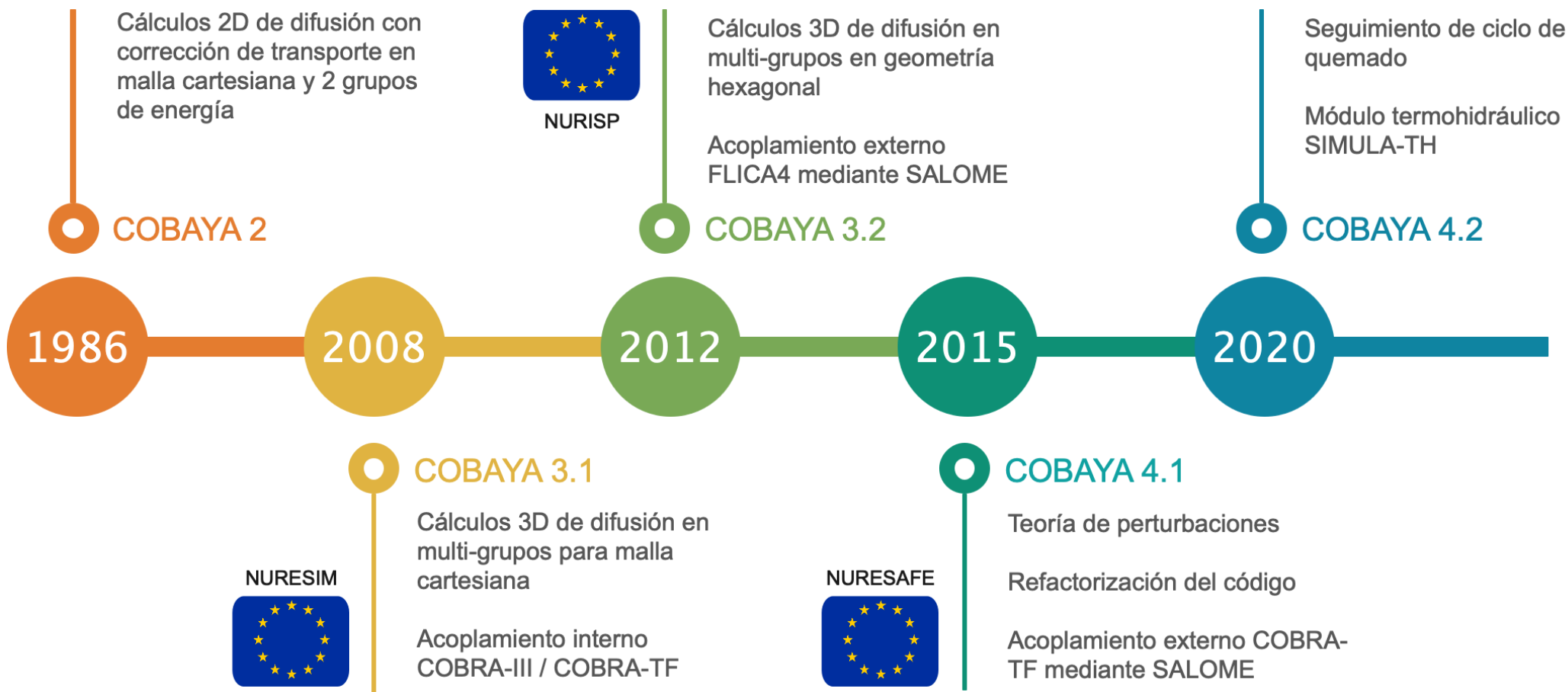
D. Cuervo, N. García-Herranz, L.F. Durán-Vinuesa, E. Castro, C. Ahnert



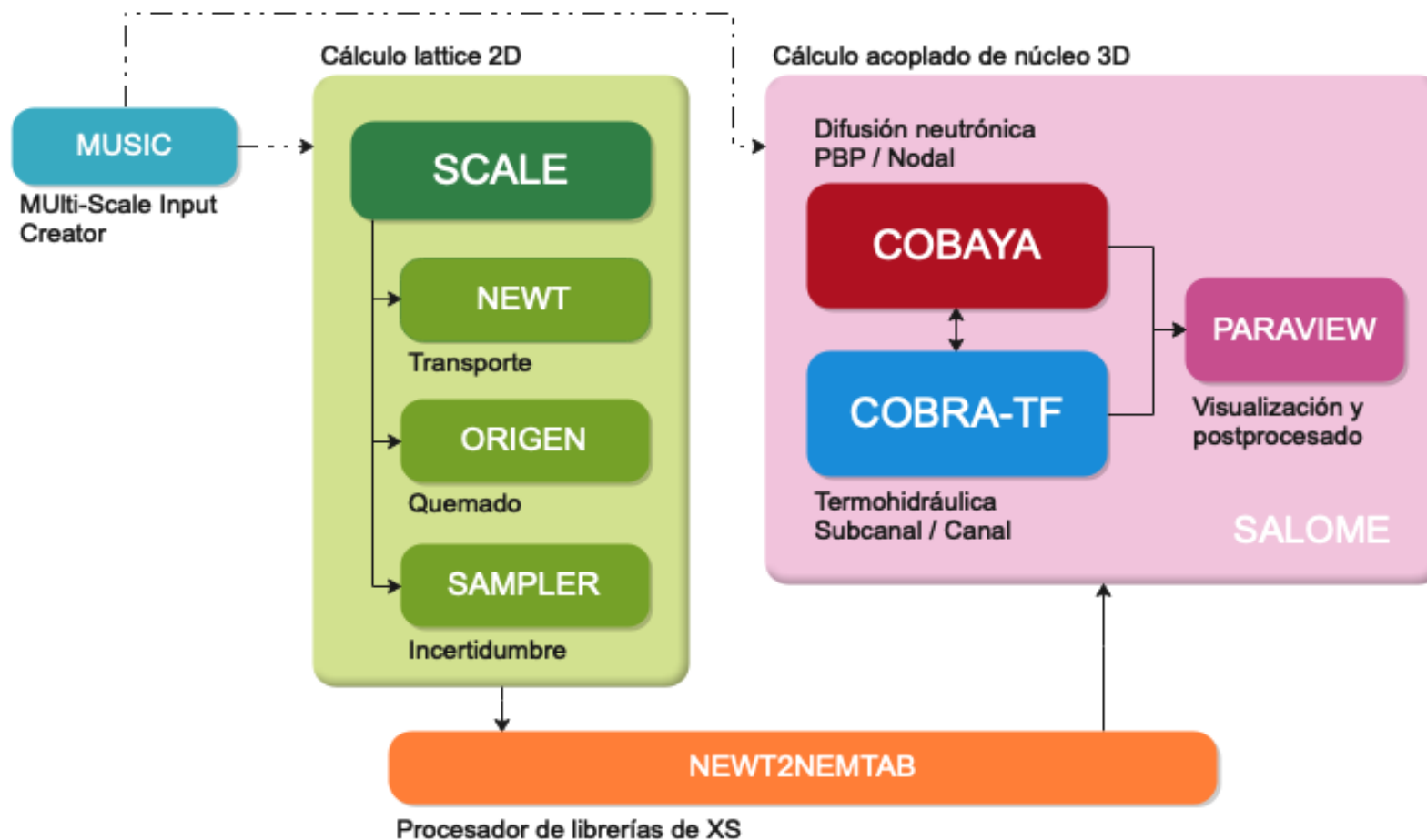
**POLITÉCNICA**

“Ingeniamos el futuro”

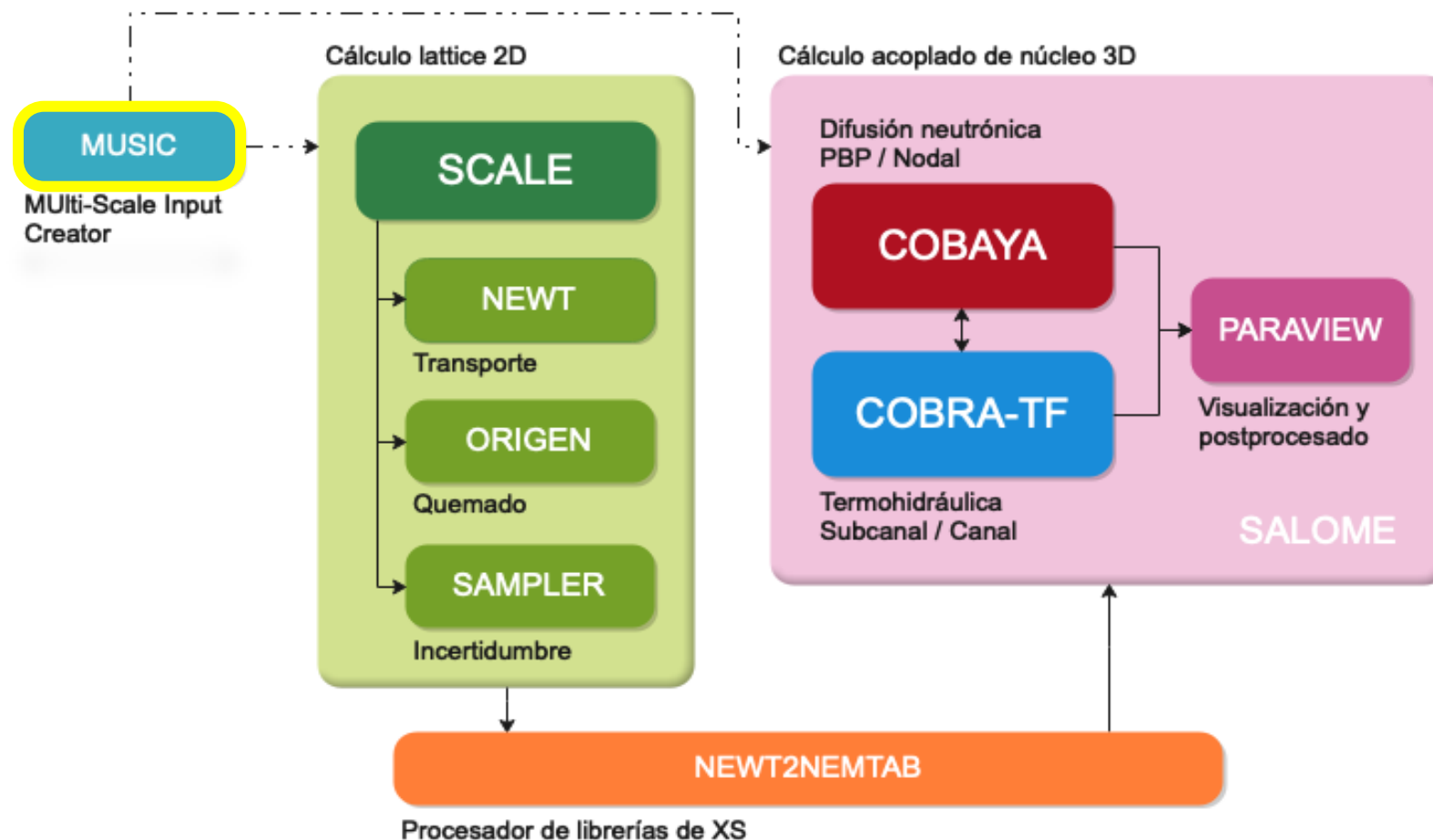
# Plataforma multifísica UPM para LWR



# Plataforma multifísica UPM para LWR



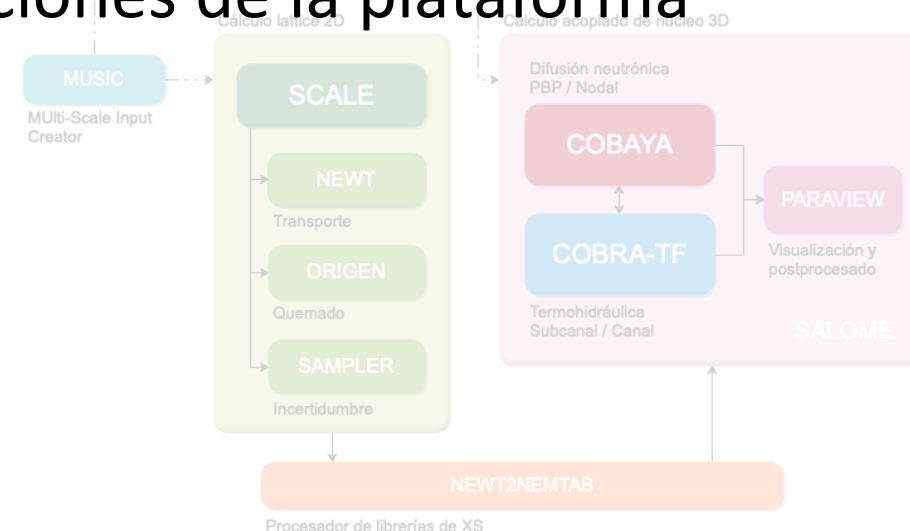
# Plataforma multifísica UPM para LWR



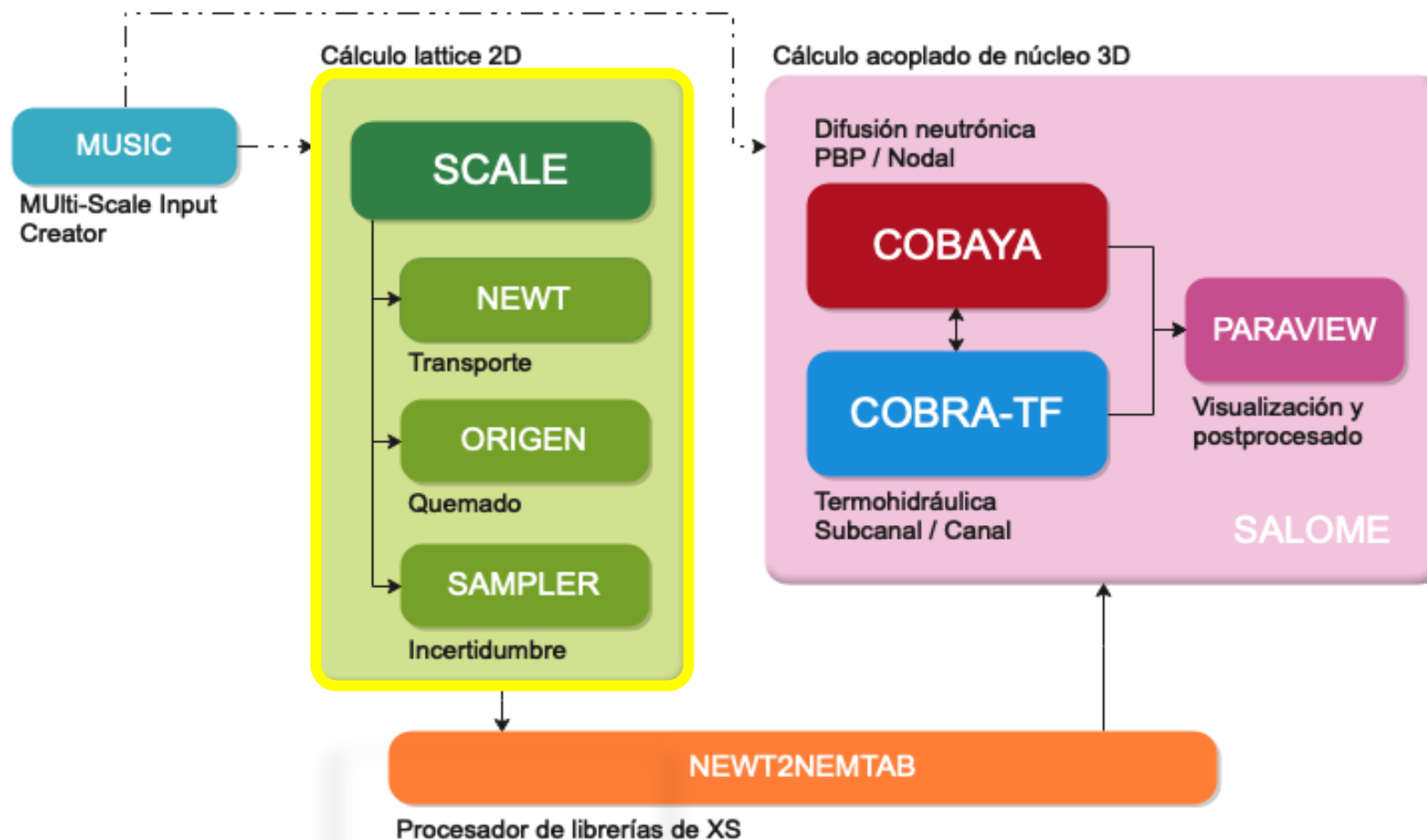
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Generación de inputs (MUSIC)

- Conjunto de subrutinas Python que **generan de forma coherente los inputs necesarios** para los códigos de la plataforma
- Está **modularizado** de tal manera que se pueda incluir código para generar el input para nuevos códigos o funciones de la plataforma



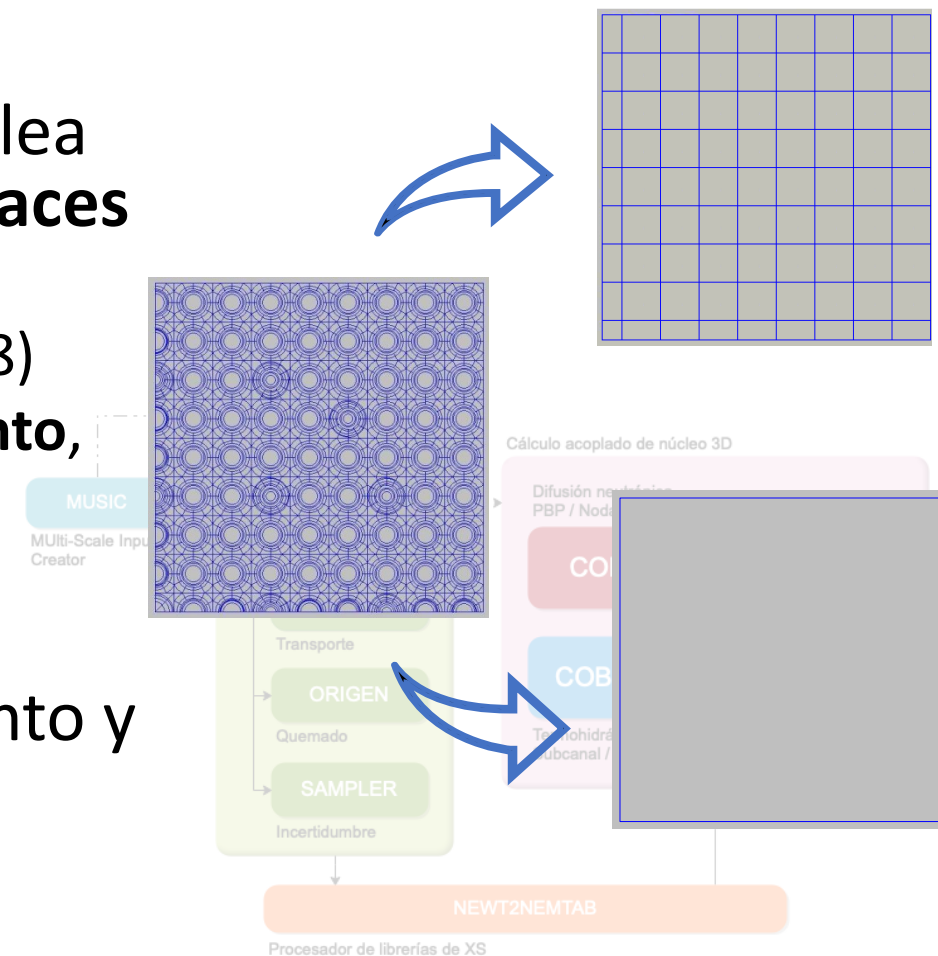
# Plataforma multifísica UPM para LWR



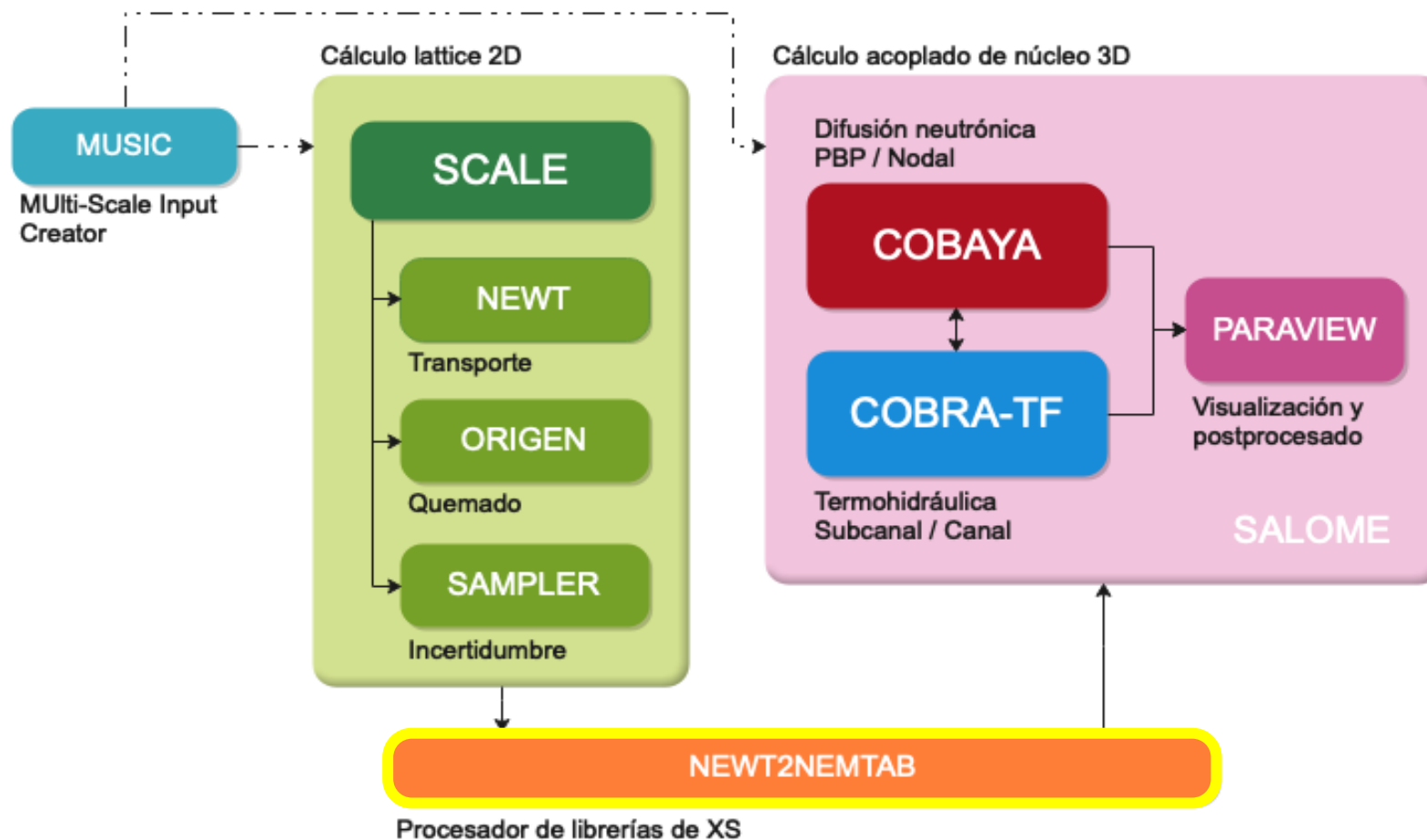
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Cálculo *lattice* (SCALE)

- La solución de transporte de NEWT se emplea para obtener las **librerías de secciones eficaces macroscópicas** a lo largo del quemado:
  - **colapsadas en pocos grupos energéticos (2,4,8)**
  - **y homogeneizadas a nivel de barra o elemento**, que garantizan la conservación de las tasas de reacción en el cálculo posterior del núcleo
- Este cálculo se realiza con **TRITON (NEWT+ORIGEN)**, para cada tipo de elemento y a diferentes condiciones de operación



# Plataforma multifísica UPM para LWR

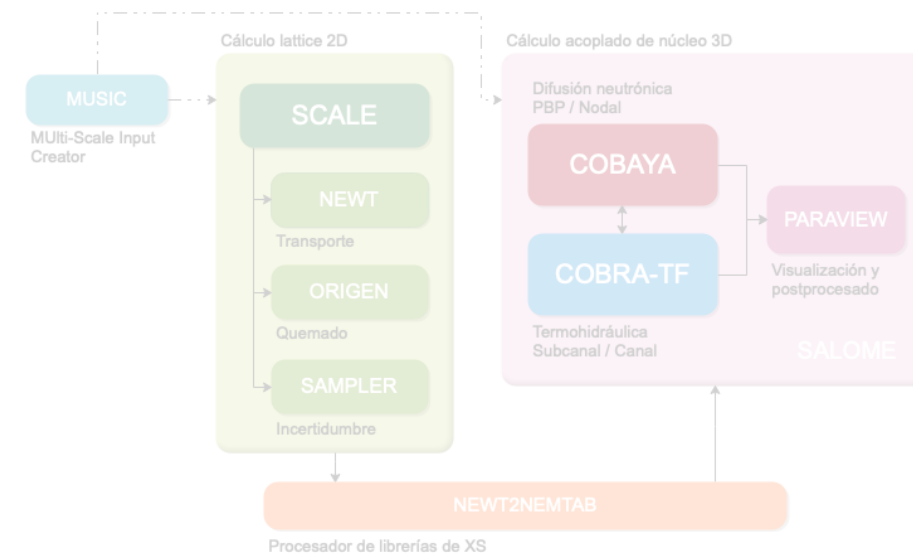




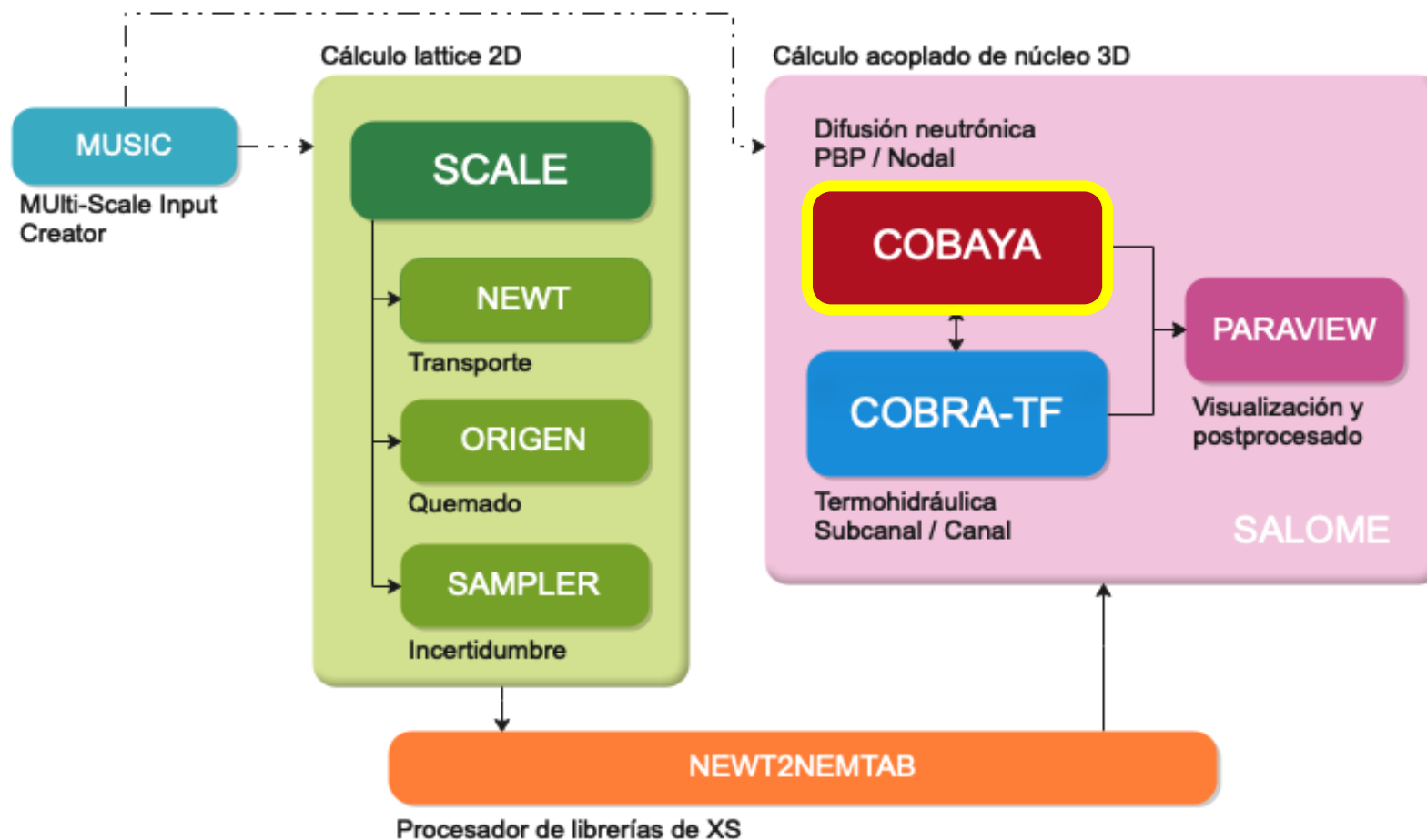
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Generación de librerías de XS (NEWT2NEMTAB)

- Extrae la información precisa de los archivos de salida de NEWT para generar una librería de **secciones eficaces homogeneizadas y colapsadas en formato NEMTAB parametrizadas en función de variables de estado** como
  - temperatura del combustible
  - temperatura y la densidad del moderador
  - concentración de boro y
  - grado de quemado.



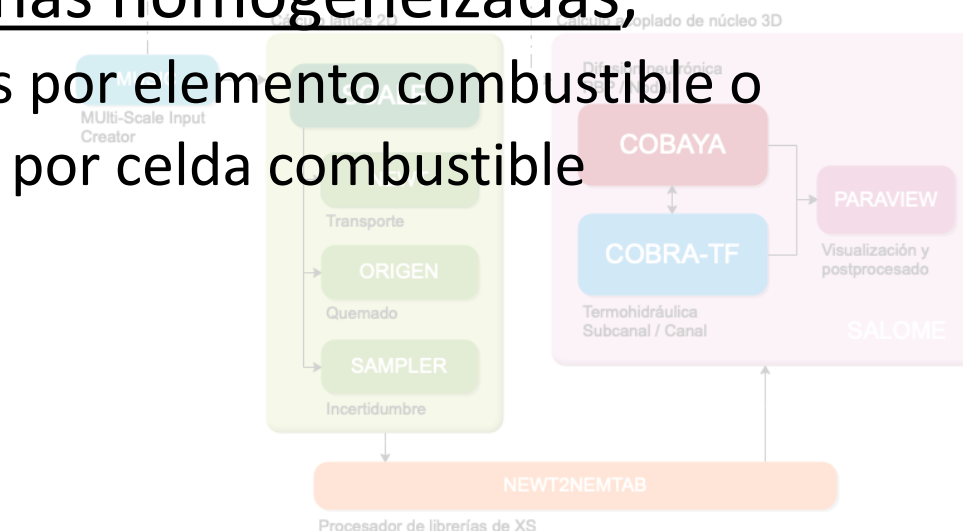
# Plataforma multifísica UPM para LWR



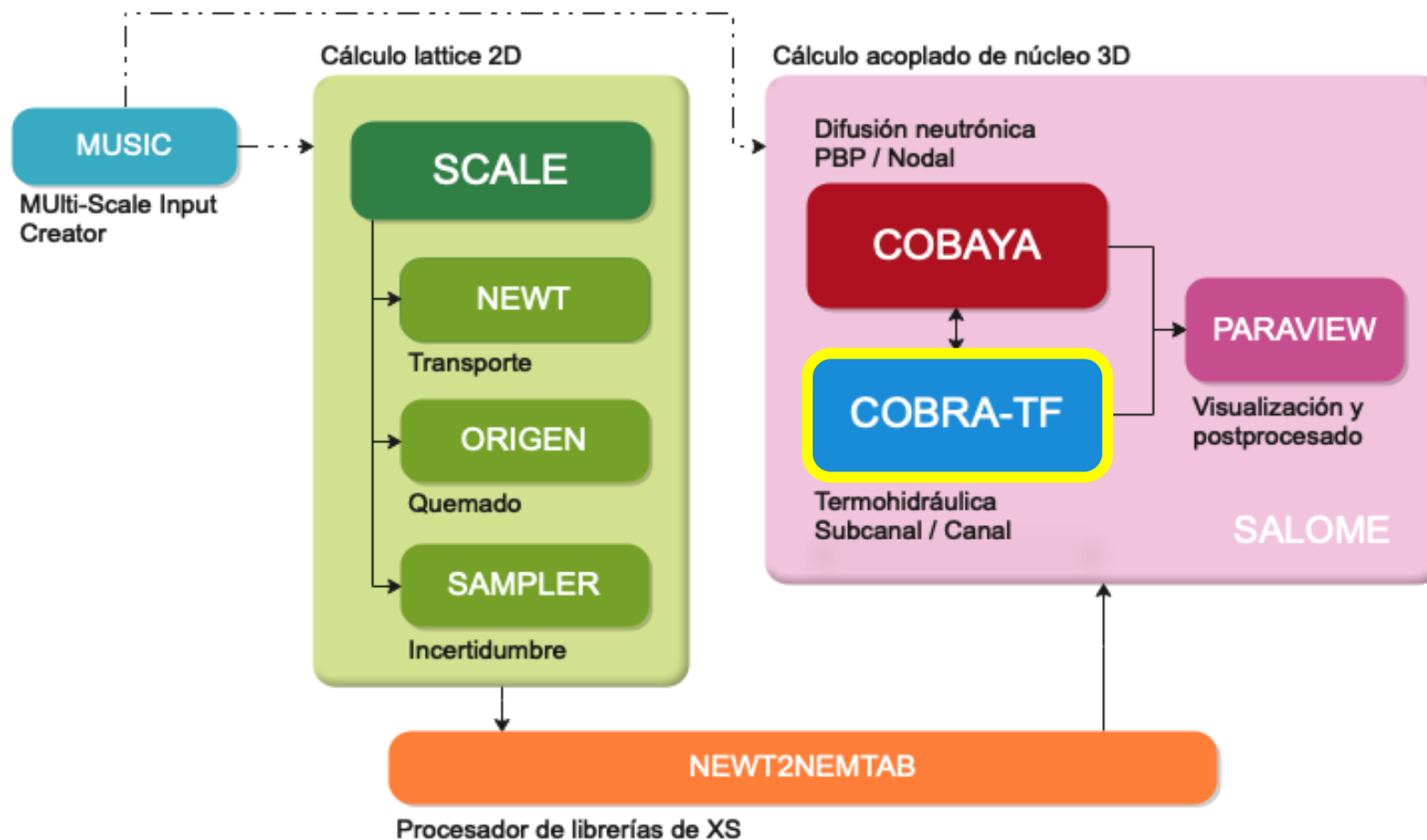
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Cálculo neutrónico de núcleo (COBAYA)

- Resolución de la ecuación de **difusión neutrónica corregida por transporte para el núcleo completo** para obtener la distribución tridimensional de potencia en el reactor y otros parámetros
- La ecuación de difusión se resuelve en zonas homogeneizadas,
  - a nivel nodal (solver ACMFD) con 1 o 4 nodos por elemento combustible o
  - a nivel de barrita (solver FMFD) con un nodo por celda combustible



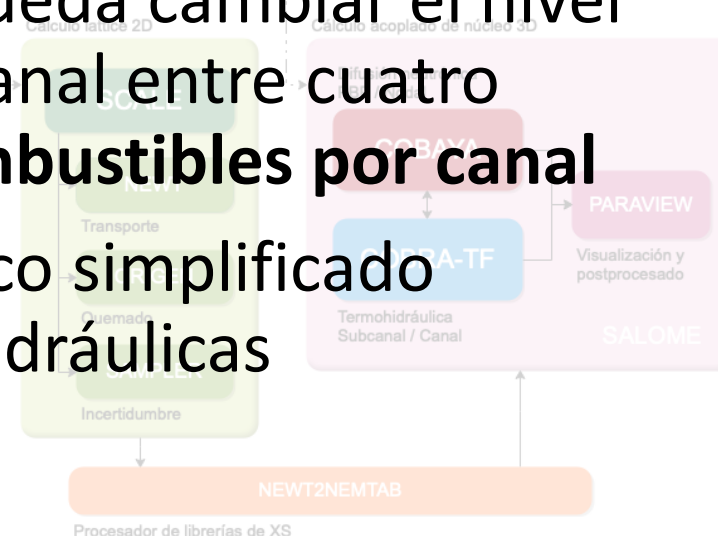
# Plataforma multifísica UPM para LWR



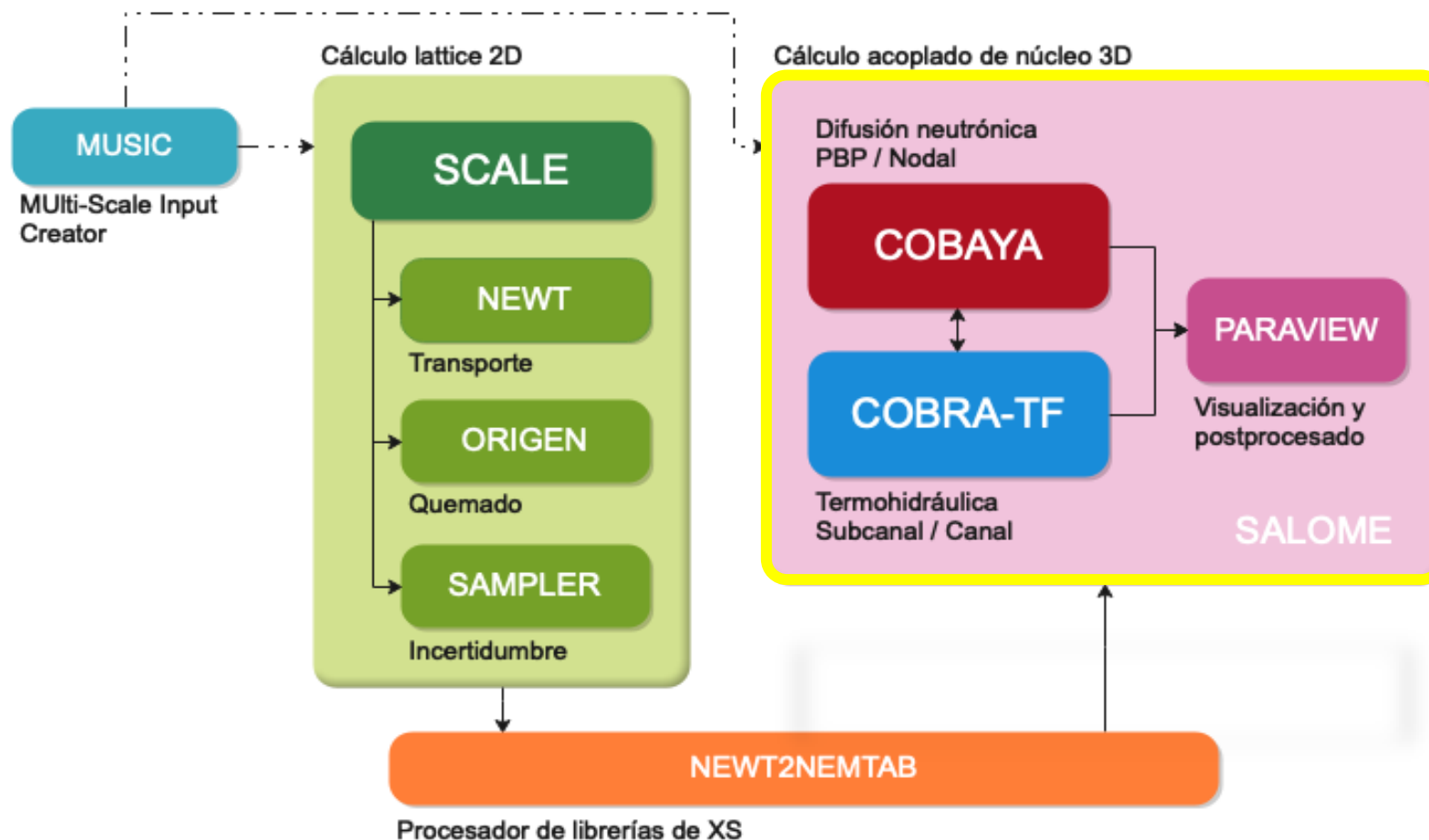
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Cálculo termohidráulico de núcleo (COBRA-TF)

- Permite suministrar las **condiciones locales del refrigerante y del combustible** teniendo en cuenta los fenómenos termohidráulicos dentro del reactor: regímenes de flujo y transferencia de calor
- Está integrado en la plataforma de manera que pueda cambiar el nivel de resolución **desde subcanal de refrigeración** (canal entre cuatro barras combustibles) **hasta varios elementos combustibles por canal**
- COBAYA 4.2 cuenta con un módulo termohidráulico simplificado (SIMULA-TH) para cálculo de condiciones termohidráulicas aproximadas en caso de no usar COBRA-TF



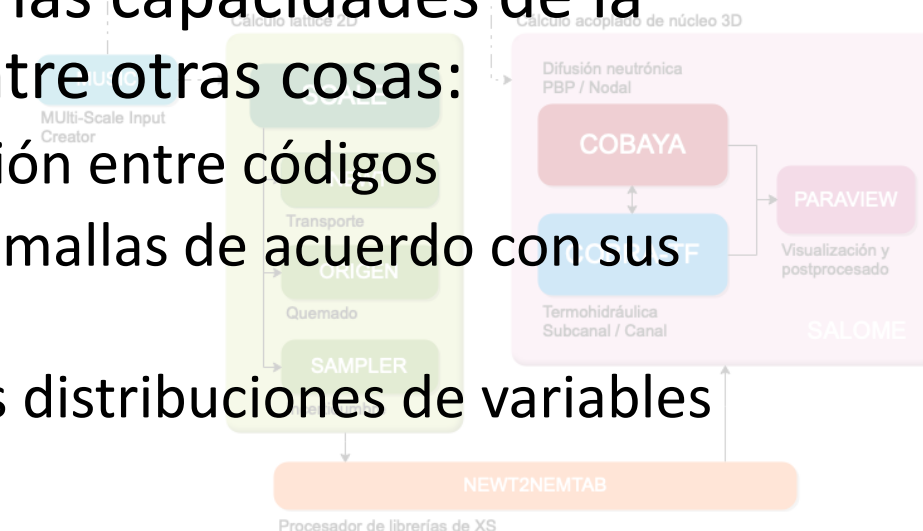
# Plataforma multifísica UPM para LWR



# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Acoplamiento (SALOME)

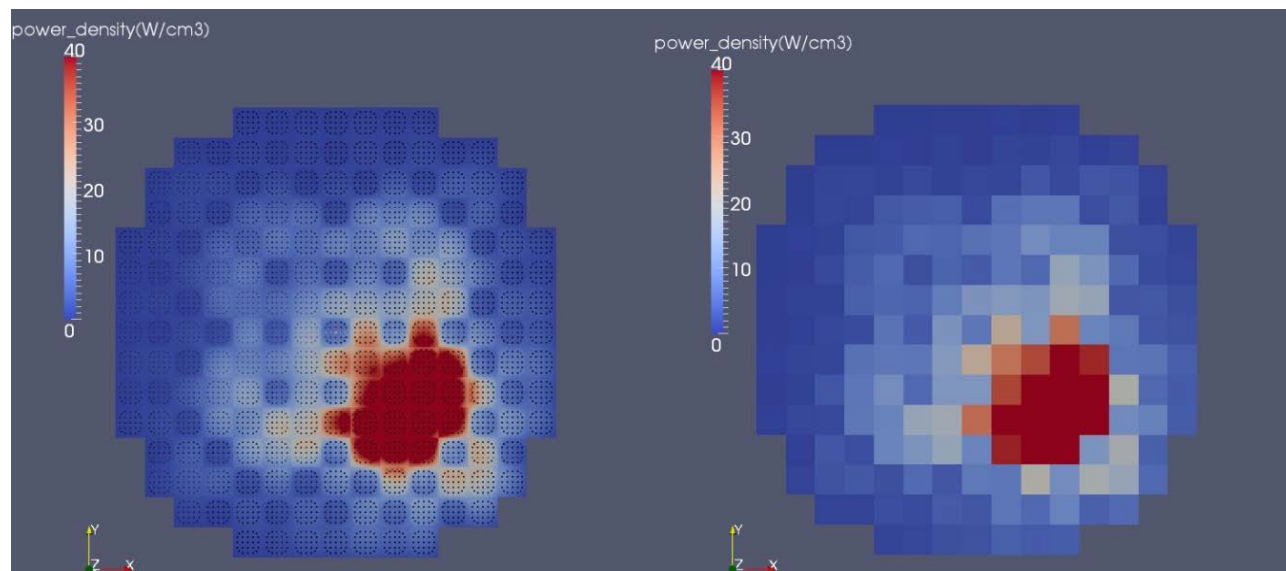
- El cálculo acoplado de COBAYA4 con COBRA-TF es un proceso iterativo en el que se **ambos se comunican entre sí** hasta alcanzar una solución final
- Este acoplamiento se lleva a cabo utilizando las capacidades de la plataforma computacional SALOME que entre otras cosas:
  - Genera las mallas de intercambio de información entre códigos
  - Lleva a cabo la interpolación de campos entre mallas de acuerdo con sus características
  - Permite visualizar los dominios de cálculo y las distribuciones de variables resultantes



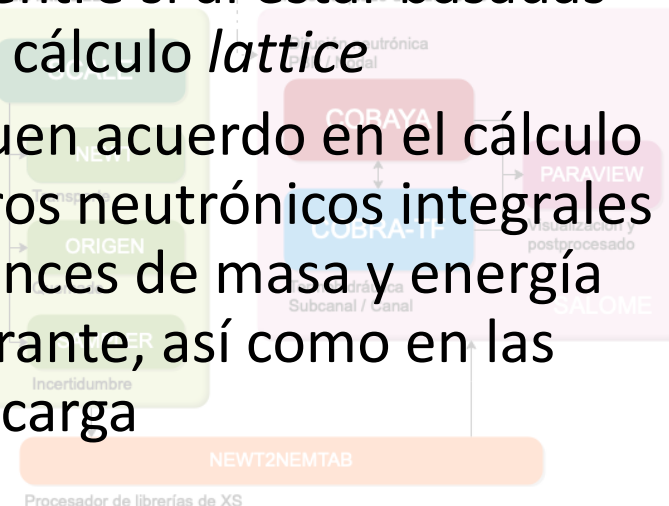
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Acoplamiento (SALOME)

- La versatilidad de la plataforma se traduce en la realización de modelos, **acoplados o stand-alone**, a **diferentes escalas espaciales** para simular el núcleo del reactor



- Las dos escalas neutrónicas son coherentes entre sí al estar basadas en el mismo cálculo *lattice*
- Muestran buen acuerdo en el cálculo de parámetros neutrónicos integrales y en los balances de masa y energía en el refrigerante, así como en las pérdidas de carga

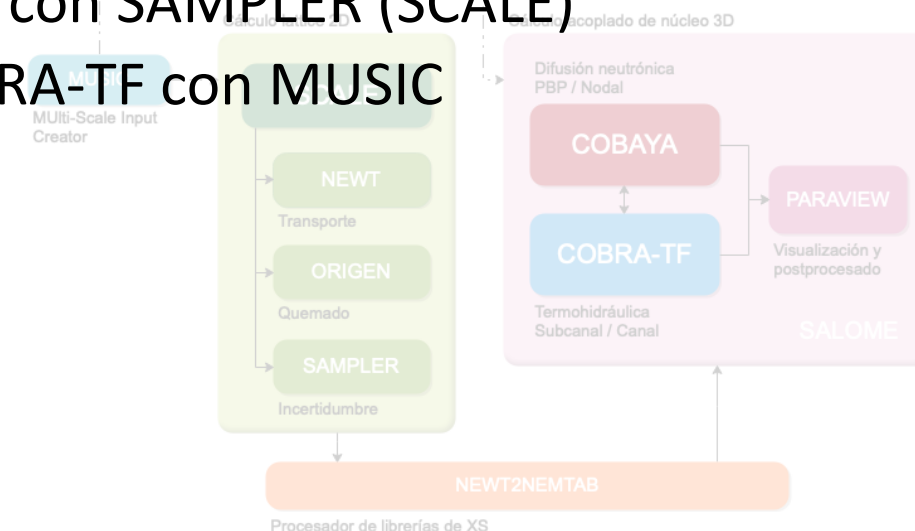




# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Sensibilidad e incertidumbre

- Se usa un método estocástico para este análisis tanto en la neutrónica como en la termohidráulica
- La plataforma permite estos cálculos mediante:
  - Generación de secciones eficaces perturbadas con SAMPLER (SCALE)
  - Perturbación de parámetros de entrada a COBRA-TF con MUSIC



# Plataforma multifísica UPM para LWR

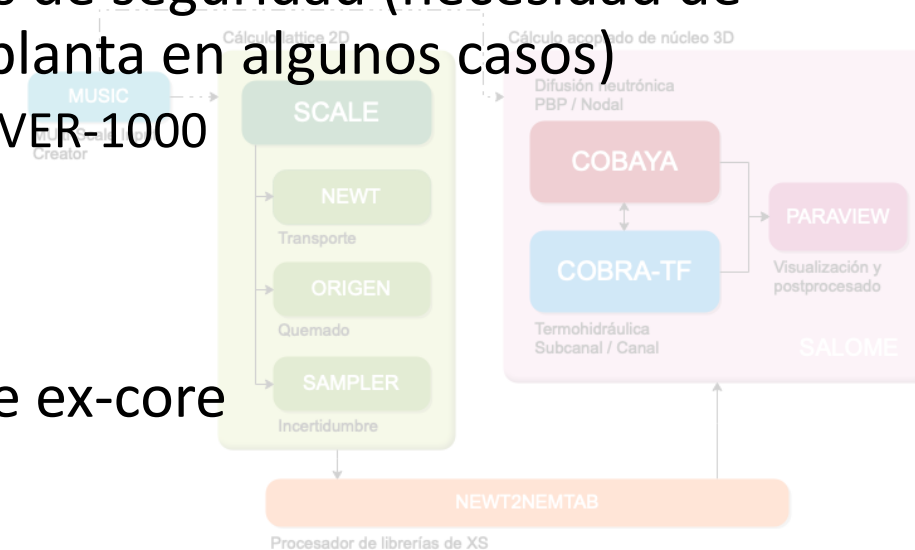
## Aplicaciones

### ■ Actuales

- Análisis de diseño de núcleo
  - TMI-1, Nuscale, TVA Watts Bar Benchmark
- Análisis de transitorios BEPU para evaluaciones de seguridad (necesidad de condiciones de contorno termohidráulicas de planta en algunos casos)
  - TMI-1, Nuscale, 4-loop Westinghouse PWR-ZION, VVER-1000

### ■ Futuras

- Optimización de recargas
- Determinación fuente de fisión para transporte ex-core
  - Cálculo de fluencia en la vasija
  - Cálculo de activación



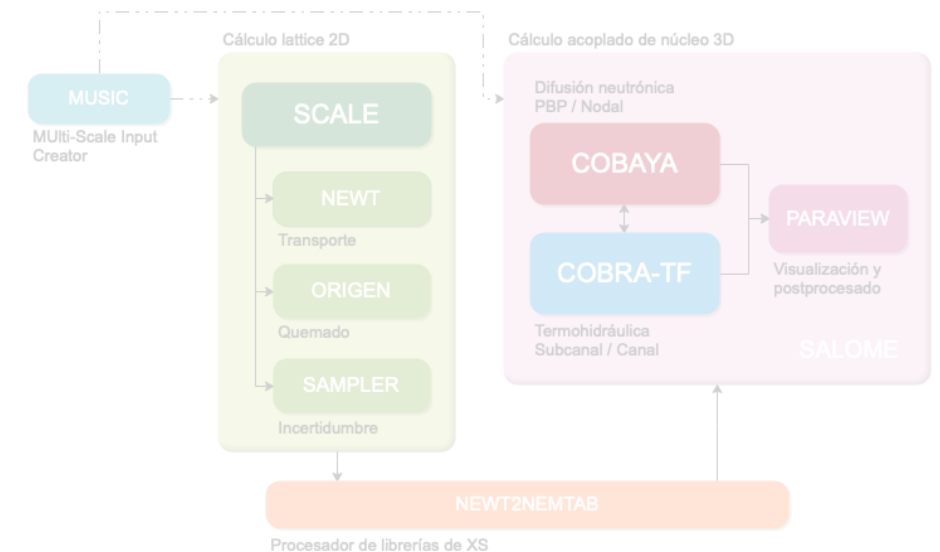
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## En proceso

- Continuar con la validación de COBAYA 4.2
- Continuar con la validación del sistema
- Acelerar la simulación de transitorios con cálculo en subcanales (peso computacional muy elevado de COBRA-TF)

## Uso de la Plataforma

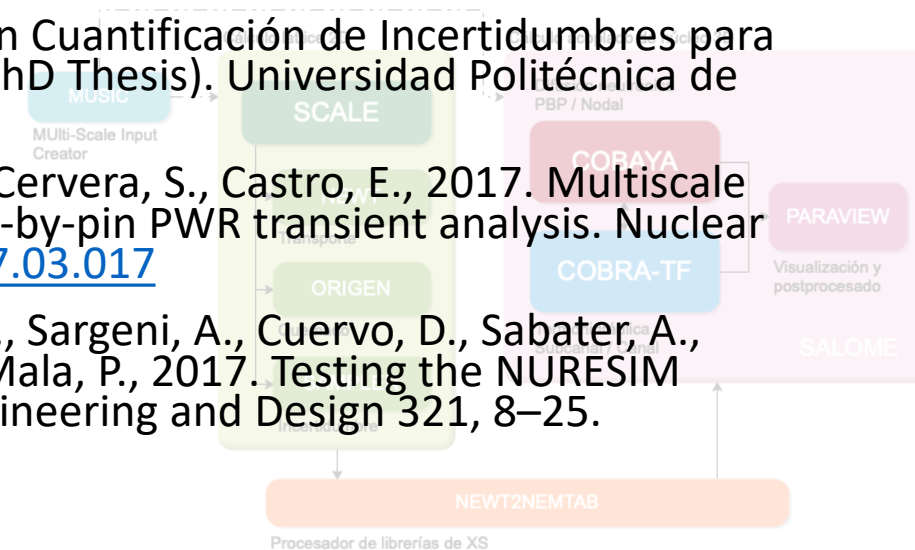
- Formación
- Investigación



# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Referencias

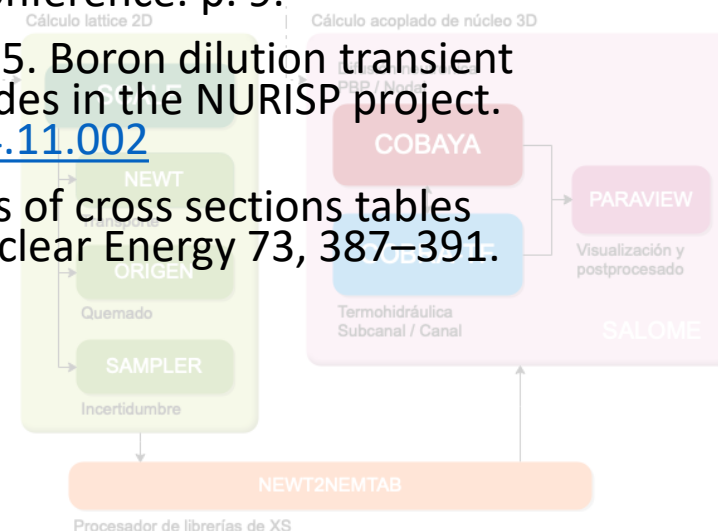
- Sabater, A., 2019. Study and Implementation of Neutronic-Thermohydraulic Coupling Methods for Detailed Analysis of Transients in Nuclear Reactors for Safety Margins Optimization. Tesis Doctoral, UPM, 2019.
- Castro, E., Sánchez-Cervera, S., García-Herranz, N., Cuervo, D., 2018. Impact of the homogenization level, nodal or pin-by-pin, on the uncertainty quantification with core simulators. Progress in Nuclear Energy 104, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2017.10.001>
- Castro, E., 2018. Methodologies for sensitivity/uncertainty analysis using reactor core simulators with application to pressurized water reactors.
- Sánchez-Cervera, S., 2017. Generación de Librerías Optimizadas con Cuantificación de Incertidumbres para Cálculos Realistas (BEPU) de Reactores Nucleares de Agua Ligera (PhD Thesis). Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.47154>
- García-Herranz, N., Cuervo, D., Sabater, A., Rucabado, G., Sánchez-Cervera, S., Castro, E., 2017. Multiscale neutronics/thermal-hydraulics coupling with COBAYA4 code for pin-by-pin PWR transient analysis. Nuclear Engineering and Design. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.03.017>
- Kliem, S., Kozmenkov, Y., Hadek, J., Perin, Y., Fouquet, F., Bernard, F., Sargeni, A., Cuervo, D., Sabater, A., Sanchez-Cervera, S., Garcia-Herranz, N., Zerkak, O., Ferroukhi, H., Mala, P., 2017. Testing the NURESIM platform on a PWR main steam line break benchmark. Nuclear Engineering and Design 321, 8–25. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.05.028>



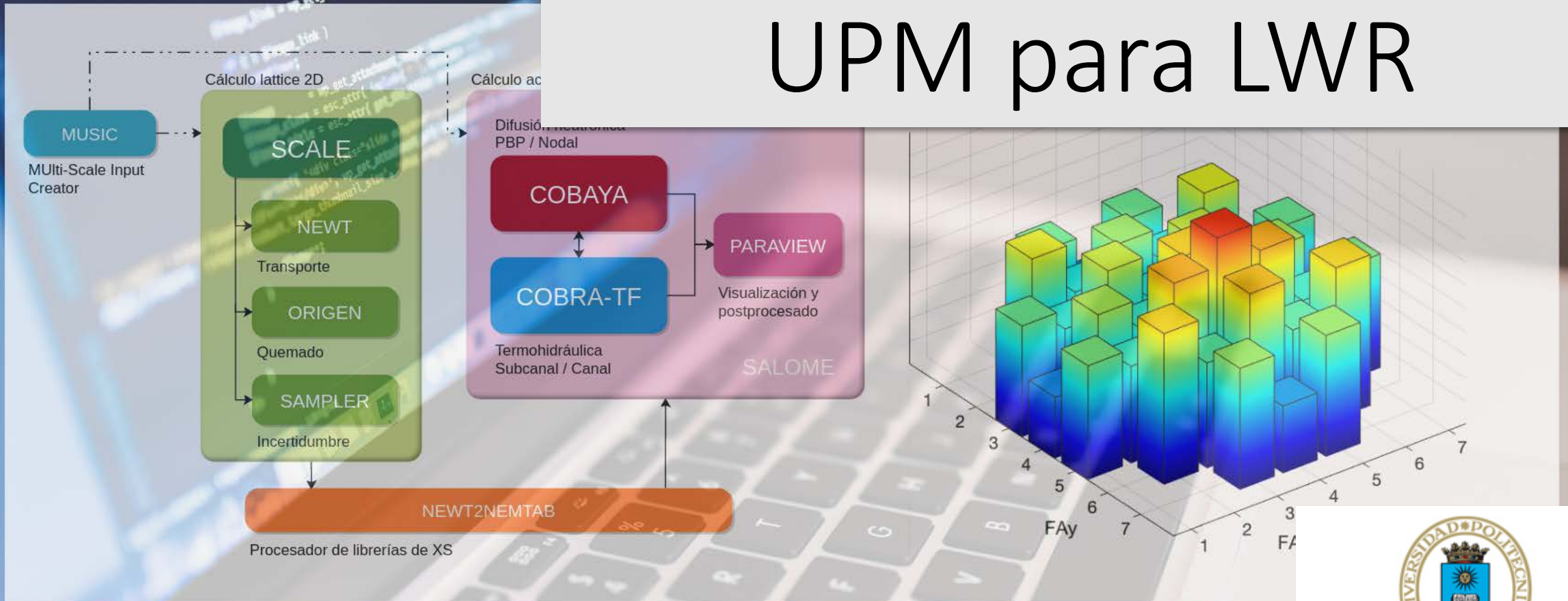
# Plataforma multifísica UPM para LWR

## Referencias

- Spasov, I., Mitkov, S., Kolev, N.P., Sanchez-Cervera, S., Garcia-Herranz, N., Sabater, A., Cuervo, D., Jimenez, J., Sanchez, V.H., Vyskocil, L., 2017. Best-estimate simulation of a VVER MSLB core transient using the NURESIM platform codes. Nuclear Engineering and Design 321, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.03.032>
- Sabater, A., Cuervo, D., Castro, E., García-Herranz, N., 2017. Validation of COBAYA4/CTF coupling within European NURESIM Platform against MCNP/CTF, in: ANS Winter Meeting. p. 7.
- Castro, E., Cuervo, D., García-Herranz, N., Avramova, M., 2016. THERMAL-HYDRAULIC UNCERTAINTY PROPAGATION IN A MAIN STEAM LINE BREAK SCENARIO, in: PHYSOR 2016 Conference. p. 9.
- Jimenez, G., Herrero, J.J., Gommlich, A., Kliem, S., Cuervo, D., Jimenez, J., 2015. Boron dilution transient simulation analyses in a PWR with neutronics/thermal-hydraulics coupled codes in the NURISP project. Annals of Nuclear Energy 84, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2014.11.002>
- Sánchez-Cervera, S., García-Herranz, N., Herrero, J.J., Cuervo, D., 2014. Effects of cross sections tables generation and optimization on rod ejection transient analyses. Annals of Nuclear Energy 73, 387–391. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2014.07.002>



# Plataforma multifísica UPM para LWR



MUCHAS GRACIAS



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"