

## Una mirada a la termohidráulica aplicada a las centrales nucleares

### Introducción

Una central nuclear<sup>1</sup> es una máquina térmica que transforma calor por fisión nuclear en energía mecánica y ésta en electricidad. Para analizar los procesos de transferencia y transporte de calor, ya sea en estado líquido o vapor, se recurre a la Termohidráulica.

### Qué es la Termohidráulica

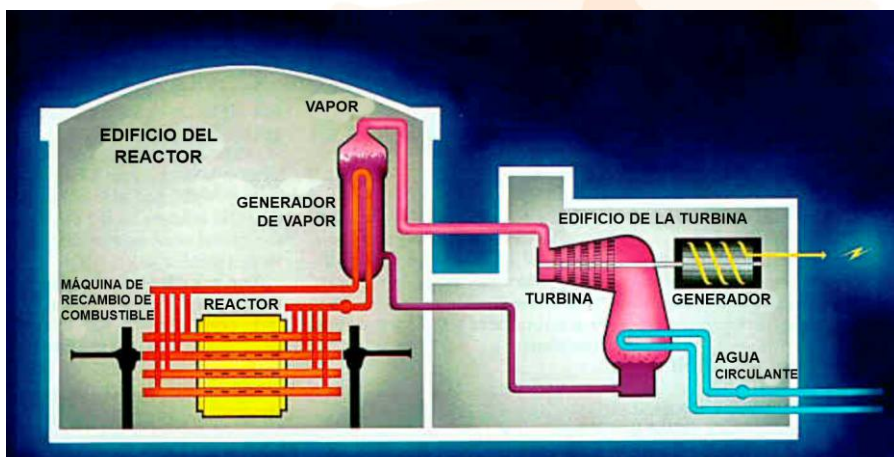
La Termohidráulica es la rama de la física que estudia los procesos de transferencia y transporte de calor, y su objetivo es el diseño y análisis operacional de los sistemas y especificación de los componentes en los que se producen dichos procesos. También define los parámetros que deben ser medidos para controlar los procesos y garantizar la seguridad de las instalaciones. Estos sistemas son circuitos hidráulicos compuestos por: cañerías metálicas, bombas de circulación del fluido, válvulas, intercambiadores de calor, tanques, calefactores y otros, por donde circulan agua pesada o agua común, ya sea en estado líquido o vapor.

(mediante un ventilador o bomba se mueve el fluido a través de una zona caliente y éste transporta el calor hacia la zona fría). Cuando el fluido es un líquido como agua ( $H_2O$ ) o agua pesada ( $D_2O$ ), si el flujo calórico (grado de transferencia de calor) es elevado, se desarrolla un proceso de conversión de líquido en vapor por ebullición, denominado cambio de fase líquido-vapor. Los escurrimientos (flujos de fluido) en doble fase agua-vapor son de particular importancia en los procesos de transferencia y transporte de calor en las centrales nucleares y conforman un capítulo fundamental de la Termohidráulica. Se debe tener

en cuenta que la magnitud del flujo calórico depende de varios parámetros, como la temperatura y velocidad del fluido, el salto térmico entre el sólido circundante y el fluido, la geometría, la presión a la que está sometido y la proporción entre la cantidad de vapor y de agua. La transferencia de calor en doble fase incluye el estudio de fenómenos como la ebullición y la condensación. Otro mecanismo de transferencia de calor, desde una superficie

líquida al ambiente, es la evaporación, que se aplica al diseño de torres de enfriamiento y a la evacuación del calor en lagos o ríos, entre otras aplicaciones.

**CONDUCCIÓN:** la transferencia de calor por conducción se realiza a través de sólidos y líquidos sin desplazamiento de materia. El flujo



Esquema de una central nuclear Candu

### Cómo se transfiere el calor

La transferencia de calor se produce cuando hay diferencias de temperaturas y se realiza mediante los mecanismos de convección, conducción y radiación.

**CONVECCIÓN:** se produce por un fluido (líquido o gas) en movimiento, que transporta energía térmica entre dos zonas del sistema. Hay 2 tipos de convección: natural (el fluido extrae calor de la zona caliente y cambia su densidad, lo que lo hace desplazarse a una zona fría, donde cede su energía térmica), o forzada



Autor: David G. Parkansky

Ingeniero Civil (FI-UBA)  
 Posgrado en Ingeniería Nuclear  
 Especialista en Termohidráulica  
 Ex Jefe de División Termohidráulica (CNEA)  
 Ex Docente Universitario (UTN – CNEA)

calórico por conducción depende del material y de los gradientes (saltos) térmicos. Es de gran importancia en la determinación de las temperaturas de los elementos combustibles<sup>2</sup> y de grandes componentes de las centrales nucleares.

**RADIACIÓN:** la transferencia de calor se realiza mediante la propagación de ondas electromagnéticas y no requiere un medio material, ya que la transferencia se produce por el simple hecho de existir dos cuerpos a diferente temperatura. Este mecanismo de transferencia de calor es de menor utilización en nuestro objeto de estudio, ya que cobra importancia cuando el cuerpo más caliente se encuentra a temperaturas muy altas (es el mecanismo por el cual el Sol nos calienta mediante emisión de radiación electromagnética, que nos llega a través del vacío espacial).

**Mecánica de fluidos**

La Termohidráulica se vale también de esta importante rama de la física para estudiar el movimiento de fluidos en conductos, utilizando los balances de masa, energía y cantidad de movimiento y las relaciones entre caudales, fuerzas motrices y resistencias hidráulicas.

**La Termohidráulica en la práctica**

Las centrales nucleares disponen de sensores que tienen como objetivo medir los principales parámetros termohidráulicos para controlar el estado de la planta. Los principales sensores utilizados son los medidores de caudal, temperatura y presión. En el diseño y los análisis de seguridad de las centrales nucleares se utilizan programas de cálculo también llamados códigos. Estos programas simulan, a través de modelos matemáticos, los fenómenos físicos y las secuencias de eventos que se desarrollan en las centrales nucleares. Por lo general son exclusivos para determinados tipos de centrales y se usan en las etapas de diseño, operación y análisis de seguridad. Las correlaciones entre los parámetros

termohidráulicos se determinan experimentalmente.

**Conclusión**

La termohidráulica ayuda a controlar los parámetros operativos de una planta donde se realizan procesos de transferencia y transporte de calor, incluyendo cambios de fase líquido-vapor, para asegurar que opere dentro de los rangos definidos por su diseño, y es también de aplicación en múltiples tipos de industrias, no sólo en la nuclear. Entre ellas podemos citar las industrias químicas, mecánicas, alimenticias y otras. Pero, sin lugar a duda, es de fundamental aplicación en la generación núcleo-eléctrica.

**EL CAMINO DEL CALOR EN UNA CENTRAL NUCLEAR**

El calor se genera dentro de los elementos combustibles en el reactor nuclear y el objetivo es su conversión en energía mecánica en la turbina y posterior conversión en energía eléctrica en el generador.

ORIGEN	DESTINO	A TRAVÉS DE	TRANSFERENCIA DE CALOR	TRANSPORTE DE CALOR
Elemento Combustible	Fluido Refrigerante	Circuito Primario	Por <u>conducción</u> : en combustible y vaina. Por <u>convección</u> : entre vaina y fluido refrigerante.	
Reactor Nuclear	Generador de Vapor	Circuito Primario		Por fuerza motriz generada por <u>bombas hidráulicas</u> .
Circuito Primario	Circuito Secundario	Generador de Vapor	Por <u>convección</u> : entre líquido y pared interna de tubos del Intercambiador en lado primario. Por <u>conducción</u> : En el espesor de los tubos. Por <u>convección</u> : Entre pared externa de los tubos y refrigerante, con generación de vapor en lado secundario.	
Generador de Vapor	Turbina	Circuito Secundario		Por <u>diferencia de presión</u> se mueve el vapor saturado seco, ingresando a la turbina

Tabla resumen del camino del calor en una central nuclear.

**ABREVIATURAS**

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica  
 FI: Facultad de Ingeniería  
 UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires  
 UTN: Universidad Tecnológica Nacional

**REFERENCIAS**

- 1- Hojita de conocimiento "Una mirada a una Central Nuclear". Autor: Ing. Norberto Kamm (Pág. 31/32).
- 2- Hojita de conocimiento "Una mirada a un Combustible Nuclear". Autor: Ing. Roberto O. Cirimello (Pág. 33/34).



**Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable**

**Comisión Nacional de Energía Atómica**

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2017 ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.  
 Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.  
 Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfo.  
 Versión digital en www.cab.cnea.gov.ar/ieds  
 Los contenidos de este fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.