


La entrada en vigencia del documento es a partir de la fecha indicada en "Firmado por SIAD", salvo expresa indicación posterior en el documento.

CÓDIGO CNEA	ET-CAREM25T-5-B0230-r0
CÓDIGO EXTERNO	
TÍTULO	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA
FIN PREVISTO	
MOTIVO DE LA EMISIÓN	
PERMISO DE USO	USO INTERNO
GESTIONADO EN	SIAD
ARCHIVO DIGITAL	ET-CAREM25T-5-r0.pdf

COPIAS CONTROLADAS	
Copia N°	
Distribuyó:	(Firma y fecha)
Recibió:	(Firma y fecha)

	Proyecto CAREM TERMO HIDRÁULICA		ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0	
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		Página: 1 de 11	
TÍTULO: Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA				
1. OBJETIVO Proveer los datos y requerimientos técnicos para llevar a cabo una simulación computacional con herramientas de CFD, para evaluar el arrastre de gases no condensables en las cañerías de alimentación de los MCEA dentro del RPR, considerando condiciones de arranque del reactor CAREM25.				
1.1 RESUMEN Se presentan las especificaciones técnicas del modelo computacional de cañerías de inyección del S.0230 en condiciones PAQ para implementar en un código CFD por un proveedor homologado, especializado y debidamente calificado, según el sistema de calidad del proyecto CAREM25.				
1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES No aplicable.				
Preparó	Revisó		Intervino calidad	Aprobó
Completar sólo en caso de firma manuscrita. Si se tiene previsto firmar electrónicamente el documento, los roles son informados en el Reporte de Revisión				
REVISIONES				
Rev.	Fecha	Modificaciones		
0	13/03/2023	Emisión Inicial		
FECHA DE VIGENCIA / FIN PREVISTO:				
COPIAS CONTROLADAS		ESTADO DEL DOCUMENTO		
Copia N°:		Los campos "Estado del Documento" y "Fin Previsto" verificados por sistema, deben ser identificados en las copias controladas. Sólo es válido el documento en los sistemas de información CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA.		
Distribuyó:				
Recibió:	(firma y fecha)			
INFORMACIÓN RESTRINGIDA - Este documento es propiedad de CNEA y se reserva todos los derechos legales sobre él. No está permitida la explotación, transferencia o liberación de ninguna información en el contenido, ni hacer reproducciones y entregarlas a terceros sin un acuerdo previo y escrito de CNEA.				

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 2 de 11
-------------	--	---

INDICE

1. OBJETIVO	1
1.1 RESUMEN	1
1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES	1
2. ALCANCE	3
3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES	3
3.1 ABREVIATURAS.....	3
3.2 DEFINICIONES.....	3
4. REFERENCIAS	4
4.1 ANTECEDENTES.....	4
4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE.....	4
4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA.....	4
5. RESPONSABILIDADES	4
5.1 RESPONSABILIDADES DE CNEA	4
5.2 RESPONSABILIDADES DEL PROVEEDOR	4
6. DESARROLLO	4
6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PROVISIÓN.....	8
6.2 LISTADO DE LOS COMPONENTES Y CONDICIONES A MODELAR	8
6.3 DOCUMENTACIÓN Y CALIFICACIONES REQUERIDAS AL PROVEEDOR.....	8
6.4 PLAN DE CALIDAD ASOCIADO A LA PROVISIÓN.....	9
6.5 UNIDADES DE MEDIDA E IDIOMA	9
6.6 CONTROL DE AVANCE Y ENTREGABLES.....	10
6.7 ACTUALIZACIONES	11
7. CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES	11
7.1 CONCLUSIONES	11
7.2 OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES	11
8. REGISTROS	11
9. ANEXOS	11

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 3 de 11
-------------	--	---

2. ALCANCE

El documento brinda las especificaciones técnicas necesarias a los efectos de contratar a una entidad externa a CNEA los servicios de cálculo y modelado computacional para evaluar en forma detallada, el arrastre de gases no condensables en las cañerías internas de RPR que alimentan los MCEA del reactor CAREM25.

Áreas temáticas afectadas:

- Termo Hidráulica.
- Seguridad Nuclear.
- Procesos.

3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

3.1 ABREVIATURAS

AP:	Agua del Primario.
AT:	Área Temática.
CAD:	Diseño asistido por computadora, por sus siglas en inglés.
CFD:	Fluido Dinámica Computacional, por sus siglas en inglés.
CNEA:	Comisión Nacional de Energía Atómica.
EASM:	Estructura de Alimentación y Sujeción de Mecanismos.
EO:	Estado Operativo.
GAC:	Gerencia de Área CAREM.
MCEA:	Mecanismo de Control de Elementos Absorbentes.
MSAC:	Mecanismos del Sistema de Ajuste y Control.
MSER:	Mecanismos del Sistema de Extinción Rápida.
PAQ:	Parada de Acondicionamiento Químico
RPR:	Recipiente de Presión del Reactor.
S0230:	Sistema de Alimentación para Mecanismos Hidráulicos.
THI:	Termo Hidráulica.

3.2 DEFINICIONES

Agua del Primario: Denominación que aplica al agua usada como fluido refrigerante del sistema primario del reactor. Su estado se determina a partir de su temperatura y presión, junto a una serie de características particulares que contemplan la concentración de oxígeno disuelto, conductividad y nivel de acidez.

Gases no condensables: Fluido gaseoso que es incapaz de pasar a estado líquido dentro de un sistema de refrigeración.

MCEA: Siglas que aplican a la denominación general de los Mecanismos de Control de Elementos Absorbentes del reactor. Incluye a los dispositivos de actuación hidráulica dispuestos en el domo de vapor para controlar y regular la posición de los elementos absorbentes. Los mecanismos son de tipo hidráulicos, donde el fluido asciende por el huelgo en un arreglo pistón – cilindro.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 4 de 11
-------------	--	---

MSAC: Siglas que designan a los Mecanismos del Sistema de Ajuste y Control de reactividad del núcleo. Conforman un subgrupo de MCEA cuya función específica es la regulación de posición de los elementos absorbentes dispuestos dentro del núcleo del reactor, para compensar reactividad y ajustar potencia. Sus mecanismos cuentan con una estructura pistón – cilindro dentadas, para ajuste fino de posición.

MSER: Siglas que designan a los Mecanismos del Sistema de Extinción Rápida del reactor. Cumple funciones de seguridad ya que conforma el medio principal para apagar el reactor ante requerimientos de planta. Su mecanismo admite únicamente dos posiciones, extraído o insertado.

4. REFERENCIAS

4.1 ANTECEDENTES

No aplicable.

4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- [1] PO-CAREM25Q-8-r5: “Comunicaciones con Contratistas y Documentación Elaborada”.
- [2] IN-CAREM25T-121-r0: “Entrada de datos para la ET del Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA”.

4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA

No aplicable.

5. RESPONSABILIDADES

5.1 RESPONSABILIDADES DE CNEA

- La responsabilidad de la elaboración, emisión y actualización de este documento corresponde a la Coordinación Termo Hidráulica del proyecto CAREM25, perteneciente a la Gerencia de Área CAREM (GAC).
- Es responsabilidad del Proyecto CAREM25 controlar la correcta prestación de los servicios prestados por el o los proveedores.

5.2 RESPONSABILIDADES DEL PROVEEDOR

- Es responsabilidad del Proveedor cumplir en tiempo y forma la prestación del servicio de ingeniería de acuerdo a los requerimientos pautados en esta especificación técnica.

6. DESARROLLO

La actividad se sistematizará de la siguiente forma:

Canales de comunicación habilitados:

- La comunicación se realizará según lo establecido en el Procedimiento Operativo [1]. El mismo establece que la comunicación se realizará mediante Órdenes de Servicio y Notas de Pedido (ver sección 3.2).

Objeto del servicio:

- Implementar un modelo en código CFD de las cañerías internas del RPR que alimentan los MCEA para evaluar si el caudal de alimentación provisto por el S.0230 es capaz de arrastrar los gases no condensables durante el estado de parada del reactor PAQ.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 5 de 11
-------------	--	---

Modalidad de la provisión de servicio:

- La Coordinación del AT Termo Hidráulica de CAREM25 proveerá la información técnica necesaria y relevante para el caso, y realizará el seguimiento detallado de las actividades.
- La entidad que provea el servicio realizará el desarrollo del modelo CFD, incluyendo sin limitarse:
 - o Implementación de modelos físico-matemáticos válidos.
 - o Selección del modelo físico de turbulencia y de flujo multifase.
 - o Generación de los modelos CAD y su mallado.
 - o Selección del período de simulación de la maniobra de llenado de cañerías.
 - o Realización del cálculo y evaluación de su convergencia.
 - o Generación y procesamiento de los resultados.
 - o Entrega de los resultados post-procesados en un formato de fácil lectura y comprensión.
 - o Generación de un informe técnico explicando el modelo.
 - o Generación de la planilla de resultados (ver sección 6.6).

Tiempos asociados a la provisión:

- Una vez que se permita la contratación, el plazo estipulado para su concreción y entrega es de 10 semanas corridas (ver Figura 1).
- Se prevén reuniones Online/mixtas¹ con una frecuencia mínima de dos semanas, y máxima de dos por semana. Además, se contemplarán comunicaciones de seguimiento cortas a través de medios electrónicos asincrónicos habilitados (Ej.: correo electrónico).
- Las demoras y dilaciones generadas por el proveedor deberán estar justificadas.

Entidad proveedora del servicio:

- Se espera que el servicio sea prestado por un proveedor con reconocida experiencia en el modelado de problemas de fluido dinámicos complejos con herramientas CFD, en aplicaciones de la industria nuclear.
- La entidad contará con los agentes capacitados para tal fin, y con la infraestructura informática (capacidad de cómputo) que requiere el servicio.

Locación donde se proveerá el servicio:

- Por tratarse de la provisión de un intangible, el lugar físico serán las oficinas de la entidad proveedora, dentro del territorio nacional.
- Las reuniones e intercambio de información serán mediante plataformas virtuales de videoconferencia, de requerir reuniones presenciales el proveedor se hará cargo del traslado y viáticos de sus agentes.

En la Figura 2 se resumen los principales aspectos del proceso en cuestión, así como los canales de comunicación previstos. En cuanto al proceso en sí mismo, se lo resume en el diagrama de flujo de la Figura 3.

¹ Por reunión mixta, se entiende que aquellas donde algunos participantes asisten de manera presencial y otros de manera online.

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 6 de 11
-------------	--	---

El desarrollo de las tareas será en estrecha colaboración con CNEA a través de la Coordinación del AT – THI de la GAC. Las tareas principales quedan englobadas dentro del sub-proceso “Modelado CFD”, quedando a cargo del proveedor la organización y planificación de dicho desarrollo. Al obtener resultados parciales o intermedios, se coordinarán reuniones con AT - THI para evaluarlos y acordar cambios si fueran necesarios. De esta forma se asegura que el servicio será acorde a las necesidades del proyecto.

Los datos de entrada para el modelo, los requerimientos, condiciones de borde y listado de entregables serán detallados en el presente documento. La finalización de la actividad queda sujeta a la conformidad de la GAC respecto a la presentación de los resultados y documentación del modelado.

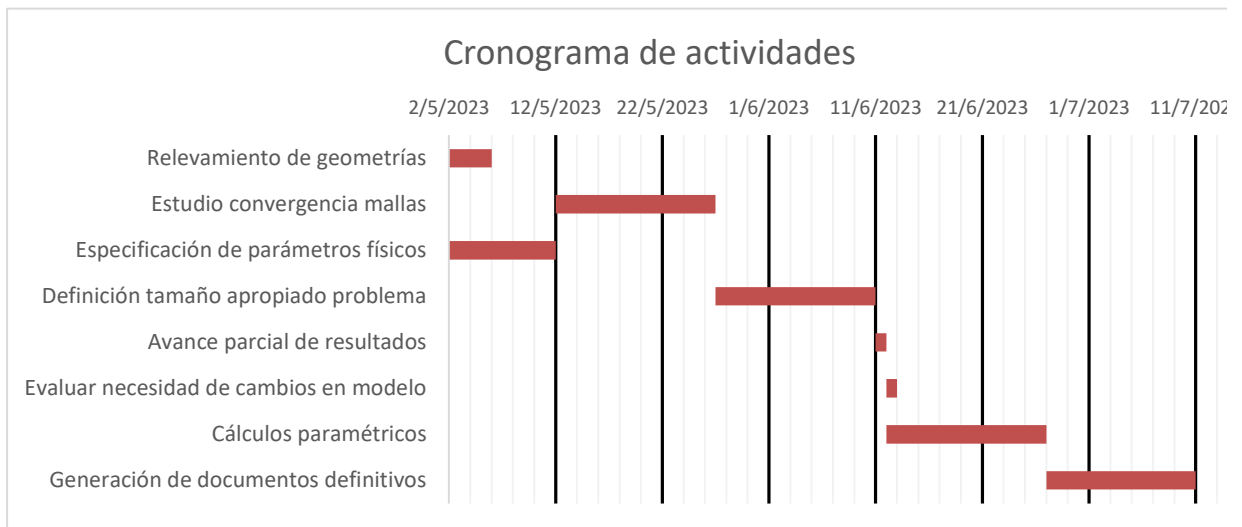


Figura 1. Diagrama de Gantt con cronograma tentativo de actividades.

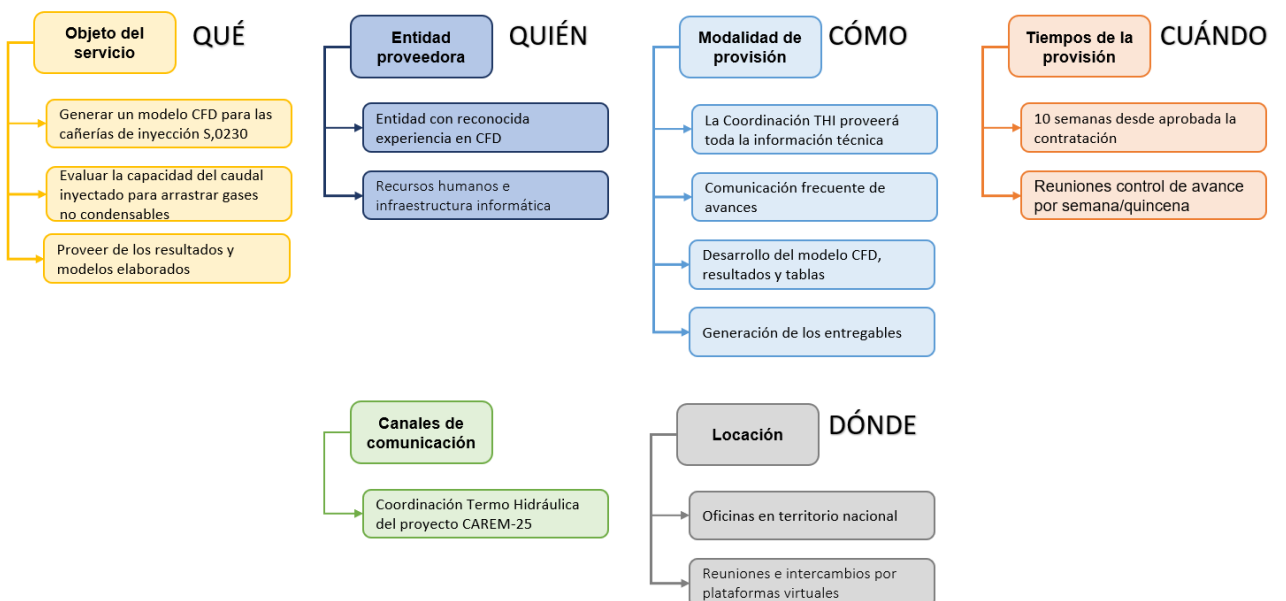


Figura 2. Esquema resumen de la actividad requerida por la presente especificación técnica.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 7 de 11
-------------	--	---

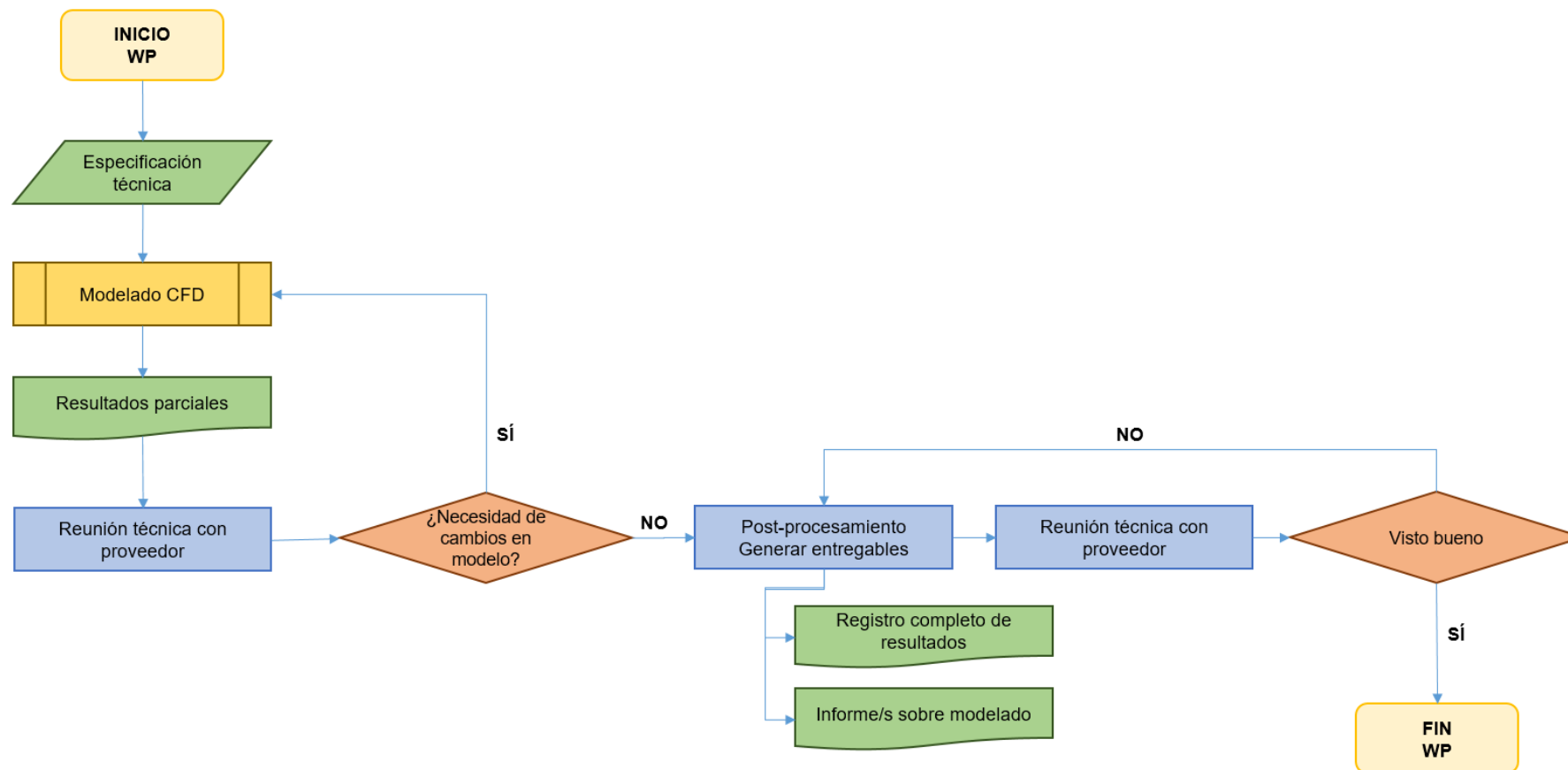


Figura 3. Diagrama de flujo donde se resume el proceso general de la provisión del servicio. El modelado CFD implica un sub-proceso interno al proveedor, que CNEA controla a través de los resultados parciales y reuniones técnicas periódicas.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 8 de 11
-------------	--	---

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PROVISIÓN

La provisión de servicio constará de un modelo de cálculo computacional implementado en un código CFD con capacidades transitorias, detallado de las cañerías de alimentación (S.0230) de los MCEA comprendidas dentro del RPR del reactor. Tal modelo, deberá brindar información sobre el caudal de alimentación necesario para barrer el gas no condensable acumulado en las cañerías durante el reactor, y previo a que se pongan en funcionamiento los MCEA. En caso que el caudal impuesto por el S.0230 sea insuficiente, se deberán analizar las condiciones necesarias para que el sistema barra con dichos gases.

6.2 LISTADO DE LOS COMPONENTES Y CONDICIONES A MODELAR

- Se modelarán dos cañerías de alimentación de MCEA correspondientes al S.0230 soportados por la estructura de alimentación y sujeción de mecanismos (EASM). Se sugiere que el volumen de control a modelar deberá abarcar (sin limitarse): cañerías de alimentación entre la cara de ingreso al RPR y la conexión de ingreso a los pistones de los mecanismos de control. Las cañerías seleccionadas corresponden a los casos que se consideran más comprometidos. En la referencia [2] sección 7.1 se listan la totalidad de los componentes a modelar, con sus planos de referencia.

- En la referencia [2] sección 7.2 se presentan los datos necesarios para modelar los componentes listados en la sección 7.1. Entre ellos:

- Caracterización del fluido de trabajo inyectado.
- Caracterización del gas no condensable retenido en las cañerías.
- Temperatura y presión estática en la cara de ingreso a las cañerías.
- Temperatura y presión estática del gas no condensable retenido inicialmente en la cañería.
- Curva de caudal en función del tiempo de la bomba utilizada por el S.0230.
- Evolución temporal de la presión en el domo del reactor durante la maniobra de llenado de las cañerías.
- Pérdida de carga y/o resistencia hidráulica equivalente aguas abajo de las cañerías de inyección.

- En la referencia [2] sección 7.3 se listan los casos específicos que se busca modelar.

- El proveedor generará los modelos CAD con el software de su uso. De la misma forma, generará las mallas y modelos para el cálculo CFD con el/los programa/s que sean de su elección; pudiendo aplicar rutinas compiladas "in-house" en la medida que sean debidamente documentadas.

- La extensión total del modelo en CFD será acordada en conjunto con la Coordinación THI de CAREM25 y el proveedor durante las reuniones de avance y seguimiento.

6.3 DOCUMENTACIÓN Y CALIFICACIONES REQUERIDAS AL PROVEEDOR

El proveedor deberá contar con las siguientes calificaciones:

- Sistema de gestión de calidad ISO 900.
- Cumplir con el proceso de homologación del proyecto CAREM25.
- Ser una entidad dedicada a la ingeniería y modelado computacional de sistemas fluido dinámicos con transferencia de calor, con más de cinco años de experiencia profesional comprobable.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 9 de 11
-------------	--	---

- Contar con la infraestructura informática adecuada para ejecutar cálculos computacionales de alto rendimiento.
- Contar con una planta estable de agentes calificados con experiencia profesional en aplicaciones de la industria nuclear. Aportando las siguientes aptitudes profesionales:
 - o Conocimiento avanzado en el modelado de flujos a dos fases con CFD. De preferencia, con experiencia en el uso del siguiente código: ANSYS Fluent.
 - o Conocimiento y/o experiencia en modelado de cañerías en 3D con condición de borde variable en el tiempo.
 - o Conocimiento y/o experiencia en modelado de sistemas transitorios en códigos CFD.
 - o Conocimiento y/o capacidad para generar rutinas propias para asistir al modelado del sistema.

6.4 PLAN DE CALIDAD ASOCIADO A LA PROVISIÓN

El proveedor del servicio contará con un plan de calidad que cumpla con los siguientes criterios:

- Alcance del Plan de acuerdo al objeto de la contratación.
- Preservación y resguardo de la totalidad de la documentación suministrada por CNEA debido a su carácter confidencial.
- Estructura afectada a la Contratación, Descripción funcional y responsabilidades asociadas a la Estructura Descripta.
 - Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.
 - Identificación de Requisitos del Cliente.
 - Descripción de Comunicaciones Internas y con Cliente.
 - Control de la documentación y Registros, codificación, formato y resguardo de los elaborados.
 - Competencia, formación y calificación de personal. Requerimientos de los perfiles.
 - Identificación de Requisitos del Cliente.
 - Descripción de Comunicaciones Internas y con Cliente.
 - Control del Diseño y Control de Cambios en el Diseño y Desarrollo.
 - Identificación y trazabilidad de productos.
 - Identificación y tratamiento de no conformidades.
 - Propiedad del cliente. Preservación y resguardo de productos suministrados por CNEA.

6.5 UNIDADES DE MEDIDA E IDIOMA

- Adoptar el idioma español.
- Presión absoluta reportada preferentemente en [bar] o [Pa].
- Diferencias de presión, o presiones relativas reportadas preferentemente en [Pa].
- Temperatura reportada en [°C].
- Caudales en [kg/s] y alternativamente caudal volumétrico en [m³/h].
- El resto de las magnitudes físicas que sea necesario reportar se usará el Sistema Internacional (SI).

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 10 de 11
-------------	--	--

6.6 CONTROL DE AVANCE Y ENTREGABLES

- Reuniones técnicas de control de avance:
 - o Durante la generación del modelo CFD (ver Figura 3) se prevé por lo menos 1 (una) reunión técnica para dar cuenta de cómo se modelará la física del problema. La misma se realizará por modalidad online o mixta.
 - o Una vez obtenidos los resultados, habrá otra reunión con la coordinación del AT THI para evaluar que la presentación y formato de los mismos sean adecuados.
 - Será condición necesaria que por lo menos 1 (un/a) agente de la coordinación del AT THI sea instruida/o por el proveedor para poder ejecutar los modelos provistos.
 - Entrega del modelo preliminar implementado con herramientas CFD y los resultados parciales obtenidos hasta el momento. Análisis de resultados, identificación de mejoras/modificaciones a implementar, ajustar cronograma de la planificación, entre otros.
 - El listado de entregables deberá cubrir, a satisfacción de la coordinación del AT THI, los siguientes puntos:
 - o **Informe técnico** donde se describa el modelo desarrollado, las hipótesis que se asumieron, limitaciones y simplificaciones realizadas. Puede ser uno o varios documentos donde se cubran estos aspectos.
 - o **Guía para el usuario:** documento con instrucciones para gestionar la información generada con los modelos (perfiles de velocidad, caudal másico, presión, temperatura, fracción de vacío en función de la posición y el tiempo, etc.) sin necesidad de repetir los cálculos con el modelo.
 - o **Informe técnico** incluyendo, pero sin limitarse:
 - Distribución de presión estática, campo de velocidad, temperatura y distribución de fases dentro de las cañerías, en función del tiempo.
 - Caudal mínimo necesario para asegurar el barrido de no condensables (en caso que el caudal actual del S.0230 no sea suficiente).
 - Tiempo necesario para barrer el volumen de gas no condensable.
 - Evolución temporal del inventario de gas contenido en el volumen de control definido para cada cañería.
 - Sensibilidad de los resultados en función de la contrapresión generada por la resistencia hidráulica de los MCEA.
 - Todos los gráficos y/o animaciones que se consideren pertinentes.
 - o **Hoja de datos** donde se presente de forma resumida la información del informe técnico de resultados.
 - o **Modelos de cálculo elaborados**, incluyendo, pero sin limitarse:
 - Modelos CAD de las geometrías simuladas.
 - Mallas generadas.
 - Archivos de salida de los cálculos CFD.
 - Archivo .CSV o equivalente con resultados post-procesados.
 - Gráficos, animaciones y/o videos.
 - Rutinas usadas para post-procesamiento de resultados (si aplica).

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

CNEA	Modelado CFD para simulación de arrastre de gases no condensables en los MCEA	ET-CAREM25T-5 -B0230 Rev.: 0 Página: 11 de 11
-------------	--	--

o **Carpeta** con la totalidad de los modelos generados, así como archivos auxiliares y demás. Cada carpeta deberá contener una explicación breve explicando el contenido y cómo ejecutarlo.

- Finalmente, se hará recepción y control de la documentación entregable. Se requiere que todos los archivos entregados sean compatibles con el sistema operativo Microsoft Windows.

6.7 ACTUALIZACIONES

- De implementarse cambios de diseño en las cañerías o condiciones de procesos, los mismos serán comunicados al proveedor.

7. CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

No aplicable.

7.2 OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

No aplicable.

8. REGISTROS

No aplicable.

9. ANEXOS

No aplicable.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA
ARCHIVO ELECTRÓNICO: ET-CAREM25T-5-r0_d