

En Base a los LINEAMIENTOS PARTICULARES PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ANTE EL CONSEJO DIVISIONAL DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA (CNI) DE LA UNIDAD CUAJIMALPA (aprobados por el Consejo Divisional en su sesión No. CUA-DCNI-109-15 del 12 de Marzo de 2015), se presenta el

Informe Final del Proyecto Divisional: SIMULACIÓN Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS VIRTUALES PARA INGENIERÍA DE PROCESOS

Presentado por la responsable del proyecto:

Dra. María Teresa López Arenas, Departamento de Procesos y Tecnología (DPT)

Participantes del proyecto:

Dr. José Javier Valencia López (DPT),

Dr. A. Mauricio Sales Cruz (DPT),

Dr. Roberto Olivares Hernández (DPT),

Dra. María Teresa López Arenas (DPT),

Dra. Helen Denise Lugo Méndez (DPT)

Línea de investigación: Ingeniería de Sistemas de Procesos: Modelado y Simulación

Orientación: Investigación básica e investigación aplicada

Duración: 4 años (aprobado en el Consejo Divisional de Ciencias Naturales e ingeniería, acuerdo DCNI-10-150-17)

Fecha de inicio: Octubre de 2017

Fecha de término: Octubre de 2021

Estado Actual: Actividades planeadas concluidas

Grado de Avance: 100% de actividades programadas

Observación: Dado que se continúan con actividades afines, se solicitará renovación del proyecto.

Fecha de presentación del informe final: 27 de septiembre de 2021

RESUMEN DEL PROYECTO

La simulación es una técnica muy poderosa y ampliamente usada en las ciencias para analizar y estudiar sistemas complejos. Las aplicaciones de la simulación parecen no tener límites. Actualmente se simulan desde los comportamientos de las partes más pequeñas de un mecanismo (moléculas o células) hasta la toma de decisiones en plantas industriales. Recientes avances en las metodologías de simulación y la gran disponibilidad de software que existe en el mercado, propician al uso y desarrollo de herramientas computacionales rápidas, confiables y eficientes para en el área de ingeniería de procesos. La propuesta de este proyecto es promover el uso de la simulación de procesos para resolver problemas específicos de procesos químicos y biológicos, tanto en investigación como en docencia. Con la finalidad de impulsar la colaboración de los participantes, generar conocimiento, desarrollar e implementar estrategias de simulación, y promover la educación virtual en la ingeniería de procesos.

OBJETIVOS

El objetivo general es plantear metodologías para el modelado, el diseño, la operación, la optimización y el control de (bio)procesos mediante herramientas de simulación numérica y computacional.

Los objetivos particulares son:

- Generar estrategias de simulación y análisis para procesos químicos y biológicos en diferentes escalas, empleado herramientas de Ingeniería de Sistemas de Procesos.
- Implementar una plataforma para un laboratorio virtual de docencia para ingeniería de procesos, que estimule el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante un entorno visual adecuado para simular sistemas físicos.

RESUMEN DE RESULTADOS

Este proyecto divisional fue aprobado el 26 de octubre de 2017 en la Sesión CUA-DCNI- 150-17 del Consejo Divisional de Ciencias Naturales e Ingeniería, UAM-Cuajimalpa. Actualmente, el avance del proyecto es 100% con base en el cumplimiento de los objetivos y metas planteados. Las metas fueron originalmente establecidas en función de productos esperados (dirección de alumnos de licenciatura y posgrado, publicación de artículos en revistas indizadas, presentaciones en congresos y conferencias impartidas).

Los resultados abordaron diversos temas de simulación de ingeniería de (bio)procesos, como son: estimación y optimización de parámetros, análisis exergo ambiental, análisis metabólicos, diseño, monitoreo y control de procesos, e implementación de prácticas virtuales de ingeniería de procesos.

Enseguida se enlistan los productos científicos obtenidos en el período octubre 2017-septiembre 2021.

Fuentes de financiamiento

Título del proyecto:	Clúster Cemie-Bio "Biocombustibles lignocelulósicos para el sector autotransporte".
Patrocinador:	Conacyt-Sener-Sustentabilidad Energética (Convenio firmado con el Cinvestav, Guadalajara).
Líder del Clúster:	Dr. Arturo Sánchez Carmona (Cinvestav, Guadalajara).
Líder de la UAM-C:	<u>Dra. Teresa López Arenas</u> (Línea de Invest. 9 "Producción de bioetanol lignocelulósico 2G").
Monto:	\$700,000 (monto asignado a la LI9).
Vigencia:	agosto 2016 –agosto 2018, por auditoria está pendiente: Agosto 2022- Agosto 2023

Título del proyecto: Adquisición de software para el Lab. de Simulación y Optimización de Ingeniería de Procesos
Patrocinador: Rectoría UAM-C
Responsable: Dr. Roberto Olivares Hernández
Participantes: Dr. José Javier Valencia López, Dr. A. Mauricio Sales Cruz, Dra. María Teresa López Arenas
Monto: \$100,000 MXN
Vigencia: Noviembre 2017- Diciembre 2018

Título del proyecto: Organización del 3er Simposio de Modelado y Simulación En Ingeniería de Bioprocesos
Patrocinador: Rectoría UAM-C
Responsable: Dra. María Teresa López Arenas
Participantes: Dr. José Javier Valencia López, Dr. A. Mauricio Sales Cruz, Dr. Roberto Olivares Hernández
Monto: \$54,000 MXN
Vigencia: Noviembre 2017- Diciembre s018

Formación de recursos humanos

===== NIVEL LICENCIATURA =====

Director(es) de tesis: **Dr. A. Mauricio Sales Cruz**
Título: Simulación de la destilación extractiva para separar la mezcla etanol-agua
Nombre del tesista: Nohemy Reyes Dartiz
Nivel académico: Licenciatura en Ingeniería Biológica
Institución: UAM-C
Estatus: Concluida 2018.

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**, Gabriel Viguera Ramírez
Título: Evaluación de la producción de etanol a partir de los azúcares recuperados del hongo *Leucoagaricus gongylophorus* en cultivo lote, utilizando *Saccharomyces cerevisiae*
Nombre del tesista: Gpe. Diana Steffani Fonseca Ramírez
Nivel académico: Licenciatura en Ingeniería Biológica
Institución: UAM-C
Estatus: Concluida 2018.

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**
Título: Modelado metabólico de la bacteria *escherichia coli* para la producción de ácido indol-acético
Nombre del tesista: Ma. Magdalena Velázquez Flores
Nivel académico: Licenciatura en Ingeniería Biológica
Institución: UAM-C
Estatus: Concluida 2019.

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**
Título: Análisis de sensibilidad de la ecuación de biomasa en el modelo
Nombre del tesista: Mauricio Carrasco González
Nivel académico: Licenciatura en Ingeniería Biológica
Institución: UAM-C
Estatus: Concluida 2019.

Director(es) de tesis: **Helen Lugo Méndez**, J. Javier Valencia López, Valaur Ekbalam Márquez Baños
Título: Estimación del área de la válvula aortica
Nombre del tesista: Lidia Paola López Campos
Nivel académico: Licenciatura en Ingeniería Biológica
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **J. Javier Valencia López**, Valaur Ekbalam Márquez Baños
Título: Modelo CFD bidimensional para el cálculo del coeficiente de

transferencia de calor en un tanque agitado operando en régimen turbulento
Nombre del tesista: José Antonio Ramírez Nava
Nivel académico: Licenciatura
Institución: UAM Cuajimalpa
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**
Título: Simulación de la producción de ácido-indol-acético usando el modelo metabólico a escala genómica de *Pseudomonas putidas*
Nombre del tesista: Rogelio Diego Gaytán Castro
Nivel académico: Licenciatura
Institución: UAM-C
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**
Asesor(es): Hilda Vázquez López
Título: Diseño de una tira de diagnóstico rápido para la detección de veneno de serpiente *Bothrops asper* en suero de pacientes
Nombre del tesista: Michelle Adelina Toscano Salazar
Nivel académico: Licenciatura
Institución: Ingeniería en Biotecnología, Universidad de las Americas. Ecuador
Año: 2020
Estatus: Concluida

===== NIVEL MAESTRIA =====

Director(es) de tesis: **Dr. A. Mauricio Sales Cruz**
Asesor(es): **Dra. Teresa López Arenas**, Dr. Carlos Jaimez González
Título: Diseño e implementación de un laboratorio virtual para la enseñanza de ingeniería de procesos
Nombre del tesista: Diana Ibet Román Sánchez
Nivel académico: Maestría en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: UAM-Cuajimalpa
Estatus: Concluida 2019.

Director(es) de tesis: Raúl Lugo Leyte y **Helen Lugo Méndez**
Asesor(es):
Título: Análisis exergo ambiental de la combustión en una turbina de gas
Nombre del tesista: Emanuel López Alba
Nivel académico: Maestría en Energía y Medio Ambiente
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **Roberto Olivares Hernández**
Asesor(es): Gabriel Viguera Ramírez
Título: Análisis de modelos metabólicos a escala genómica de *Bacillus subtilis*
Nombre del tesista: Freddy Castillo Alfonso
Nivel académico: Maestría
Institución: UAM-C
Año: 2020
Estatus: Concluida

===== NIVEL DOCTORADO =====

Director(es) de tesis: Raúl Lugo Leyte y **Helen Lugo Méndez**
Asesor(es): Martín Salazar Pereyra
Título: Análisis exergoeconómico-ambiental de ciclos combinados de tres niveles de presión sin/con postcombustión
Nombre del tesista: Edgar Vicente Torres González
Nivel académico: Doctorado en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **José Javier Valencia López** y Jorge Ramírez Muñoz
Título: Modelación de la hidrodinámica de biorreactores multifásicos en fermentadores de reología compleja
Nombre del tesista: Valaur Ekbalam Márquez Baños
Nivel académico: Doctorado en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa
Año: 2020
Estatus: Concluida

Director(es) de tesis: **Teresa López Arenas**
Asesor(es): Arturo Sánchez Carmona, **Helen Lugo Méndez**
Título: Intensificación del proceso de producción de etanol lignocelulósico
Nombre del tesista: Moisés Alberto González Contreras
Nivel académico: Doctorado en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa
Año: 2021
Estatus: concluida

Director(es) de tesis: **Teresa López Arenas**
Asesor(es): Héctor Hernández Escoto, **Mauricio Sales Cruz**
Título: Operación y monitoreo del proceso de sacarificación enzimática en una biorrefinería
Nombre del tesista: Emilio Granada Vecino
Nivel académico: Doctorado en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa
Año: 2021
Estatus: En proceso

Director(es) de tesis: **Mauricio Sales Cruz**
Asesor(es): Raúl Lugo Leyte, Miguel Ángel Gutiérrez Limón
Título: Recuperación de Energía a partir de fuentes de baja temperatura. Caso Biomasa
Nombre del tesista: Ladislao Eduardo Méndez Cruz
Nivel académico: Doctorado en Ciencias Naturales e Ingeniería
Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa
Año: 2021
Estatus: En proceso

Director(es) de tesis: José Martiniano Rocha Ríos, **Mauricio Sales Cruz**
Título: Diseño, simulación y optimización de un proceso de producción de bioetanol, a partir de FORSU de la CDMX
Nombre del tesista: Arturo Pérez Román
Nivel académico: Doctorado en el Posgrado de Ingeniería Industrial
Institución: Universidad Anáhuac
Año: 2021
Estatus: En proceso

Servicio Social

Responsable del servicio social: **José Javier Valencia López**
Título: Implementación de un modelo para la simulación de un reactor en una plataforma de dinámica de fluidos computacional.
Nombre del alumno: Adrián Alfredo Estrada Graf
Licenciatura: Ingeniería en Computación
Institución: UAM-C
Año: 2018
Estatus: Concluido.

Responsable del servicio social: **Roberto Olivares Hernández**
Título: Uso de herramientas computacionales para el análisis de datos biológicos. Desarrollo de un algoritmo para manipular secuencias genéticas.
Nombre del alumno: Mitsuo J. E. Nakakawa Montes de Oca
Licenciatura: Ingeniería en Computación
Institución: UAM-C
Año: 2019
Estatus: Concluido.

Responsable del servicio social: **Roberto Olivares Hernández**
Título: Uso de herramientas computacionales para el análisis de datos biológicos
Nombre del alumno: Mauricio Portugués Castellanos
Licenciatura: Ing. En Computación
Institución: UAM-C
Año: 2020
Estatus: concluido

Responsable del servicio social: **Teresa López Arenas**
Título: Implementación de la instrumentación virtual de un reactor tipo tanque agitado
Nombre del alumno: Mario Alberto Salinas Toledano
Licenciatura: Ingeniería Biológica
Institución: UAM-C
Año: 2021
Estatus: concluido

Publicaciones en revistas indizadas

Autores: Anaya-Reza O., **López-Arenas, T.**

Título: Design of a sustainable biorefinery for the production of lactic acid from sugarcane molasses

Revista: Revista Mexicana de Ingeniería Química

ISSN: 1665-2738

Volumen: 17 (1). Páginas: 243-259

Año: 2018

DOI: <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2018v17n1/Anaya>

Autores: Granada-Vecino, E., **Sales-Cruz, M., López-Arenas, T.**

Título: Online Monitoring of an Enzymatic Reactor based on Density Measurements

Revista: Computer Aided Chemical Engineering

ISSN: 1570-7946

Volumen: 43. Páginas: 1995-1200

Año: 2018

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64235-6.50208-4>

Autores: Sigala, J. C., Quiroz, L., Arteaga, E., **Olivares, R., Lara, A. R., & Martínez, A.**

Título: Physiological and transcriptional comparison of acetate catabolism between *Acinetobacter schindleri* ACE

Revista: FEMS Microbiology Letters

ISSN: 0378-1097

Volumen: 366. Páginas: 14

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz151>

Autores: García-Sánchez, M., **Sales-Cruz, M., López-Arenas, T., Viveros-García, T., Pérez-Cisneros, E.S.**

Título: An Intensified Reactive Separation Process for Bio-Jet Diesel Production

Revista: Processes

ISSN: 2227-9717

Volumen: 7 (655). Páginas: 1-17

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.3390/pr7100655>

Autores: Hernández-Mora, I.E., Lugo-Leyte, R., Bonilla-Blancas, A.E., **López-Arenas, T., Salazar-Pereyra, M., Lugo-Méndez, H.D.**

Título: Análisis exergoeconómico de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor incluyendo el costo de imputación por la formación del residuo

Revista: DYNA

ISSN: 0012-7353

Volumen: 86(208). Páginas: 336-345

Año: 2019

DOI: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.73299>

Autores: **López-Arenas T., Sales-Cruz, M., Gani, R., Pérez-Cisneros, E.S.**

Título: Thermodynamic Analysis of the Driving Force Approach: Reactive Systems

Revista: Computers and Chemical Engineering

ISSN: 0098-1354

Volumen: 129. Páginas: paper 106509, 1-20

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.06.034>

Autores: **Lopez-Arenas T.,** Soheil Mansouri, S., **Sales-Cruz, M.,** Gani, R., Pérez-Cisneros, E.S.

Título: A Gibbs energy-driving force method for the optimal design of non-reactive and reactive distillation columns

Revista: Computers and Chemical Engineering

ISSN: 0098-1354

Volumen: 128. Páginas: 53-68

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.05.024>

Autores: Lucay, F.A., Gálvez, E.D., **Salez-Cruz, M.,** Cisternas, L.A.

Título: Improving milling operation using uncertainty and global sensitivity Analyses

Revista: Minerals Engineering

ISSN: 0892-6875

Volumen: 131. Páginas: 249-261

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.11.020>

Autores: Valaur E. Márquez-Baños, Aarón D. De la Concha-Gómez, **José J. Valencia-López,** Adrián López-Yañez and Jorge Ramírez-Muñoz

Título: Shear rate and direct numerical calculation of the Metzner-Otto constant for a pitched blade turbine

Revista: Journal of Food Engineering

Volumen: 257. Páginas: 10-18

Año: 2019

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.021>

Autores: Uribe Sebastian, Cordero Mario E., Zárate Luis G., **Valencia López José Javier** and Natividad Reyna

Título: CFD Analysis of Bed Textural Characteristics on TBR behavior: Kinetics, Scaling-up, Multiscale Analysis, and Wall Effects

Revista: The Canadian Journal of Chemical Engineering

Volumen: 97. Páginas: 485-499

Año: 2019

DOI: 10.1002/cjce.23298

Autores: **Lugo-Méndez H.,** Castro-Hernández S., Salazar-Pareyra M., **Valencia-López J.,** Torres-González E. V., Lugo-Leyte R.

Título: Residue Cost Formation of a High Bypass Turbofan Engine

Revista: Applied Sciences

ISSN: 2076-3417

Volumen: 10(24). Páginas: 9060

Año: 2020

DOI: <https://doi.org/10.3390/app10249060>

Autores: Jorge Ramírez-Muñoz, Román Guadarrama-Pérez, Alejandro Alvarado-Lassman, **José J. Valencia-López** and Valaur E. Márquez-Baños.

Título: CFD study of the Hydrodynamics and biofilm growth effect of an anaerobic inverse fluidized bed reactor operating in the laminar regime

Revista: Journal of Environmental Chemical-Engineering

Volumen: 9(1). Páginas:

Año: 2020

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104674>

Autores: Guadarrama-Pérez R., Márquez-Baños V., De La Concha-Gómez A., **Valencia-López J.J.**, Vengoechea-Pimienta A., Martínez de Jesús G. and Ramírez-Muñoz J.
 Título: Hydrodynamic Performance of a Ring-Style High-Shear Impeller in Newtonian and Shear-Thinning Fluids
 Revista: Chemical Engineering Technology
 Volumen: 43(11). Páginas: 2325-2335
 Año: 2020
 DOI: 10.1002/ceat.201900569

Autores: Gonzalez-Contreras M., **Lugo-Mendez H.**, Sales-Cruz M., **Lopez-Arenas T.**
 Título: Synthesis, design and evaluation of intensified lignocellulosic biorefineries-Case study: Ethanol production
 Revista: Chemical Engineering and Processing-Process Intensification
 ISSN: 0255-2701
 Volumen: 159. Páginas: 108220
 Año: 2020
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108220>

Autores: **Lugo-Méndez H. D.**, Torres-González. E. V., Castro-Hernández S., Salazar-Pereyra M., **López-Arenas T.**, Lugo-Leyte R.
 Título: An Irreversibility-Based Criterion to Determine the Cost Formation of Residues in a Three-Pressure-Level
 Revista: Entropy
 ISSN: 0255-2701
 Volumen: 22(3). Páginas: 299
 Año: 2020
 DOI: <https://doi.org/10.3390/e22030299>

Autores: Gonzalez-Contreras M., **Lugo-Méndez H.**, Sales-Cruz M., **López-Arenas T.**
 Título: Intensification of the 2g Bioethanol Production Process
 Revista: Chemical Engineering Transactions
 ISSN: 2283-9216
 Volumen: 79. Páginas: 121-126
 Año: 2020
 DOI: <https://doi.org/10.3303/CET2079021>

Autores: Lucay, F.A., **López-Arenas, T.**, Sales-Cruz, M., Gálvez, E.D., Cisternas, L.A.
 Título: Performance profiles for benchmarking of global sensitivity analysis algorithms
 Revista: Revista Mexicana de Ingeniería Química
 ISSN: 1665-2738
 Volumen: 19 (1). Páginas: 423-444
 Año: 2020
 DOI: <https://doi.org/10.24275/rmiq/Sim547>

Autores: Freddy Castillo-Alfonso, Marcia M. Rojas, Irina Salgado-Bernal, María E. Carballo, **Roberto Olivares-Hernández**, Jorge González-Bacerio, José M. Guisán & Alberto del Monte-Martínez
 Título: Optimization of theoretical maximal quantity of cells to immobilize on solid supports in the rational design of immobilized derivatives strategy
 Revista: World J Microbiol Biotechnol
 ISSN: 0959-3993
 Volumen: 37. Páginas: 1-9
 Año: 2020
 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02972-6>

Autores: Freddy A. Lucay, **Mauricio Sales-Cruz**, Edelmira D. Gálvez & Luis A. Cisternas
 Título: Modeling of the Complex Behavior through an Improved Response Surface Methodology
 Revista: Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review
 ISSN: 2076-34
 Volumen: 42:5,
 Páginas: 285-311.
 Año: 2021
 DOI: <https://doi.org/10.1080/08827508.2020.1728265>

Autores: **Lugo-Méndez, H.**, Sánchez-Domínguez, M., Sales-Cruz, M., **Olivares-Hernández, R.**, Lugo-Leyte, R., Torres-Aldaco, A.
 Título: Synthesis of biodiesel from coconut oil and characterization of its blends
 Revista: Fuel
 ISSN: 0016-2361
 Volumen: 295. Referencia: 120595
 Año: 2021
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120595>

Autores: **Lugo-Méndez, H.**; **Lopez-Arenas, T.**; Torres-Aldaco, A.; Torres-González, E.V.; **Sales-Cruz, M.**; Lugo-Leyte, R.
 Título: Interstage Pressures of a Multistage Compressor with Intercooling
 Revista: Entropy
 ISSN: 1099-4300
 Volumen: 23. Referencia: 351
 Año: 2021
 DOI: <https://doi.org/10.3390/e23030351>

Autores: Gonzalez-Contreras, M., **Lugo-Mendez, H.**, Sales-Cruz, M., **Lopez-Arenas, T.**
 Título: Synthesis, design and evaluation of intensified lignocellulosic biorefineries-Case study: Ethanol production
 Revista: Chemical Engineering and Processing-Process Intensification
 ISSN: 0255-2701
 Volumen: 159. Referencia: 108220
 Año: 2021
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108220>

Capítulos de libros

Autores: **López-Arenas, T.**, Anaya-Reza, O.
 Título del Capítulo: Criterios de evaluación técnico-económico-ambiental para la selección de productos y el diseño de biorrefinerías
 Libro: Biorrefinerías y Economía Circular (Ed. L. G. Torres Bustillos, G. Carrillo González)
 ISBN: 978-607-28-1692-3
 Editorial: UAM-Xochimilco:
 Páginas: 79-119
 Año: 2019

Autores: Nazemzadeh, N., Udugama, I.A., Nielsen, R.F., Meyer, K., Perez-Cisneros, E.S., **Sales-Cruz, M.**, Huusom J.K., Abildskov, J., Mansouri, S.S.
 Título del Capítulo: 6. Graphical tools for designing intensified distillation processes: Methods and applications
 Libro: Process Intensification: Design Methodologies (Eds. Gómez-Castro, F.I., Segovia-Hernández, J.G.)
 ISBN: 9783110596120. Editorial: De Gruyter. Páginas: 145-179
 Año: 2019
 DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110596120-006>

Autores: Seyed Soheil Mansouri, Carina L. Gargalo, Isuru A. Udugama, Pedram Ramin, **Mauricio Sales-Cruz**, Gürkan Sin, Krist V. Gernaey
 Título del Capítulo: 6. Economic Risk Analysis and Critical Comparison of Biodiesel Production Systems
 Libro: Biodiesel. Biofuel and Biorefinery Technologies (Eds. Tabatabaei M., Aghbashlo M.)
 ISBN: 2363-7609
 Editorial: Springer, Cham
 Páginas: 127-145
 Año: 2019
 DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00985-4_6

Participación en eventos especializados

Autores: **López-Arenas, T., Olivares-Hernández, R., Valencia-López, J., Sales-Cruz, M.**
 Título del trabajo: Optimización multiobjetivo usando algoritmos genéticos para el modelado de redes metabólicas
 Congreso: XXXIX Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. (AMIDIQ)
 Fechas del evento: San José del Cabo, BCS
 Lugar: 1-4 Mayo 2018
 Tipo de participación: Oral

Autores: Román-Sánchez, D.T., **López-Arenas, T., Jaimez-González, C., Sales-Cruz, M.**
 Título del trabajo: Laboratorio Virtual para la Enseñanza de Ingeniería de Reactores
 Congreso: XXXIX Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: San José del Cabo, BCS
 Lugar: 1-4 Mayo 2018
 Tipo de participación: cartel
 Autores: Roman-Sanchez, D.I., **López-Arenas, T., Sales-Cruz, M.**
 Título del trabajo: An interactive virtual laboratory for process engineering education
 Congreso: 28th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE28)
 Fechas del evento: June 10-13, 2018
 Lugar: Graz, Austria
 Tipo de participación: cartel

Autores: **Mauricio Sales-Cruz**, Rafiqul Gani, Eduardo Perez-Cisneros
 Título del trabajo: A novel Graphical Gibbs Energy-Driving Force Method for the Optimal Design of Non-reactive and Reactive Distillation Columns
 Congreso: 28th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE28)
 Fechas del evento: June 10-13, 2018
 Lugar: Graz, Austria
 Tipo de participación: oral
 Autores: **Lugo Méndez, H.D., López Arenas, M.T., Torres Aldaco, A., Castro Hernández, s., García Gómez, J.A.**
 Título del trabajo: Aprovechamiento energético del bambú guadua mexicana residual
 Congreso: XVIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería
 Fechas del evento: junio 23-28, 2019
 Lugar: León, Guanajuato
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Castillo, F., **Olivares, R.**
 Título del trabajo: Análisis de la capacidad de producción de AIA utilizando modelos a escala genómica
 Congreso: XVIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería
 Fechas del evento: junio 23-28, 2019

Lugar: León, Guanajuato
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Granada-Vecino, E., **López-Arenas, T.**
 Título del trabajo: Estrategias para el monitoreo de la concentración de glucosa en un reactor enzimático
 Congreso: XL Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química (AMIDIQ)
 Fechas del evento: 7-10 Mayo 2019
 Lugar: Huatulco, Oaxaca
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Torres González E. V., Lugo Leyte R, Torres Aldaco A, **Lugo Méndez H. D.,** Cervantes Ruiz, J., Lopez Alba E., Castro Hernández S.
 Título del trabajo: Estudio termodinámico del circuito de agua de enfriamiento de una termoeléctrica a diferentes cargas parciales
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de Octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Oral

Autores: Gómez Victoria G. A., Torres Aldaco A., Lugo Leyte R., Cervantes Ruiz J., Torres Gonzalez E.V., **Lugo Méndez H. D.**
 Título del trabajo: Estudio del dimensionamiento de un tren de evaporación de la producción de azúcar y sus flujos energéticos
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de Octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Oral

Autores: López-Alba E., Castro-Hernández S., Torres-Aldaco A., **Lugo-Méndez H. D.,** Lugo-Leyte R.
 Título del trabajo: Cálculo de las temperaturas que interviene en las zonas de una cámara de combustión tipo anular
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de Octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Oral

Autores: Naves-García N., **Lugo-Méndez H. D.,** Sergio Castro-Hernández S., Sandoval-Santana F. J., **Valencia López J. J.**
 Título del trabajo: Análisis exergetico a una turbina de gas regenerativa
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de Octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Román Guadarrama-Pérez, Valaur Ekbalam Márquez-Baños, **José Javier Valencia-López**, Mariano Gutiérrez Rojas, Víctor Sánchez Vázquez y Jorge Ramírez-Muñoz
 Título del trabajo: Estudio numérico y Experimental de la Retención de Gas en un Biorreactor Airlift
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Granada-Vecino, E., **Sales-Cruz, M., López-Arenas, T.**
 Título del trabajo: Estimación de las concentraciones en un reactor de hidrólisis enzimática
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Mauricio Carrasco González, **Mauricio Sales Cruz, Roberto Olivares Hernández**
 Título del trabajo: Estimación de parámetros y análisis de sensibilidad de un modelo matemático del metabolismo de *escherichia coli* usando algoritmos genéticos
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Oral

Autores: Michelle Adelina Toscano Salazar, Hilda Vázquez López, **Roberto Olivares Hernández**
 Título del trabajo: Diseño de una tira de diagnóstico rápido para la detección de veneno de serpiente *Bothrops Asper* en suero de pacientes
 Congreso: XLI Encuentro Nacional de la AMIDIQ
 Fechas del evento: 22 al 24 de octubre de 2020
 Lugar: Evento virtual
 Tipo de participación: Oral

Autores: **Mauricio Sales-Cruz**
 Título del trabajo: Sustainable design of the 2G bioethanol production process through process intensification
 Congreso: 6th International Conference on Chemical Engineering
 Fechas del evento: Diciembre 19-22, 2020
 Lugar: BUET, Bangladesh (virtual)
 Tipo de participación: Oral

Autores: Juan Misael Lezama-Ibañez, Edgar Vicente Torres-González, Alejandro Torres-Aldaco, Raúl Lugo-Leyte, **Helen Denise Lugo Méndez, José Javier Valencia López**
 Título del trabajo: Análisis de costos exergéticos a un refrigerador de dos etapas considerando los incrementos de entropía en la formación del residuo
 Congreso: XLII Encuentro Nacional de la AMIDIQ 2021
 Fechas del evento: 8-11 septiembre 2021
 Lugar: México (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: José Antonio Nava, **Helen Denise Lugo Méndez**, Valaur E. Márquez Baños, Román Guadarrama Pérez, **José Javier Valencia López**, Jorge Ramírez Muñoz
 Título del trabajo: Estimación del coeficiente de transferencia de calor en un tanque agitado sin baffles mediante simulación CFD
 Congreso: XLII Encuentro Nacional de la AMIDIQ 2021
 Fechas del evento: 8-11 septiembre 2021
 Lugar: México (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Neftalí Escobar Monsalvo, Eduardo Martínez Rivera, Valaur E. Márquez Baños, Juan José Cabello Robles, Román Guadarrama Pérez, **José Javier Valencia López**, Jorge Ramírez Muñoz
 Título del trabajo: Propuesta de una práctica virtual para el análisis hidráulico de un reactor WSP por simulación CFD
 Congreso: XLII Encuentro Nacional de la AMIDIQ 2021
 Fechas del evento: 8-11 septiembre 2021
 Lugar: México (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Mario Alberto Salinas-Toledano, Emilio Granada-Vecino, **Helen Lugo-Méndez, Teresa López-Arenas**
 Título del trabajo: Instrumentación virtual para la enseñanza de control de procesos
 Congreso: XLII Encuentro Nacional de la AMIDIQ 2021
 Fechas del evento: 8-11 septiembre 2021
 Lugar: México (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: Manuel González-Santiago, Miguel Tomate-Hernández, **Teresa López-Arenas**
 Título del trabajo: Análisis de la rentabilidad del proceso de producción industrial de riboflavina
 Congreso: XIX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería
 Fechas del evento: 27 septiembre - 1º octubre 2021
 Lugar: México (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: José Rocha-Rios, Arturo Pérez-Roman, **Teresa Lopez-Arenas, Mauricio Sales-Cruz**
 Título del trabajo: Simulation of the biofuel production process from Organic Fraction of Municipal Solid Waste (OFMSW)
 Congreso: 31st European Symposium on Computer Aided Process Engineering
 Fechas del evento: 6-9 Junio 2021
 Lugar: Turquía (Evento virtual)
 Tipo de participación: Cartel

Autores: **Mauricio Sales-Cruz**, Moises Gonzalez-Contreras, **Teresa Lopez-Arenas**
 Título del trabajo: Comprehensive assessment of a 2G bioethanol biorefinery: Process Intensification
 Congreso: 6th ProBioRefine workshop
 Fechas del evento: 6-7 mayo 2021
 Lugar: Technical University of Denmark (Evento virtual)
 Tipo de participación: oral

Conferencias y seminarios impartidos

Profesor: **Teresa López Arenas**
 Título: Simulación de procesos con SuperPro Designer
 Institución: 3er Simposio de Modelado y Simulación en Ingeniería de Bioprocesos, UAM-Cuajimalpa
 Lugar: CDMX
 Fecha: Noviembre 7, 2018

Profesor: **Mauricio Sales Cruz**
 Título: Líneas de investigación y quehacer del Cuerpo Académico: Panorama General
 Institución: 3er Simposio de Modelado y Simulación en Ingeniería de Bioprocesos, UAM-Cuajimalpa
 Lugar: CDMX
 Fecha: Noviembre 5, 2018

Profesor: **Mauricio Sales Cruz**
 Título: Desarrollo e implementación de herramientas para el modelado, análisis y simulación de procesos
 Institución: 4ª Escuela de Ingeniería de Procesos y 9ª Semana del CA de Análisis de Procesos, UAM-Azcapotzalco
 Lugar: CDMX
 Fecha: Diciembre 5, 2018

Profesor: **Roberto Olivares Hernández**
 Título: Optimización de redes metabólicas para la producción de compuestos químicos de interés industrial
 Institución: UAM-Iztapalapa
 Lugar: CDMX
 Fecha: Febrero 1, 2018

Profesor: **Roberto Olivares Hernández**
 Título: Optimización de redes metabólicas para la producción de moléculas de interés industrial.
 Institución: UAEM-Morelos
 Lugar: Cuernavaca, Morelos
 Fecha: 16 de agosto 2019

Profesor: **Roberto Olivares Hernández**
 Título: Biología Sintética
 Institución: UAM-C
 Lugar: Cuajimalpa, CDMX
 Fecha: 11 de noviembre 2019

Profesor: **Helen Denise Lugo Méndez**
 Título: Bioenergía
 Institución: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa
 Lugar: Cuajimalpa, CDMX, México
 Fecha: 12 Marzo 2020

Profesor: **Helen Lugo-Méndez**
 Título: Seminario de Bioenergía
 Institución: Ingeniería Biológica, UAM-Cuajimalpa
 Lugar: UAM- Cuajimalpa (Evento virtual)
 Fecha: 16 febrero 2021

DESVIACIONES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

La comparación de los productos planeados originalmente y los productos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Calendarización de productos a lo largo del proyecto

Producto / año	Productos planeados				Total planeados	Productos obtenidos				Total obtenidos
	2018	2019	2020	2021		2018	2019	2020	2021	
Publicación de artículos en revistas indizadas	1	1	1	1	4	2	8	8	4	22
Publicación de capítulos de libro					0	0	3	0	0	3
Presentación de trabajos en congresos nacionales	3	3	3	3	12	2	3	8	5	18
Presentación de trabajos en congresos internacionales	2	2	2	2	8	2	0	1	2	5
Dirección de proyectos terminales de licenciatura (concluidos)	1	1	1		3	2	2	4	0	8
Dirección de tesis de maestría (concluidas)	2		2		4	0	1	2	0	3
Dirección de tesis de doctorado (concluidas)	2			1	3	0	0	2	1 + 3 en proceso	6
Dirección de servicio social (concluidas)					0	1	1	1	1	4
Conferencias y seminarios					0	4	1	1	1	7

De acuerdo al desglose de resultados presentados arriba, se lograron obtener los productos planeados, superando la expectativa en algunos casos (como publicaciones y formación de recursos humanos). En particular para la presentación de

trabajos en congresos internacionales, no se lograron cubrir los congresos planeados debido a las diversas situaciones por las que pasó la UAM y la CDMX (huelga y pandemia por Covid-19). No obstante, la publicación de artículos fue muy superior a la planeada, así como la dirección de proyectos terminales.

Actualmente se encuentran 3 tesis de doctorado en proceso y está por iniciarse una tesis doctoral para el desarrollo de sensores virtuales con fines educativos y de investigación. Por lo cual se solicitará la renovación de este proyecto de investigación, y poder dar continuidad al trabajo que en desarrollo.

Con lo cual concluimos que en general no existieron desviaciones de acuerdo a la planeación y los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto, y por supuesto, se han logrado favorecer las metas académicas planteadas:

- Consolidación de un cuerpo académico "Ingeniería de Sistemas de Bioprocesos: Modelado y Simulación", del Departamento de Procesos y Tecnología (DPT).
- Fortalecimiento de la docencia a nivel licenciatura y posgrado mediante el desarrollo de prácticas virtuales.
- Formación de alumnos de licenciatura y posgrado en el área de Ingeniería de Sistemas de Procesos.