



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA - *Iztapalapa*

División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica



Ciudad de México, a 27 de septiembre de 2024.

CONSEJO DIVISIVO  
SECRETARÍA ACADÉMICA

IPH.05.1.45314/2024/AAIRE/2.

**DR. ROMÁN LINARES ROMERO**  
**Presidente del Consejo Divisional de C.B.I.**

Presente

Por este conducto solicito a Usted someter a la consideración del Consejo Divisional la solicitud de contratación como Profesor Visitante del **DR. HERIBERTO SÁNCHEZ MORA**. Esta contratación se propone que comprenda el periodo del 14 de octubre del año 2024, al 13 de octubre del año 2025.

Se anexa la consulta o carta de apoyo para la contratación del **DR. HERIBERTO SÁNCHEZ MORA** sometida por parte de la mayoría de los integrantes del Área Académica de Ingeniería en recursos Energéticos.

**A t e n t a m e n t e**

**“Casa abierta al tiempo”**



**DR. RODOLFO VÁZQUEZ RODRÍGUEZ**  
**Jefe del Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica**

Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco No. 186, Col. Leyes de Reforma 1ª. Sección, C.P. 09310, Iztapalapa, CDMX.

Tel. [REDACTED]

Email: [REDACTED]

@xanum.uam.mx

## PROPUESTA PARA LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE

<b>FOLIO</b>	PV I.CBI.c.003.24	<b>FECHA</b>	DÍA	MES	AÑO
			24	09	2024

CONFORME A LO PREVISTO EN EL REGLAMENTO DE INGRESO, PROMOCIÓN Y PERMANENCIA DEL PERSONAL ACADÉMICO, SE PROPONE LA CONTRATACIÓN DE PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE, PARA OCUPAR CON CARÁCTER TEMPORAL LA SIGUIENTE PLAZA:

TIEMPO DE DEDICACIÓN COMPLETO		NÚM. DE HORAS (SOLO TIEMPO PARCIAL) DE CLASE:			DE OTRAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS:			
UNIDAD IZTAPALAPA		DIVISION CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA						
DEPARTAMENTO INGENIERÍA DE PROCESOS E HIDRÁULICA		HORARIO LUNES A VIERNES DE 9.00 A 17.00 HORAS						
DURACIÓN DE LA LA CONTRATACION	FECHA DE INICIO DE LABORES	DÍA	MES	AÑO	FECHA DE TÉRMINO DE LABORES	DÍA	MES	AÑO
		14	10	2024		13	10	2025

**ACTIVIDADES A REALIZAR**

Además de poder realizar las funciones de las y los asistentes y el profesorado con categoría de asociado, planear, definir, adecuar, dirigir, coordinar y evaluar programas académicos, responsabilizándose directamente de los mismos. Realizar las actividades de docencia, investigación y preservación y difusión de la cultura, establecidas en el artículo 7-4 del RIPPAA y demás normas aplicables. Impartir UJEAs de la licenciatura en Ingeniería en Energía tales como: Radiación Térmica, Transferencia de calor, Transferencia de Masa, Mecánica de Fluidos, Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica, Introducción a la Ingeniería en Energía, Ingeniería de la Energía Solar, así como cursos de apoyo a la división de CBS tales como Flujo de Fluidos, Transferencia de Calor, Transferencia de Masa, y Cursos Complementarios. Realizar investigación sobre: Termohidráulica en diferentes aplicaciones como concentración solar, reactores nucleares, flujo multi-canal, convección natural, bajo la formulación de modelos matemáticos y su validación con resultados experimentales.

LA PLAZA HABRÁ DE SER OCUPADA POR:

APELLIDO PATERNO SÁNCHEZ		APELLIDO MATERNO MORA		NOMBRE(S) HERIBERTO		CURP SAMH920316HDFNRR04		
NACIONALIDAD MEXICANO	R.F.C.	FECHA DE NACIMIENTO	DÍA	MES	AÑO	EDAD 32	SEXO MASCULINO	
ESTADO CIVIL SOLTERO	TELÉFONOS	CORREO ELECTRÓNICO @hotmail.com						
CALLE:						NÚM. EXT. 238	EDIF. G	DEPTO. 102
COLONIA, FRACC. O UNIDAD HABITACIONAL								
DELEGACIÓN O MUNICIPIO:				ESTADO: Ciudad de México		CÓDIGO POSTAL		

DOCUMENTOS QUE SE ANEXAN:	CURRICULUM VITAE <input checked="" type="checkbox"/>	R.F.C. <input checked="" type="checkbox"/>	CURP <input checked="" type="checkbox"/>
	ACTA DE NACIMIENTO O CARTA DE NATURALIZACIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	FORMA MIGRATORIA (FM) <input type="checkbox"/>	PASAPORTE <input type="checkbox"/>
			OTROS ESPECIFIQUE <input type="checkbox"/>

**Para uso exclusivo de la Comisión Dictaminadora**

Aprobada en la Sesión Núm. _____ del Consejo Divisonal de fecha	DÍA	MES	AÑO	Categoría: _____ Nivel: _____ Puntaje: _____
	FECHA	DÍA	MES	AÑO

**NOTA: DENTRO DE LOS DIEZ DÍAS HÁBILES TRANSCURRIDOS A PARTIR DE LA RECEPCIÓN DE ESTA NOTIFICACIÓN DE INICIO DE LABORES EN LA RECTORIA GENERAL, LA PERSONA GANADORA DEBERÁ ACUDIR AL ÁREA ASIGNADA EN SU UNIDAD UNIVERSITARIA DE ADSCRIPCIÓN PARA LA FIRMA AUTÓGRAFA DEL CONTRATO DE TRABAJO CORRESPONDIENTE.**

PERSONA QUE INGRESARÁ COMO PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE  Heriberto Sánchez Mora NOMBRE Y FIRMA	PERSONA TITULAR DE LA PRESIDENCIA DEL CONSEJO DIVISIONAL  NOMBRE Y FIRMA	PERSONA TITULAR DE LA PRESIDENCIA DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA  NOMBRE Y FIRMA	PERSONA TITULAR DE LA SECRETARÍA DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA  NOMBRE Y FIRMA
--	--	--	---

T1 DIPPPA  
T2 COMISIÓN DICTAMINADORA DIVISIONAL  
T3 JEFATURA DE DEPARTAMENTO

T4 RECTORIA DE UNIDAD  
T5 DIRECTOR DE DIVISIÓN  
T6 CONSEJO DIVISIONAL

**NOTA:** SE UTILIZA ÚNICAMENTE AL REVERSO DEL TANTO 1

Vo. BO. PLANTILLA DE UNIDAD

SELO

Vo. BO. PLANTILLA DE RECTORÍA GENERAL

SELO

CODIFICACIÓN INTERNA (No. DE PLAZA EN PLANTILLA)

353

---

CONTROL DE PLANTILLA

NOMBRE Y FIRMA

## DECLARACIÓN PARA ASPIRANTES A FORMAR PARTE DEL PERSONAL ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

FECHA	DÍA	MES	AÑO
	24	09	2024

Dra. Norma Rondero López

PERSONA TITULAR DE LA SECRETARÍA GENERAL

Conforme al requisito establecido en el artículo 3, último párrafo del Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia de Personal Académico (RIPPPA), para ser aspirante a formar parte del personal académico de la Universidad Autónoma Metropolitana, manifiesto bajo protesta de decir verdad:

A CONTINUACIÓN ELIJA LA OPCIÓN SEGÚN CORRESPONDA:

**a) EN CASO DE NO HABER SIDO SANCIONADA(O)**

Que no se me ha sancionado mediante resolución firme emitida por alguna autoridad jurisdiccional o administrativa, por actos u omisiones relacionadas con violencia por razones de género u otras violaciones graves a derechos humanos.

**b) EN CASO DE HABER SIDO SANCIONADA(O)**

Que he cumplido con la reparación del daño o la reparación integral a las víctimas por haber sido sancionada(o) mediante resolución emitida por alguna autoridad jurisdiccional o administrativa, por actos u omisiones relacionadas con violencia por razones de género u otras violaciones graves a derechos humanos.

Describa y adjunte al presente la documentación que acredita lo anterior.

PERSONA INTERESADA



Heriberto Sánchez Mora

NOMBRE Y FIRMA

T1 SECRETARÍA GENERAL  
T2 UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN  
T3 PERSONA INTERESADA



Casa abierta al tiempo

**Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa**  
**División de Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI)**

Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica (IPH)  
Área Académica de Ingeniería en Recursos Energéticos (AAIRE)

Plan de Trabajo para el Primer Año Correspondiente a la  
Plaza de Profesor Visitante

Proyecto de Investigación:

**Modelado e Implementación de Flujo en dos Fases para una Rápida  
Simulación para el Análisis Termohidráulico en Sistemas Dinámicos**

**Presenta:** Dr. Heriberto Sánchez Mora

Ciudad de México a 16 de Septiembre de 2024

# Índice

1. Título del Proyecto de Investigación	1
2. Resumen	1
3. Objetivos	1
4. Introducción	2
5. Contribución	6
6. Metas Específicas	6
7. Docencia	7
8. Divulgación y Preservación de la Cultura	7
9. Referencias	8

## **1. Título del Proyecto de Investigación**

“Modelado e Implementación de flujo en dos Fases para una Rápida Simulación para el Análisis Termohidráulico en Sistemas Dinámicos”

## **2. Resumen**

La generación de energía y el aprovechamiento de recursos energéticos radica generalmente en el calentamiento de agua para sistemas como intercambiadores de calor, concentradores y colectores solares, reactores nucleares, pozos geotérmicos, etc., sin embargo, en la gran mayoría es necesario trabajar con flujo en dos fases para la producción de vapor. La complejidad del flujo en dos fases recae en la estimación del flujo de calor y el flujo másico en sistemas multicanal, y a su vez en la caída de presión, lo que lleva a la necesidad de generar modelos que permitan analizar los fenómenos y efectos generados por el cambio de densidad, régimen de ebullición, cambio de régimen de flujo, transferencia de calor, entre otros. Los modelos que se pretenden desarrollar en este plan de trabajo tienen como objetivo ser eficientes en el aspecto computacional para su rápida simulación, así mismo la validación necesaria con datos experimentales con fines de credibilidad en las consideraciones del modelo y su implementación computacional.

## **3. Objetivos**

- Desarrollo de modelos matemáticos dinámicos para la transferencia de calor en dos fases para agua
- Discretización de las ecuaciones en sistemas numéricos deseablemente estables para asegurar la convergencia durante las simulaciones
- Implementar y validar los modelos con datos experimentales
- Proveer un código de análisis termohidráulico validado que permita la lectura de un input y salida de resultados

## 4. Introducción

El consumo de combustibles fósiles para la generación de energía, proporcionan un riesgo para la humanidad, debido a su producción de agentes contaminantes para el ambiente [1] y el pronto agotamiento de estas fuentes [2], obliga al uso de energías alternativas para satisfacer las necesidades de las poblaciones a nivel mundial.

Teniendo presente que gran parte de las actividades para la producción energética requieren la utilización de un fluido de trabajo, generalmente agua es el fluido por excelencia para diversos equipos tales como evaporadores, intercambiadores de calor, reactores nucleares, concentradores solares, pozos petroleros, pozos geotérmicos, condensadores, etc. Por otro lado, en gran parte de los procesos, la utilización de agua en régimen de flujo en dos fases es recurrente por sus bondades de almacenamiento de calor. Por ello, el modelado de flujo en dos fases para la predicción del flujo y la transferencia de calor, es esencial para el diseño y el control de sistemas acoplados.

El modelado de flujo en dos fases tiene sus inicios alrededor de los años 30's por Shiro Nukiyama [3], quien fue pionero en establecer el perfil del flujo de calor de agua en ebullición (ver **Figura 1**) en función de la diferencia de temperaturas entre la pared ( $T_p$ ) y el agua en condiciones de saturación ( $T_{sat}$ ), donde posteriormente se determinaron los diferentes regímenes de ebullición, y los puntos críticos de calor, flujo crítico de calor y flujo mínimo de calor, punto 3 y 4 de la **Figura 1**.

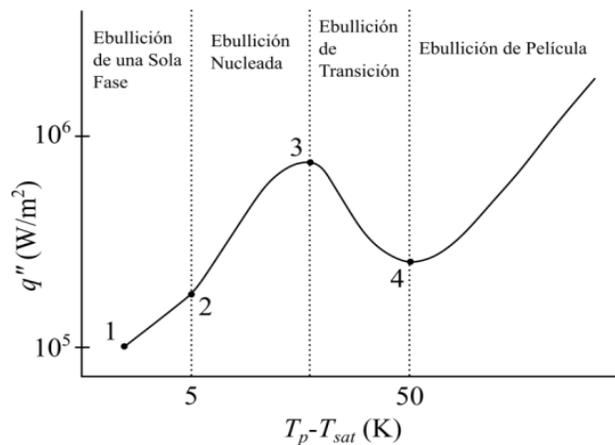


Figura 1. Perfil de flujo de calor para agua en ebullición.

Muchos trabajos se han realizado para poder determinar el cálculo del flujo de calor en diferentes regímenes de ebullición y de flujo, lo cual ha sido un trabajo colectivo durante largos años. Bajo la premisa de transferencia de calor por convección, dada por la siguiente ecuación,

$$q'' = h_{conv}(T_p - T_f) \quad (1)$$

donde  $q''$  es el flux de calor,  $T_f$  la temperatura del fluido, y  $h_{conv}$  es el coeficiente convectivo de transferencia de calor, se han realizado correlaciones empíricas principalmente para el coeficiente convectivo de transferencia de calor. Algunas de ellas son referenciadas en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Coeficiente convectivo de transferencia de calor para agua.

Régimen	Correlación
Convección Natural Monofásica	McAdams [4]
	Warner-Arpaci [5]
Convección Forzada	<i>Laminar</i> : Sellars [6]
	<i>Turbulento</i> : Dittus-Boelter [7]
Ebullición nucleada	Chen [8]
Flux critico de calor	Groeneveld CHF look-up table [9]
Ebullición de transición	Chen-Sundaram-Ozkaynak [10]
Ebullición de película	Berensen [11]
	Bromley [12]
Convección natural -Ebullición nucleada	Rohsenow [13]
Convección natural -Flux critico de calor	Kutateladze [14]
Convección natural -Flux mínimo de calor	Berensen [15]

Existen diferentes modelos para acoplar la Ec. (1) al transporte de energía, y a su vez, al transporte de momento y de masa para flujo en dos fases. Por ejemplo, RELAP5 [16] utiliza un modelo de seis ecuaciones, una ecuación de momento, energía y masa para cada fase, de forma unidimensional y transitoria, siendo un modelo no-homogéneo. No obstante, los modelos homogéneos consideran equilibrio térmico, calculando propiedades efectivas de la mezcla utilizando la fracción de vacíos, los cuales son más simples de solucionar, sin embargo son útiles para modelar sistemas dinámicos en dos fases. Un modelo de 4 ecuaciones se muestra a continuación [17],

### Ecuación de momento

$$\frac{\partial G_m}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{G_m^2}{\rho_m} \right) = -\frac{\partial p}{dz} - f \frac{G_m |G_m|}{2\rho_m D_h} - \rho_m g \cos \theta \quad (2)$$

### Ecuación de Energía

$$\rho_m \frac{\partial h_m}{\partial t} + G_m \frac{\partial h_m}{\partial z} = \frac{q'' P_h}{A_f} + \frac{\partial p}{dt} + \frac{G_m}{\rho_m} \left( f \frac{G_m |G_m|}{2\rho_m D_h} + \frac{dp}{dz} \right) \quad (3)$$

### Ecuación de Masa

*Fase vapor*

$$\frac{\partial(\rho_v \alpha)}{\partial t} + \frac{\partial(G_m x)}{\partial z} = \Gamma_v \quad (4)$$

*Fase líquida*

$$\frac{\partial(\rho_l [1-\alpha])}{\partial t} + \frac{\partial(G_m [1-x])}{\partial z} = \Gamma_l \quad (5)$$

donde  $t$  es el tiempo (s),  $G_m$  es el flujo másico de la mezcla por unidad de área ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ),  $z$  es la dirección axial (m),  $p$  es la presión (Pa),  $f$  es el coeficiente de fricción,  $\rho_m$  es la densidad de la mezcla ( $\text{kg/m}^3$ ),  $D_h$  es el diámetro hidráulico (m),  $\theta$  es el ángulo de inclinación,  $g$  es la gravedad ( $\text{m/s}^2$ ),  $h_m$  es la entalpía específica de la mezcla (J/kg),  $q''$  es el calor transferido entre la pared y el fluido ( $\text{W/m}^2$ ),  $A_f$  es el área de flujo ( $\text{m}^2$ ),  $P_h$  es el

perímetro mojado (m),  $\alpha$  es la fracción de vacíos,  $x$  es la calidad del vapor,  $\Gamma_v$  y  $\Gamma_l$  es la tasa de generación de vapor y líquido por unidad de volumen ( $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{s}$ ), respectivamente. Las Ecs. (2-5) para flujo en dos fases, como ya fue mencionado, tienen una gran versatilidad de aplicación en la ingeniería, habiendo campos de oportunidad como lo es la energía solar para la generación directa de vapor para la producción de potencia, ya que actualmente en la literatura los modelos en este campo son simplificados o no consideran las conciencias de flujo en dos fases y pueden determinar aceptablemente las pérdidas de calor por radiación [18]. Algunos códigos especializados en los fenómenos de transporte, como lo son los códigos CFD (*Computational Fluid Dynamic*) son utilizados frecuentemente para simular toda clase de procesos, sin embargo, el costo computacional, así como el costo económico para el uso de licencia, en la mayoría de los casos es un factor importante para el reporte de resultados, por ende, son necesarios código de rápida simulación pero con resultados fiables. En casos ingenieriles, los modelos pueden llegar a ser demasiado simples y responder aproximadamente a la realidad. Lingefjärd [19] sugiere dos características importantes en los modelos matemáticos,

- Los modelos deben de determinar la realidad o lo que se piensa que es la realidad.
- Los modelos son lo más simplificados posibles o más idealizados

No hay un modelo que describa con total fidelidad la realidad, como lo menciona George E. P. Box [20]: “*All the models are wrong but some are useful*”, sin embargo, la utilidad de los modelos es la aproximación a la realidad bajo ciertos márgenes de error, donde debe considerarse que gran parte de las soluciones aplicadas a problemas reales requieren la utilización de métodos numéricos que en sí mismos cuentan con un error intrínseco, ya que son la aproximación del modelo en ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales, y más aún, la implementación en compiladores computacionales para su solución es otro factor que afecta en la descripción del fenómeno a estudiar. De acuerdo a lo anterior, el modelado de flujo en dos fases para el análisis de sistemas termohidráulicos necesita validación experimental para determinar la capacidad de predicción y del método de solución.

Con base a lo anterior, en el presente plan de trabajo se pretende formular modelos matemáticos que permitan la rápida simulación del transporte de energía, momento y masa, para el flujo en dos fases, y sus interacciones con los componentes, bajo la validación de

experimental para confiar en su capacidad de predicción, en un esquema de simulación eficiente en el lenguaje de programación C++. Algunos de los experimentos considerados en este plan de trabajo son los experimentos QUENCH [21], experimento del concentrador solar del tipo Fresnel realizado por Sahoo et al. [22]. También, una vez validado el modelo, tener la capacidad de simular concentradores fotovoltaicos enfriados con agua [23], y así estimar el diseño de éstos para el mejor aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad y calor, simultáneamente.

## 5. Contribución

La investigación como el alumnado se verá beneficiado con este trabajo de investigación, ya que involucra varias disciplinas de la ingeniería, computación y métodos numéricos para ser llevado a cabo, y por consiguiente, el dominio de varios temas para su ejecución, y un código validado recae cierto grado de confianza en sus resultados, así que será fructífero poder simular con celeridad y facilidad sistemas complejos con capacidad de considerar dos fases, dando una herramienta gratuita a la Academia que podrá irse mejorando a lo largo de los años en trabajo colectivo con otras instituciones, incluyendo centros de investigación.

## 6 Metas Específicas

Las metas establecidas como mínimas al finalizar el primer año del proyecto de investigación se muestran la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Metas específicas para el primer año.

Concepto	
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una alumna o alumno cumplirá con su proyecto terminal con un tema alusivo al proyecto de investigación.</li> </ul>
Publicación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se publicarán al menos 2 artículos en revistas indizadas (JCR)</li> <li>Se presentará, al menos, un trabajo en un congreso especializado</li> </ul>

## 7 Docencia

En la **Tabla 3** se muestran las asignaturas en las que puedo apoyar en la Licenciatura en Ingeniería en Energía y en el Posgrado en Ingeniería en Energía y Medio Ambiente.

**Tabla 3.** UEAs para impartir a nivel licenciatura y posgrado.

Ingeniería en Energía	Posgrado en Ingeniería en Energía y Medio Ambiente
Radiación Térmica	Modelado Matemático
Concentración Solar	Temas Selectos de Energías Renovables
Ingeniería de la Energía Solar	
Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red	
Métodos Numéricos Aplicados a la Ingeniería	
Mecánica de Fluidos	
Transferencia de Calor	
Transferencia de Masa	
Fundamentos de Energía Nuclear	
Concentración Solar	
Análisis y Evaluación de Energética de Procesos	
Termohidráulica de Reactores Nucleares I	
Termohidráulica de Reactores Nucleares II	

## 8 Divulgación y Preservación de la Cultura

- Participar en la organización del evento de la Semana en Ingeniería en Energía del 50 aniversario de la UAM-I
- Campaña de difusión de la carrera para estudiantes del nivel medio-superior
- Participación en el evento Instituto Carlos Graef
- Apoyo en el evento de vinculación de alumnos del nivel medio-superior a la carrera en Ingeniería en Energía, dando explicación de la oferta educativa
- Organización de los seminarios del área

## Referencias

- [1] Maka AOM, Ghalut T, Elsaye E. The pathway towards decarbonisation and net-zero emissions by 2050: The role of solar energy technology. *Green Technol Sustain* 2024;2:100107. doi:10.1016/j.grets.2024.100107.
- [2] S.F. Moosavian, D. Borzuei, A. Ahmadi, Energy, exergy, environmental and economic analysis of the parabolic solar collector with life cycle assessment for different climate conditions, *Renew. Energy* 165 (2021) 301–320, <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.11.036>.
- [3] S. Nukiyama, The Maximum and Minimum Values of the Heat Q Transmitted from Metal to Boiling Water under Atmospheric Pressure, *Japan Soc. Mech. Engrs*, Vol. 37, 367-374, 1934.
- [4] W.H. McAdams, *Heat Transmission*, McGraw-Hill, New York, 1954.
- [5] C.Y. Warner, V.S. Arpaci, An experimental investigation of turbulent natural convection in air at low pressure along a vertical heated flat plate, *Int. J. Heat Mass Transf.* 11 (1968) 397–406. doi:10.1016/0017-9310(68)90084-7.
- [6] J.R. Sellars, M. Tribus, J.S. Klein, Heat transfer to laminar flow in a round tube or flat conduit : the Graetz problem extended. WADC Technical Report 54-255, 1954.
- [7] F.W. Dittus, L.M.K. Boelter, Heat Transfer in Automobile Radiators of the Tubular Type, *Int. Commun. Heat Mass Transf.* 12 (1985) 3–22.
- [8] J.C. Chen, Correlation for boiling heat transfer to saturated fluids in convective flow, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.* 5 (1966) 322–329. doi:<https://doi.org/10.1021/i260019a023>.
- [9] D.C. Groeneveld, J.Q. Shan, A.Z. Vasić, L.K.H. Leung, A. Durmayaz, J. Yang, S.C. Cheng, A. Tanase, The 2006 CHF look-up table, *Nucl. Eng. Des.* 237 (2007) 1909–1922. doi:10.1016/J.NUCENGDES.2007.02.014.
- [10] J.C. Chen, R.K. Sundaram, F.T. Ozkaynak, A phenomenological correlation for post-CHF heat transfer (PB--269686), United States, 1977.
- [11] P.J. Berenson, Film-boiling heat transfer from a horizontal surface, *J. Heat Transfer.* 83 (1961) 351–356. doi:10.1115/1.3682280.
- [12] L. A. Bromley, “Heat Transfer in Stable Film Boiling”, en *Chemical Engineering*

- Prog. 46 (1950), pp. 221-227.
- [13] W. M. Rohsenow. “A Method of Correlating Heat Transfer Data for Surface Boiling of Liquids”, en ASME Transactions 74 (1952), pp. 969-975.
- [14] S. S. Kutateladze, “On the Transition to Film Boiling under Natural Convection”, en *Kotloturbostroenie* 3 (1948), p. 48.
- [15] P. J. Berensen, “Film Boiling Heat Transfer for a Horizontal Surface”, en *Journal of Heat Transfer* 83 (1961), pp. 351-358.
- [16] RELAP5/MOD3 Code Manual Volume V: User's Guideline, 1995.
- [17] Todreas N. E., Kazimi M. S., Nuclear Systems Volume I: Thermal Hydraulic, 1<sup>st</sup> Edition, 1989.
- [18] A. Najafi, A. Jafarian, A. Arabkoohsar, A thorough three-dimensional simulation of steam generating solar parabolic trough collectors, a benchmark of various methods' accuracy, *Sustain. Energy Technol. Assessments* 47 (2021), 101456, <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2021.101456>.
- [19] Lingefjärd, T., 2007. Mathematical Modelling in Teacher Education- Necessity or Unnecessarily, Ed: W. Blum, P.L. Galbraith, H.W. Henn, M. Niss, *Modelling and Applications in Mathematics Education: 14 th ICMI Study*, New York: Springer, 333-340.
- [20] <https://www.lacan.upc.edu/admoreWeb/2018/05/all-models-are-wrong-but-some-are-useful-george-e-p-box/> 07-09-2024
- [21] M. Steinbrück, M. Große, L. Sepold, J. Stuckert, Synopsis and outcome of the QUENCH experimental program, *Nuclear Engineering and Design*, Volume 240, Pages 1714-1727, 2010.
- [22] S.S. Sahoo, S. Singh, R. Banerjee, Steady state hydrothermal analysis of the absorber tubes used in Linear Fresnel Reflector solar thermal system, *Solar Energy, Sol. Energy* 87 (2013) 84–95.
- [23] Elqady, H.I., El-Shazly, A.H. & Elkady, M.F. Parametric study for optimizing double-layer microchannel heat sink for solar panel thermal management. *Sci Rep* 12, 18278 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23061-8>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS E HIDRÁULICA  
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA EN RECURSOS ENERGÉTICOS  
Dr. Raúl Lugo Leyte

México, CDMX, 23 de septiembre de 2024

**DR. RODOLFO VÁZQUEZ RODRÍGUEZ**

Jefe del Departamento de Ingeniería Procesos e Hidráulica

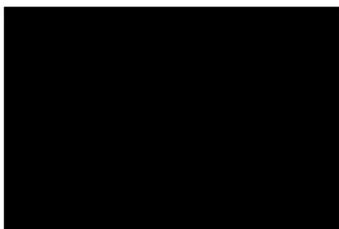
**Presente**

Por este conducto me permito informarle que, el pasado miércoles 20 de septiembre del año en curso convoqué a una junta del Área Académica de Ingeniería en Recursos Energéticos (AAIRE), para solicitar el trámite de una plaza de Profesor Visitante para fines del presente año. De manera colegiada, los profesores abajo firmantes del AAIRE ratificaron que, el Dr. Heriberto Sánchez Mora cumple con las características deseadas para una contratación de un año como Profesor Visitante. Dada esta situación, me permito enviarle el perfil que debería cumplir la convocatoria a concurso de una plaza de Profesor Visitante.

Sin más por el momento quedo de usted.

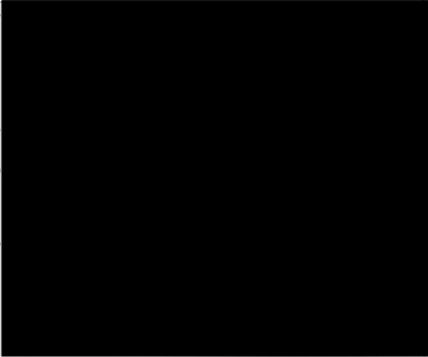
**ATENTAMENTE**

**“CASA ABIERTA AL TIEMPO”**



**Dr. Raúl Lugo Leyte**  
Jefe del AAIRE

Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco No. 186. Col. Leyes de Reforma 1ª Sección, Iztapalapa,  
09310, CDMX, México. Tel: [REDACTED] email: [REDACTED]@xanum.uam.mx

Dr. Ambriz García Juan José	
Dr. Barrera Calva Enrique	
M. en C. Esparza Insunza Tristán	
Dr. Espinosa Paredes Gilberto	
Dr. González García Federico	
Dr. Lugo Leyte Raúl	
Dr. Pérez Cisneros Eduardo Salvador	
Dr. Romero-Paredes Rubio Hernando	
M. en I.Q. Torres Aldaco Alejandro	
Dr. Valdés Parada Francisco José	
Dr. Varela Ham Juan Rubén	
Dr. Vázquez Rodríguez Rodolfo	
Dr. Zamora Mata Juan Manuel	

# Heriberto Sánchez Mora

## CONTACTO

Correo: [REDACTED]@hotmail.com

Celular: [REDACTED]

## Datos personales

Fecha de nacimiento: [REDACTED]

Estado Civil: Soltero

CURP: [REDACTED]

RFC: [REDACTED]

CVU: [REDACTED]

**SNII Nivel 1** con vigencia del 1 de enero de 2025 al 31 de diciembre de 2029

## 1. FORMACIÓN ACADÉMICA

Doctorado en Ciencia Fisicomatemáticas (ESFM), Ingeniería Nuclear, por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) - 2023

Tesis: Uncertainty and Sensitivity analysis of the Core Degradation of a BWR During an Unmitigated SBO. Graduado por **Cum Laude** y obtención de Medalla a la **Mejor Trayectoria Doctoral** (2022).

Maestría en Ingeniería (Energía), Sistemas nucleoelectrónicos, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) – 2018

Cédula: 12006375

Tesis: Análisis Termográfico de Reactores Nucleares Basado en el Código RELAP/SCDAP

Ingeniería en Energía, por la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa (UAM - Iztapalapa) – 2016

Cédula: 9759426

Tesis: Modelo Matemático de Un Fluido Newtoniano En Una Celda Hele-Shaw

## 2. EXPERIENCIA LABORAL

Participación en el programa AZTLAN PLATFORM, el cual es una iniciativa mexicana para el análisis y diseño de reactores nucleares, donde trabajé como desarrollador de modelos matemáticos enfocados en reactores rápidos enfriados con metales líquidos, así como su implementación computacional en lenguajes de programación (enero 2016 – febrero 2019).

Fui contratado como consultor por la compañía *Innovative Systems Software* (ISS), EU-Idaho Falls, para ser desarrollador y analista del código RELAP/SCDAPSIM, el cual es un código enfocado en termohidráulica en reactores nucleares, lo cual implica el conocimiento de termodinámica, transferencia de calor, masa y momento, así como aspectos relacionados con la programación (julio 2018 – diciembre 2018).

### 3. PROYECTOS INTERNACIONALES

Participación en el proyecto **Coordinate Research Project I31033**, titulado “*Advancing the State-of-Practice in Uncertainty and Sensitivity Methodologies for Severe Accident Analysis in Water-Cooled Reactors*”, en la sección “*Advancing the State of the Practice in Uncertainty and Sensitivity Methodologies for Severe Accident Analysis in Water Cooled Reactors of the BWR Type*”, por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica, 2019-2023. Mi participación consiste en el desarrollo de herramientas para los análisis de sensibilidad e incertidumbre aplicados a simulaciones de accidentes graves con el código MAAP5, así como el análisis de resultados y generación de la documentación de los mismos resultados y del proyecto en general. <https://www.iaea.org/publications/15721/advancing-the-state-of-the-practice-in-uncertainty-and-sensitivity-methodologies-for-severe-accident-analysis-in-water-cooled-reactors-of-the-bwr-type>

### 4. ESTANCIAS

Estancia de investigación en **Barcelona, España**, por ISS para el desarrollo y depuración del código RELAP/SCDAPSIM MOD 3.4 (mayo-junio, 2018).

Estancia de investigación en **Idaho Falls, Estados Unidos**, por *Innovative Systems Software* para la programación computacional y depuración del código RELAP/SCDAPSIM dirigido al análisis de procesos termo-hidráulicos y de interfaces gráficas de usuario (mayo-septiembre 2017).

### 5. CURSOS IMPARTIDOS

#### UNAM (Facultad de Ingeniería)

Impartición de cursos propedéuticos de ingreso al Posgrado de Maestría y Doctorado en Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, con duración de 30 horas en el periodo 2020 de manera presencial, y 10 horas en el periodo de 2021 vía zoom. (enero 2020 – marzo 2020, y enero 2021 – marzo 2021).

#### UAM-I

Profesor Asociado Nivel D en la Licenciatura en **Ingeniería en Energía** (Febrero 2023-actualidad).

Trimestre	UEA
23-I	Transferencia de Masa
23-I	Análisis y Evaluación Energética de Proyectos
23-P	Transferencia de calor
23-P	Radiación Térmica
23-O	Transferencia de Masa
23-O	Proyecto Terminal I
23-O	Radiación Térmica
24-I	Transferencia de Calor
24-I	Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica
24-I	Proyecto Terminal I
24-I	Proyecto Terminal II

## 6. Tesis Dirigidas

- “Modelo para la circulación natural del reactor modular pequeño Nuscale”, Alumno: Castillo Pérez Emmanuel. (2023)
- “Análisis térmico de una fractura geotérmica con inyección de agua”, Alumno: Marco Antonio Rivera Ramirez. (2024)

## 7. TALLERES Y SEMINARIOS IMPARTIDOS

Invitado de lectura por ISS para el uso del código RELAP/SCDAPSIM. Idaho Falls, Estados Unidos. (4 - 8 de septiembre, 2017)

Invitado de lectura en la Universidad Iberoamericana, donde se presentó un estado del conocimiento sobre accidentes severos en plantas nucleares, el cual fue dirigido al alumnado de dicha institución (17 de febrero, 2021).

Participación como expositor en la *Semana de la Energía* en la UAM-I, mostrando el uso en la programación de interfaces gráficas dirigida a los alumnos en Ing. en Energía. (16 - 19 de noviembre, 2021).

## 8. CAPÍTULOS EN LIBROS

Capítulo 8 del libro: Engenharia na Prática: Importancia Teórica e Tecnológica, Capitulo: Desempenho Térmico dos Telhados Verdes em Relação aos Telhados Convencionais, Atena Editora, 2020. DOI 10.22533/at.ed.088202408

## 9. ARTÍCULOS INDIZADOS

1. Comparison of the QUENCH-06 experiment between ASYST and RELAP/SCDAPSIM 3.4, Nuclear Engineering and Design, **Heriberto Sánchez-Mora**, Raimon Pericas, Rawan Mustafa, Rodolfo Vázquez-Rodríguez (2024). <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2024.113517>
2. Fractional neutron point kinetics model for reactivity transients of the NuScale and comparison with the classical kinetics approach, Progress in Nuclear Energy, R. Vázquez-Rodríguez, **H. Sánchez-Mora**, M.A. Polo-Labarrios, J. Ortiz-Villafuerte, R. Lugo-Leyte (2024) <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2024.105350>
3. Validation of a mathematical model for the simulation of a multitubular and multitask solar reactor, Applied Thermal Engineering, Volume 248, Part A, **H. Sánchez-Mora**, A. Santamaria-Padilla, H. Romero-Paredes, Heidi I. Villafán-Vidales (2024). <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123166>
4. “Assessment of a parabolic trough solar thermal concentrator under two-phase flow conditions”, Case Studies in Thermal Engineering, A. Torres-Aldaco a, R. Lugo-Leyte, **H. Sánchez-Mora**, R. Vázquez-Rodríguez, M. A. Polo-Labarrios (2023). <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103921>
5. “Hydrogen distribution in a BWR’s RPV and Mark II drywell during the progression of a severe accident with and without emergency coolant injection”, Nuclear Engineering and Design, Javier Ortiz-Villafuerte, Eduardo Sáinz-Mejía, J. Vicente

- Xolocostli-Munguía, Armando M. Gómez-Torres, **Heriberto Sánchez-Mora** (2023). <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112784>
6. “Performance comparison of PTCs with nanoparticles in water and nanoparticle in thermal oil”, Journal Case Studies in Thermal Engineering, Y.-R. Galindo-Luna, **H. Sánchez-Mora**, G. Espinosa-Paredes, E.-G. Espinosa-Martínez (2023). <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103478>
  7. “Hydrogen generation analysis of the QUENCH-05 experiment”, Journal: Nuclear Engineering and Design, (2023). **Heriberto Sánchez-Mora**, Rodolfo Vázquez-Rodríguez, Erick-G. Espinosa-Martínez, Ricardo I. Cázares-Ramírez, Sergio Quezada-García. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112528>
  8. “Mathematical model of the QUENCH-06 experiment with sensitivity and uncertainty analysis in hydrogen generation” Journal: International Journal of Heat and Mass Transfer, (2023), **Heriberto Sánchez-Mora**, Javier Ortiz-Villafuerte, Armando M. Gómez-Torres, Cesar Queral, Sergio Quezada-García\*. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123553>
  9. “Dynamic mathematical heat transfer model for two-phase flow in solar collectors”, Journal: Case Studies in Thermal Engineering, (2022), **Heriberto Sánchez-Mora**, Sergio Quezada-García, Marco Antonio Polo-Labarríos, Ricardo Isaac Cázares-Ramírez, Alejandro Torres-Aldaco. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102594>
  10. “Pearson Correlation and Chi-Squared Methods Applied to the Sensitivity and Uncertainty Analysis of Hydrogen Generation During a Boiling Water Reactor STSBO Using MAAP5 and AZTUSIA”, Journal: Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science, (2022). Javier Ortiz-Villafuerte, **Heriberto Sánchez-Mora\***, César Queral, Melisa Reyes-Fuentes, Edmundo del Valle-Gallegos <https://doi.org/10.1115/1.4055011>.
  11. “Hydrodynamics and structural mechanics of jet pumps in a boiling water reactor: leak transient analysis in a jet pump”, (2022), G. Espinosa-Paredes, A. Nuñez-Carrera<sup>2</sup>, J. R. Varela-Ham, E.-G. Espinosa-Martínez, A. Vázquez-Rodríguez, J. Centeno-Perez, M. A. Polo-Labarríos, **H. Sánchez-Mora** and S. Quezada-García.
  12. “Nuclear fuel rod cladding oxidation and hydrogen production model based on diffusion theory in a multiphase environment of ZrO<sub>2</sub>,  $\alpha$ -Zr(O), and  $\beta$ -Zr at high temperatures (1273 K–1800 K)” Journal: International Journal of Hydrogen Energy, (2021). **H. Sánchez-Mora**, M.A. Polo-Labarríos, J. Ortiz-Villafuerte, S. Quezada-García, E. del-Valle-Gallegos <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.101>.
  13. “Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs”, Journal: Case Studies in Thermal Engineering, (2020). Marco A. Polo-Labarríos, Sergio Quezada-García, **Heriberto Sánchez-Mora**, M. Azucena Escobedo-Izquierdo, Gilberto Espinosa-Paredes <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100697>.
  14. “Modeling and simulation to determine the thermal efficiency of a parabolic solar trough collector system” Journal: Case Studies in Thermal Engineering, (2019). Sergio Quezada-García, **Heriberto Sánchez-Mora**, Marco A. Polo-Labarríos, Ricardo I. Cázares-Ramírez. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100523>.
  15. “Study on the temperature distributions in fuel assemblies of lead-cooled fast reactors”, International Journal of Nuclear Energy Science and Technology (2017), G. Espinosa-

Paredes, Juan L. Francois, **H. Sánchez Mora**, Alejandría D. Pérez-Valseca, Cecilia Martín-del-Campo. 10.1504/IJNEST.2017.10006745

## 10. CURSOS DE CAPACITACIÓN RECIBIDOS

Curso titulado “SMR LWR Technologies” por el KIT, Alemania, 25 - 27 de enero, 2021.

Curso titulado “Joint ICTP-IAEA Advanced School/Workshop on Computational Nuclear Science and Engineering”, por el International Centre for Theoretical Physics, Italia, 23 - 27 de mayo, 2022.

Curso titulado “Entrepreneurship del Cisco Networking Academy” por CISCO con colaboración con el IPN, México, 18 de junio, 2022.

## 11. ARTÍCULOS NO INDIZADOS

“Acoplamiento y simulación de difusión neutrónica y termo-fluido en el reactor ELFR”, Revista: Ingenierías, Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7160872>

“Dinámica de la solidificación de material fundido en el fondo de la vasija de un reactor durante un accidente severo” Revista: Ingenierías, Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7160873>

“Modelo de transferencia de calor para concentradores solares con flujo bifásico” Revista: Ingenierías, Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://ingenierias.uanl.mx/index.php/i/article/view/73>.

Artículo en revista especializada de investigación: Efecto térmico de las azoteas verdes en la Ciudad de México, Yucatán y Coahuila, Ingenierías-UANL, M. Azucena Escobedo Izquierdo, Sergio Quezada García, Ricardo I. Cázeres Ramírez, Marco Antonio Polo Labarrios, Heriberto Sánchez Mora\*, (2023), <https://doi.org/10.29105/ingenierias26.95-799>

## 12. CONGRESOS

### Internacionales

- Congreso ICONE26, Título: “ANALYSIS CONTOUR PLOTS IN RELAP/SCDAPSIM/MOD 3.4 AND MOD 4.1.”, Londres, Inglaterra, 2018.
- Congreso 14th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, con el trabajo “Heat Transfer Model Solar Concentrator”. Dublín, Irlanda, 2019.

- Congreso Internacional European Nuclear Young Generation Forum, Tarragona'21, perteneciente a la Sociedad Nuclear Española, con el trabajo “Sensitivity and uncertainty analysis of hydrogen generation in a BWR during a severe accident using MAAP5 and AZTUSIA”, España, 2021.

### **Nacionales**

- Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana 2020, con el trabajo “Modelo de oxidación del encamisado del combustible nuclear basado en la teoría de difusión en un medio multifásico de  $ZrO_2$ ,  $\alpha$ -ZrO y  $\beta$ -Zr”, 2020.
- Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana 2020, con el trabajo “HEVIAN: herramienta de visualización para el análisis nuclear”, 2020.
- Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana 2020, con el trabajo “Enfriamiento de material fundido en el fondo de la vasija de un reactor nuclear durante un accidente severo”, 2020.
- “Seminario: Complejidad en la Innovación Tecnológica de la Agricultura Urbana” con el trabajo “Estudio de los beneficios energéticos de los huertos urbanos en tecnología de techos verdes”, 2020.
- Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana 2021, con el trabajo “Análisis de sensibilidad e incertidumbre de la generación de hidrógeno en un STSBO de un BWR usando MAAP5 y AZTUSIA, 2021.
- Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana 2021, con el trabajo “Comparación del escenario boil-off in bundle entre un código independiente y ASYST/SCDAPSIM mod 3.4”, 2021.