

I Jornada CEIDEN de usuarios de bases de datos nucleares utilizadas en cálculos para aplicaciones nucleares energéticas y no-energéticas

7 de mayo de 2019

Biblioteca Instituto de Fusión Nuclear. Edificio Nuclear, 2ª planta.
ETS de Ingenieros Industriales de Madrid, C/José Gutiérrez Abascal, 2.
28006 Madrid

RESUMEN DE LA REUNIÓN

Participantes (Ver ANEXO I)

1. Bienvenida y presentación de la reunión.

J. Díez (Chairman) y O. Cabellos (Secretario de la reunión) dan la bienvenida a la reunión a todos los participantes.

Brevemente, O. Cabellos comenta la iniciativa de organizar esta Jornada, agradeciendo a R. Velasco (CSN) y P.T. León (ENEL) el apoyo del CEIDEN y su confianza para realizar esta reunión.

O. Cabellos, comenta que la propuesta de organización de esta Jornada fue presentada en la *34ª Reunión del Consejo Gestor del CEIDEN (01/Febrero/2019)* y cuyo objetivo principal era promover la colaboración entre entidades españolas que utilizan bases de datos nucleares, compartir experiencias y recoger de una manera general las necesidades de estos usuarios.

2. Agenda

O. Cabellos presenta la agenda de la reunión, donde se ha incluido en el último momento la presentación solicitada por el profesor J.M. Quesada (U. Sevilla) sobre aplicaciones médicas. La primera sesión de la Jornada incluye 6 videoconferencias por Skype. R. Capote desde Viena (IAEA/NDS) informa via email de que intentará la conexión a última hora de la mañana debido a que está participando en otra reunión en paralelo.

3. Presentaciones

Da comienzo la reunión a las 9:10h.

- J. Dies (CSN) realiza una primera intervención haciendo un resumen de la importancia de las actividades de la NEA y la participación del CSN en muchas áreas afines a los temas de esta Jornada. J. Dies repasa algunas actividades actuales como los licenciamientos de almacenamientos temporales de combustible gastado en donde son importantes los cálculos neutrónicos y de isotopía del combustible. En particular, menciona como tema de actualidad las actividades en el área de los combustibles de alta resistencia a accidentes, basados en nuevos materiales de combustible y vaina que van a requerir estudios significativos en áreas como neutrónica, termohidráulica, comportamiento del combustible, evaluación de seguridad frente a accidentes, etc... y donde tanto la OECD/NEA como muchas otras instituciones están invirtiendo muchos esfuerzos.

Durante esta presentación se comenta la próxima Jornada CEIDEN sobre combustible con alta resistencia frente a accidentes que se celebrará los días 20-21 de junio en Sevilla.

(https://ceiden.com/wp-content/uploads/2019/04/Convocatoria-al-Taller-CEIDEN-ATF_CAMBIO-DE-FECHA-1.pdf)

- F. Michel-Sendis (OECD/NEA) desde Paris, presenta “Alcance y objetivos de la reunión de “JEFF Stakeholder’s - Junio 6-7, 2019”. En esta reunión se pretende reunir a los usuarios de los datos nucleares y a los productores de estas bases de datos, con una importante participación de los organismos reguladores y los Technical Safety Organisations (TSO). F. Michel-Sendis recalca el papel importante del uso final de los datos nucleares que son la “locomotora” que impulsa nuevos desarrollos. A continuación, señala que la comunidad de evaluación de datos nucleares está formada por un grupo pequeño de expertos y muy diseminados. F. Michel-Sendis indica que uno de los principales objetivos de la *JEFF Stakeholder’s Meeting* es identificar las necesidades de estos datos nucleares en aplicaciones industriales, médicas, etc..., reconstruir el panorama de estas necesidades y dar una respuesta concertada por parte de los evaluadores de datos nucleares.

Según F. Michel-Sendis, entre estas necesidades también se encuentran los vectores de utilización de estas bases de datos, que son los formatos utilizados en los códigos de cálculo neutrónico, inventario, etc... A modo de ejemplo, comentó que podría ser interesante que la librería JEFF pudiera extender sus formatos a códigos de cálculo como el código SCALE. F. Michel-Sendis expuso también la extensa base de datos experimental que dispone la NEA para validación de códigos y datos nucleares, como ICSBEP, IRPHEP, SINBAD, SFCOMPO,...

Por último, F. Michel-Sendis comentó la agenda de la JEFF stakeholders meeting y pidió que se distribuyese entre los participantes de esta reunión, que están invitados a asistir el día 6 de junio, en el auditorio de la OECD/NEA, Boulogne-Billancourt, Francia.

- R. Capote (IAEA/NDS), “Necesidades de evaluación de datos nucleares- La visión del evaluador”. O. Cabellos comenta que está en contacto con R. Capote, y que en este momento no es posible establecer la videoconferencia, y que se intentará realizar posteriormente durante la Jornada. O. Cabellos expone que la invitación a un evaluador como R. Capote permitirá enriquecer esta Jornada aportando la visión de los evaluadores.
- E. Gonzalez (CIEMAT) presenta “SANDA – Proyecto de H2020” desde Barcelona. El proyecto SANDA (en este momento en fase de negociación) ha obtenido una evaluación positiva de la Comisión Europea con una financiación de 3.5MEuros por 4 años. En este proyecto, liderado por el CIEMAT, con 35 participantes y 19 países, participan además del propio CIEMAT, el CSIC y cuatro universidades españolas UPC, UPM, USE y USC. La propuesta supone un apoyo a las diferentes etapas que constituyen la generación de las bases de datos nucleares: fabricación de muestras para ensayos, fuentes de neutrones, detectores de partículas, medidas experimentales diferenciales, metodologías de evaluación que incluyen estimación de incertidumbres y correlaciones, benchmarking y validación en criticidad, blindaje, etc... E. González destaca en este proyecto la estrecha colaboración con la NEA y la IAEA. A continuación, E. González repasa las distintas actividades de los grupos de trabajo y específicamente la contribución española en estas actividades (ver presentación para más detalles).
- F. Álvarez-Velarde (CIEMAT) se encuentra en Barcelona, y en representación de la Unidad de Innovación Nuclear del CIEMAT presenta “Experiencia y capacidades del CIEMAT en la generación y uso de bases de datos nucleares”. En primer lugar, realiza un repaso de las actividades y proyectos en medición de datos experimentales, destacando fundamentalmente la contribución del CIEMAT en la instalación n_TOF, y en los proyectos internacionales con la IAEA-CRPs y NEA-WPECs. Continúa exponiendo la contribución del CIEMAT en la fase de chequeo de la librería JEFF-3.3, extendiendo el rango de benchmarking de la librería a los casos de ASTRID y MYRRHA, lo que permitió resolver problemas en algunos materiales como el plomo y el bismuto. F. Alvarez expresa el interés del CIEMAT por participar desde el principio en la nueva versión de JEFF, la JEFF-4. Por último, F. Alvarez presenta las distintas herramientas desarrollados en el CIEMAT (EVOLCODE, SUMMON, DAWN,...), la validación de librerías utilizando experimentos integrales críticos y subcríticos dentro del marco EURATOM, y la producción de librerías para el código GEANT4.
- C. Guerrero (Univ. Sevilla) desde Sevilla presenta “Actividades sobre datos nucleares en la U. Sevilla”. En primer lugar, C. Guerrero explica las actividades sobre producción o medida de datos experimentales con la participación en n_TOF y en el CNA (Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla). Y a continuación la validación y mejora de códigos como GEANT4 y PENH aplicados en tecnología nuclear, astrofísica o física

médica. C. Guerrero comenta las actividades del grupo HISPANOS@CNA, con la fuente de neutrones HISPANOS (HISPALis NeutrOn Source), con un Tandem de 3 MV y haz de neutrones de hasta 8 MeV. Para aplicaciones médicas de protonterapia, C. Guerrero explicó la necesidad de mejorar las medidas de ciertos isótopos emisores beta+ con la finalidad de determinar con mayor precisión la actividad remanente y comprobar que la deposición de dosis se hace correctamente en el paciente. El CNA está actualmente realizando estas mediciones con un haz de protones de 18 MeV para medir la probabilidad de producción de isótopos como ^{13}N y ^{11}C .

- J.M. Quesada (Univ. Sevilla) desde Sevilla presenta “Datos Nucleares para aplicaciones médicas: PENH +datos nucleares”. J.M. Quesada explica en detalle las mejoras introducidas en el código PENH – extensión del código PENELOPE para protones. La versión PENH-2018 está en fase de validación, presentando resultados muy prometedores capaces de predecir de manera muy realista la deposición de dosis a lo largo del eje de irradiación. J.M. Quesada comentó las discrepancias de los datos nucleares entre diferentes evaluaciones para la reacción $^{16}\text{O}(p,x)^{15}\text{O}$. Por último, remarcó el gran esfuerzo que está haciendo la IAEA en la colección y diseminación de datos nucleares para aplicaciones médicas (<https://www-nds.iaea.org/medportal/>).

NOTA: PENELOPE es el código español más distribuido por la NEA/Data Bank.

- P. Romojaro (CIEMAT) presenta “Necesidades de mejora de las bases de datos nucleares para el diseño de reactores avanzados”. Su presentación se centra sobre el reactor MYRRHA en fase de diseño y construcción en Bélgica. Este reactor con una potencia de 50-100MWth, se encuentra refrigerado por Pb-Bi y puede funcionar en modo crítico y subcrítico, con un acelerador de protones. El fuel es tipo MOX con alto enriquecimiento (30%). Resultados con JEFF-3.3 y ENDF/B-VIII.0 dan una discrepancia de hasta 450pcm de reactividad, lo que explica que equivaldría a una diferencia de cargar hasta 9 elementos de combustible. Los estudios de sensibilidad e incertidumbre de los datos nucleares muestran que la precisión objetivo para este tipo de reactores se excede en varios parámetros críticos para el reactor (keff, coeficientes de reactividad, ...) y que éstos valores son fuertemente dependientes de la base de datos nucleares utilizada.
- F. Burón (UPM) presenta “Experiencia de datos nucleares en simulaciones PWR”. En primer lugar, se repasan el objetivo de las predicciones, que para PWR según WPEC-SG26, es de 500 pcm de reactividad. Valor comparable a las 50 ppm de Boro crítico aceptado como diferencia entre el valor calculado y medido de boro de acuerdo con el criterio de diseño en Centrales de tecnología Westinghouse. Se señala como algo característico de las librerías de datos nucleares que existen errores de compensación entre datos nucleares que permiten predecir muy bien valores integrales como la keff, pero con diferente combinación de secciones-eficaces. F. Burón explica también cómo los valores de incertidumbres de los datos nucleares

están relacionados con la banda de confianza de los cálculos de simulación. En este trabajo se presentan los resultados de simulaciones en un reactor tipo Westinghouse en el ciclo 5 de operación. Se observa que las predicciones de concentración de boro crítica con JEFF-3.3 están por debajo de las 50 ppm de boro del criterio de diseño, y que ENDF/B-VIII.0 llega hasta diferencias de 84 ppm de boro, por debajo a su vez del criterio de aceptación por seguridad. Este valor parece indicar que la librería ENDF/B-VIII.0 tiene un sesgo mayor que la JEFF-3.3.

Las incertidumbres de estos valores de concentración de boro se estiman utilizando la técnica de Monte Carlo, observando diferencias significativas entre ambas librerías con valores de incertidumbre total próximos a las 100 ppm de boro. Este valor podría indicar que hay una posible sobreestimación de las incertidumbres de los datos nucleares para PWRs tanto en JEFF-3.3 como en ENDF/B-VIII.0.

- A. Abánades (UPM) presenta “Actividades de la UPM con la OIEA en simulación neutrónica para reactores de transmutación con alto contenido en transuránidos”. El trabajo expuesto forma parte de los trabajos presentados en el IAEA/CRP sobre “Accelerator Driven Systems (ADS) Applications and use of Low-Enriched Uranium in ADS”. Se modelizó un reactor formado por un combustible tipo Pb o eutéctico Pb-Bi y alrededor de un 9% de combustible, con un porcentaje de Pu y U del 47% de todos los actínidos. Los cálculos se realizaron con MCNPX y la librería ADLib2.0 (<https://www-nds.iaea.org/ads/>) basada en ENDF/B-VII.0. A. Abánades concluyó la necesidad de mejorar la evaluación de secciones eficaces e incertidumbres de actínidos para aplicación de actínidos en flujos de alta energía. Estos datos nucleares son de gran importancia para las evaluaciones de seguridad de reactores rápidos orientados a transmutación.
- A. Jiménez (UPM) presenta “El papel de los datos nucleares en la V&V&UQ de simulaciones de Monte Carlo de reactores avanzados”. En esta presentación se concluye la necesidad de disponer de librerías procesadas para el sistema de códigos SCALE (aunque podría extenderse a cualquier otro sistema de códigos) con la verificación y validación requeridas. Esto es necesario para tener confianza en la predicción de las simulaciones realizadas por los usuarios. En este punto se comenta que el sistema de códigos SCALE desarrollado por ORNL solo posee librerías ENDF/B, y que, aunque el sistema dispone de la herramienta llamada AMPX para procesamiento de librerías, esta herramienta AMPX en la última distribución SCALE6.2.3 tiene problemas al generar las librerías para KENO en la región de resonancias no-resueltas (URR). Se apunta como necesario tratar de implementar en SCALE librerías como JEFF que permitan realizar una contrastación de resultados. Finalmente, se comenta la necesidad de la selección de Benchmarks y la verificación de la calidad de dichos inputs utilizados que permitan validar dichas librerías en el rango de aplicaciones deseadas.

NOTA: SCALE es uno de los más distribuidos por la NEA/Data Bank.

- O. Cabellos (UPM) presenta “Resultados del Cuestionario de – Usuarios de BBDD nucleares”. Brevemente, O. Cabellos presenta los resultados de la encuesta indicando que aunque la muestra es muy pequeña (solo 9 encuestas válidas), parece que es suficientemente representativa, incluyendo expertos de todos los sectores. Los resultados se pueden ver en la presentación adjunta.
Cabe señalar, que el JEFF-CG comentó la posibilidad de estudiar estos resultados y discutir la posibilidad de elaborar un cuestionario más amplio distribuido por la NEA.

- Todos los participantes “Discusión sobre diferentes temas”. Durante la última parte se abrió un debate de ideas en donde se discutieron entre otros temas de interés los siguientes:
 - 1) La necesidad de realizar una Quality&Assurance (Q&A) de las librerías procesadas, que sean distribuidas oficialmente por la NEA, y que incluyan formatos tipo ACE, AMPX, etc... Este trabajo es importante para que los usuarios de los códigos no tengan que realizar el procesamiento de las librerías:
 - a. Evitando errores en las opciones de procesamiento
 - b. Evitando diferencias achacables al procesamiento por diferentes versiones de NJOY (para MCNP) o AMPX (para SCALE).
 - 2) Los reactores en operación con combustible UO₂, para los que en un principio podría parecer que no son necesarios nuevos datos nucleares, podría ser de interés estudiar el impacto de los datos nucleares en:
 - a. El efecto de compensación de errores en las simulaciones
 - b. Los elementos de la periferia del núcleo donde hay poca instrumentación intranuclear
 - c. Estudio del daño de la vasija donde hay poca instrumentación nuclear.
 - d. Inspección y análisis de barras del combustible
 - 3) En relación con los nuevos combustibles ATFs en LWRs es interesante que se pueda realizar:
 - a. Comparativa de resultados con diferentes evaluaciones de datos nucleares (ENDF/B, JEFF, ...)
 - b. Estudios de cuantificación de la incertidumbre debida a las incertidumbres de estos datos nucleares
 - c. Estudio del impacto de los datos nucleares a altos quemados
 - d. Una evaluación de nuevas librerías de TSL para grafito en JEFF para poder simular nuevos combustibles ATFs con base de grafito y diferente porosidad

- e. Un estudio del impacto neutrónico en la vaina: predicción del daño primario, etc ...
- 4) Estudios e impacto de los datos nucleares y buenas prácticas del tratamiento y procesamiento de los datos nucleares en los sistemas de simulación del reactor (ejemplo CASMO-SIMULATE).
- a. Del “lattice code” al código de reactor: guías para valorar el impacto de los parámetros de interpolación, generación de bases de datos nucleares BEPU, con incertidumbres, ...
 - b. Cómo incorporar nuevos datos nucleares en códigos comerciales. Por ejemplo, ¿por qué CASMO funciona con 6 grupos de diferidos y JEFF utiliza 8, ... podría haber dos versiones de JEFF?
- 5) Ampliar esfuerzos en nuevas evaluaciones a otros Benchmarks integrales, con esfuerzos equivalentes a ICSBEP, es decir, input y outputs para contrastar, y con una revisión por expertos. El objetivo es tener un mayor abanico de comparativas para comprobar códigos y datos nucleares:
- a. Benchmarks SINBAD. Esto tendría un impacto directo en el licenciamiento de blindaje de aceleradores. Hoy en día, existen grandes diferencias entre predicciones de neutrones secundarios y valores medidos.
 - b. Benchmarks de SFCOMPO. Para estudios de isotopía del combustible en experimentos de Post Irradiación (PIE).
 - c. Benchmarks reactores tipo ASTRID, MYRRHA, ...
- 6) Específicamente, analizar el impacto de los datos nucleares en la predicción de isotopía del combustible, analizar posibles impactos de datos nucleares en la estimación de:
- a. Cm244 con un sesgo negativo de un 10% aprox. respecto a medidas para quemado altos (>35 GWd/tU)
 - b. Cm242 y Cm243 con subestimaciones muy fuertes
 - c. Cm247 con subestimaciones de hasta un orden de magnitud
 - d. Deficiencias en predicción de productos de fisión: Sr90, Mo95, Ru100-106, Rh103, Pd108, Ag109, Ce144 y Cs134.
- 7) La gestión del combustible gastado es un área importante, con el crédito al quemado como herramienta de gestión. Los datos nucleares pueden tener su importancia a la hora de:
- a. Optimizar las cargas y almacenamiento del combustible gastado en contenedores
 - b. Dar crédito al quemado tanto para PWR como para BWR.

- c. Evaluación de la gestión del combustible para tiempos muy largos (p.e. AGPs)
 - d. En los casos BWR, aunque las diferencias o incertidumbres de los datos nucleares pueden ser relevantes, es la propia incertidumbre de la historia de operación la que más puede afectar a la predicción de la isotopía.
- 8) Extender los estudios de benchmarking (con experimentos o computacional) al “back-end of the nuclear fuel cycle”:
- a. Criticidad, ...
 - b. Calor residual, emisión de neutrones, radio-toxicidad, ...
- 9) Para estudios de S/U y UQ son necesarios archivos en multigrupos para incertidumbres de secciones eficaces con matrices que matemáticamente sean definidas positivas,... También sería útil librerías random que puedan ser utilizadas mediante técnicas de Monte Carlo tanto de secciones eficaces como de rendimientos de fisión, desintegración, TSLs, etc...
- 10) Es muy importante que las incertidumbres de estas bases de datos nucleares sean creíbles para que se puedan utilizar en estudios de Uncertainty Quantification (UQ) y en posibles ajustes de datos nucleares para generar “librerías especiales” para aplicaciones específicas.
- 11) Extender las necesidades de nuevos datos nucleares a otros grupos de usuarios, como por ejemplo:
- a. Aplicaciones médicas
 - b. Otras aplicaciones industriales no -energéticas,...
 - c. ... y la fusión nuclear???
 - d. ... producción de tritio en IFMIF/DONES???
- 12) Informar de estas actividades a otros usuarios y organismos que utilizan datos nucleares y que pudieran aportar más comentarios.
- a. Identificar nuevas entradas en HPRL (high priority request list).

4. Fecha y lugar de una próxima reunión

Por definir.

5. Acciones

- 1) Distribuir la información y agenda del JEFF Stakeholders de Paris. Junio 6-7, 2019
- 2) Preparar un resumen de la reunión
- 3) Informar de los resultados y avances de la reunión JEFF-Stakeholders y futuras reuniones JEFF.

ANEXO I. Participantes

CSN

1. Javier DIES: Javier.Dies@csn.es
2. Jacobo ZEGRI: jacobo.zegri@csn.es

UPM

3. Alberto ABANADES: abanades@etsii.upm.es
4. Antonio J. CARRASCOSA: antonio.icarrascosa@upm.es
5. Maxime NART: maxime.nart@ecole.ensicaen.fr
6. Jon Rodríguez: jon.rodriguez.onaindia@alumnos.upm.es
7. Roberto GABAONZA: roberto.gabaonza@alumnos.upm.es
8. Santiago LOPEZ: s.lopezg@alumnos.upm.es
9. Fernando BURON: f.buron@alumnos.upm.es
10. Luis F. DURAN: luisfelipe.duran@upm.es
11. Nuria GARCIA: nuria.garcia.herranz@upm.es
12. Oscar CABELLOS: oscar.cabellos@upm.es

ESS Bilbao

13. Octavio GONZALEZ: ogonzalezdm@essbilbao.org
14. Miguel MAGAN: mmagan@essbilbao.org

UNED

15. Pablo MA: pablo.ma@ind.uned.es
16. Rafael JUAREZ: rjuarez@ind.uned.es

NFQ Ingeniería

17. Amparo SOLER: amparo.soler@nfg.es
18. Javier NAVARRO: javier.navarro@nfg.es
19. Maria Rebollo: maria.rebollo@nfg.es

SEA Ingeniería

20. Pedro ORTEGO: p.ortego@seaingenieria.es

ENRESA

21. Francisco J. Fernández: FFEL@enresa.es

OECD/NEA

22. Franco MICHEL-SENDIS: Franco.MICHEL-SENDIS@oecd-nea.org

IAEA/NDS

23. Roberto M. CAPOTE: Roberto.CapoteNoy@iaea.org

CIEMAT

24. Enrique M. GONZALEZ: enrique.gonzalez@ciemat.es
25. Francisco ALVAREZ: francisco.alvarez@ciemat.es
26. Pablo ROMOJARO: Pablo.Romojaro@ciemat.es

Universidad de Sevilla

27. Carlos GUERRERO: cguerrero4@us.es
28. José M. QUESADA: quesada@us.es

Anexo II. Agenda de la Jornada.

| Hora | Presentación | Ponente |
|----------------------|---|---|
| 09:00 – 09:15 | Bienvenida y presentación de la reunión. Elección de chairman y secretario. | J. Dies (CSN) O. Cabellos (UPM) |
| 09:15 – 09:30 | Alcance y objetivos de la reunión de “JEFF Stakeholder’s - Junio 2019” | F. Michel-Sendis (NEA) Videoconferencia |
| 09:30 – 09:45 | Necesidades de evaluación de datos nucleares- La visión del evaluador | R. Capote (IAEA) Videoconferencia |
| 09:45 – 10:00 | SANDA – Proyecto de H2020 | E. González (CIEMAT) Videoconferencia |
| 10:00 – 10:15 | Experiencia y capacidades del CIEMAT en la generación y uso de bases de datos nucleares. | F. Álvarez-Velarde (CIEMAT) Videoconferencia |
| 10:15 – 10:30 | Actividades sobre datos nucleares en la U. Sevilla | C. Guerrero (Univ. Sevilla) Videoconferencia |
| 10:30 – 10:45 | Datos Nucleares para aplicaciones médicas | J.M. Quesada (Univ. Sevilla) Videoconferencia |
| 10:45 – 11:15 | Café | |
| 11:15 – 11:30 | Necesidades de mejora de las bases de datos nucleares para el diseño de reactores avanzados. | P. Romojaro (CIEMAT) |
| 11:30 – 11:45 | Experiencia de datos nucleares en simulaciones PWR | Grupo Ingenia (UPM) |
| 11:45 – 12:00 | Actividades de la UPM con la OIEA en simulación neutrónica para reactores de transmutación con alto contenido en transuránidos | A. Abánades (UPM) |
| 12:00 – 12:15 | El papel de los datos nucleares en la V&V&UQ de simulaciones de Monte Carlo de reactores avanzados | A. Jiménez (UPM) |
| 12:15 – 12:30 | Presentación Resultados del Cuestionario de “usuarios de BBDD nucleares” | O. Cabellos (UPM) |
| 12:30 – 14:00 | Discusión sobre: <ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de nuevas librerías para SCALE, MCNP,... • Impacto de las incertidumbres de los DN: criticidad, inventario,, ... • Estado actual de las librerías: JEFF-3.3, ENDF/B-VIII.0. TENDL-2017,... • .. | Todos los participantes |
| 14:00 | Fin de la jornada | |

Anexo III. Presentaciones.