

# Herramienta gráfica para la ejecución de procesos de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos evolutivos.

Trabajo Terminal No. \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_.

Alumnos: \*Hernández López Ángel Zait, Martínez Rodríguez Luis Fernando, Trejo Trejo Eric Uriel

Directores: Pescador Rojas Miriam, Sosa Hernández Víctor Adrián

\*e-mail: zait-hdez@hotmail.com

**Resumen** - Las herramientas de programación visual basada en bloques han conseguido gran popularidad a lo largo de esta década porque permiten desarrollar habilidades de aprendizaje de temas abstractos y complejos de una manera sencilla, intuitiva e interesante para los usuarios. El presente trabajo terminal tiene como propósito desarrollar una herramienta de apoyo para la resolución de problemas de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos representativos de cómputo evolutivo ejecutados mediante flujos de trabajo (*workflows*) a bloques.

**Palabras clave** - Cómputo evolutivo, programación visual, programación basada en flujos de trabajo, optimización multiobjetivo.

## 1. Introducción

La programación visual es un paradigma que cambia el concepto tradicional de la programación convirtiéndola en algo simple, intuitivo y atractivo de aprender. La programación visual consiste en un entorno de desarrollo con interfaz gráfica de usuario que permite la creación de programas sin escribir líneas de código de un lenguaje determinado como se realiza de manera convencional. La mayoría de estos entornos utilizan bloques predefinidos para ejecutarse posteriormente en algún lenguaje de programación. Los ambientes de desarrollo visuales por lo general son herramientas de apoyo educativo, que inicialmente predominaron para introducir a los niños al ámbito de la programación. Actualmente ejemplos de estas herramientas son: *Scratch* que cuenta con cerca de 40 millones de usuarios activos y code.org con alrededor de 50 millones de niños que aprenden a programar [1].

En un mundo globalizado como en el que vivimos ahora y en el cual la tecnología vive su mejor momento, el desarrollo de software es muy demandado y la habilidad de programación es esencial. Sin embargo, cuando las personas observan los lenguajes de programación no creen que son capaces de lograr con ellos lo que desean, consideran que programar requiere un alto nivel de preparación. Por otro lado, la programación visual ha logrado motivar a personas que jamás han tenido un acercamiento con principios básicos de programación a crear programas de cómputo. Con el auge de este paradigma han surgido sistemas de flujos de trabajo (*workflows systems*) que consisten en aplicar la programación basada en bloques para realizar tareas con mayor grado de complejidad y poder computacional, sin involucrar a un lenguaje de programación en específico. Estos sistemas cuentan con una interfaz gráfica que proporciona al usuario la capacidad de crear de forma esquemática un flujo de trabajo que será ejecutado para realizar la tarea o tareas definidas, esto lo logra con la ayuda de bloques que funcionan como operadores o procesos predefinidos que pueden ser configurados según sus parámetros. Estos procesos por sí solos pueden no realizar grandes tareas, pero al conectarlos en un flujo continuo la salida de uno es la entrada para el siguiente y se logra realizar una tarea de mayor complejidad [1][6]. En la Tabla 1 se muestran algunas herramientas de software de programación visual basada en bloques con una descripción de cada una de ellas.

Por otra parte, el cómputo evolutivo es una rama de las ciencias de la computación basada en la teoría de la evolución natural para poder resolver problemas de optimización y búsqueda, como es el caso de los problemas de optimización con múltiples funciones objetivo que requiere resolver de manera simultánea dos o más funciones en conflicto. En consecuencia, no existe una solución única, sino varias, que representan los mejores resultados posibles entre los objetivos. Por lo tanto, rara vez se da el caso de que haya un solo punto que optimice simultáneamente todos los objetivos. [2].

Nombre	Descripción
Scratch	Creado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT), es una plataforma 2D con recursos gráficos. Este proporciona las herramientas de creación de proyectos, compartir y comentarlos. El lenguaje de programación es similar a C.
App Inventor	Creado por el MIT con apoyo de Google, es una aplicación web para el desarrollo de aplicaciones móviles para los sistemas operativos Android.
Rapid miner	Plataforma de software de ciencia de datos que proporciona un ambiente integrado para preparación de datos, aprendizaje máquina, aprendizaje profundo, extracción de textos y análisis predictivo todo esto en un ambiente gráfico de interfaz de usuario para diseñar y ejecutar flujos de trabajo analíticos ( <i>analytical workflows</i> ). Los flujos de trabajo ( <i>workflows</i> ) son llamados procesos y consisten en múltiples “operadores” que desempeñan una tarea dentro del proceso, la salida de cada operador es la entrada para el siguiente.

Tabla 1. Software basado en programación a bloques [5]

Los Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo (AEMOs) son capaces de resolver este tipo de problemas de manera apropiada. La primera generación de este tipo de algoritmos utilizó la dominancia de Pareto como mecanismo de selección. Algunos ejemplos son los algoritmos conocidos como: NSGA-II y SPEA. Sin embargo, estos algoritmos no funcionan correctamente en la optimización de muchos objetivos (es decir, con problemas que tienen más de tres objetivos) [7]. A continuación, en la Tabla 2, se muestran los dos enfoques más comunes para problemas de optimización multiobjetivo.

Enfoque	Descripción	Algoritmo representativo	Características del algoritmo
AEMOs basados en indicadores	Usa métodos para evaluar la calidad de la aproximación generada por el algoritmo utilizando un indicador de rendimiento.	Selección métrica S (SMS-EMOA)	Basado en el indicador de hipervolumen razón por la cual es computacionalmente costoso en problemas de muchos objetivos.
AEMOs basados en descomposición	Escalabilidad a problemas de muchos objetivos (PMO). Alta capacidad de búsqueda para la optimización combinatoria. Alta compatibilidad con métodos de búsqueda local.	Algoritmo de descomposición (MOEA / D)	Algoritmo computacionalmente eficiente, descompone un problema multiobjetivo en un conjunto de subproblemas de un solo objetivo y aplica sus operadores evolutivos en soluciones vecinas.

Tabla 2. Enfoques representativos de algoritmos evolutivos de objetivo múltiple [7]

Existen frameworks con la implementación de los AEMOs, desarrollados en distintos lenguajes de programación, los cuales se tomarán en cuenta para el desarrollo del proyecto final. Cabe mencionar, que ninguno de los framework es de un estilo visual, todo es de forma codificada. Dichas herramientas, se mencionan en la Tabla 3.

Nombre del framework	Características
EMO Project	Desarrollado en lenguaje C, implementa algoritmos como son: MOEA/D, MOMBI-II, MOMBI-III, MOVAP, NSGA-II, NSGA-III, SMSEMOA, SPEA2.
jMetal	Desarrollado en Java. Algoritmos: NSGA-II (variants: ssN GAIL, NSGA adaptive, NSGA Irandom), SPEA2, PAES, PESA-II, MOPSO, MOCeII, AbYSS,

	MOEA/D, Denssea, Cell DE, GDE3, Fast PGA, IBEA, SMPSO, SMPS Ohv, SMS-EMOA, dMOPSO.
MOEAFramework	Desarrollado en Java NSGA-II, NSGA-III, $\epsilon$ -MOEA, GDE3, PAES, PESA2, SPEA2, IBEA, SMS-EMOA, SMPSO, OMOPSO, CMA-ES, and MOEA/D.
PlatEMO	Desarrollado en Matlab, cuenta con algoritmos como: C-TAEA, ToP, MOEA/D-URAW y MultiObjective EGO.

Tabla 3. Framework de programación multiobjetivo.

## 2. Objetivo

### Objetivo general.

Desarrollar una herramienta de apoyo para construir un flujo de trabajo que resuelva problemas benchmark de optimización multiobjetivo a través de algoritmos evolutivos utilizando programación visual a bloques con la finalidad de facilitar la configuración y visualización de los procesos que intervienen.

### Objetivos particulares.

- Crear un entorno visual que permita construir un flujo de trabajo a través de bloques.
- Implementar e integrar a su bloque respectivo los algoritmos evolutivos. indicadores de desempeño y las pruebas estadísticas.
- Incorporar gráficos para visualizar los resultados obtenidos.

## 3. Justificación

Los algoritmos evolutivos han demostrado ser una excelente alternativa para dar solución a problemas de optimización multiobjetivo. Existen diversos frameworks (ver Tabla 3) para implementar y realizar pruebas de algoritmos evolutivos multiobjetivo. Sin embargo, el uso de estos requiere conocimientos previos del lenguaje de programación en el que están implementados y una configuración específica en el entorno de desarrollo. Además, la definición de configuraciones de cada uno de los componentes involucrados suele ser una tarea laboriosa por parte del programador.

En este proyecto se pretende desarrollar una herramienta gráfica basada en flujos de trabajo para la ejecución de procesos de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos evolutivos. Con la finalidad de facilitar el diseño, implementación y pruebas para la solución de problemas de optimización multiobjetivo.

La aplicación hará uso de estrategias de programación visual a bloques con una arquitectura cliente servidor. Esta arquitectura está diseñada para dar disponibilidad, bajo costo de procesamiento e interoperabilidad ya que solo se necesitará de un navegador web por parte del usuario. [10]

Las principales contribuciones de este trabajo son: facilitar el uso de algoritmos evolutivos para resolver problemas de optimización multiobjetivo, proporcionar un entorno intuitivo para la configuración y generación de pruebas, así como proveer diferentes gráficas para el mejor entendimiento y visualización de los resultados.

De acuerdo con la metodología que se adoptará y los cronogramas descritos en las secciones 5 y 6, este trabajo es viable para el periodo de realización y el número de integrantes involucrados, obteniendo en cada etapa un prototipo funcional incremental. Para el desarrollo de este proyecto se aplicarán conocimientos adquiridos en las asignaturas de inteligencia artificial, algoritmos genéticos, métodos cuantitativos para la toma de decisiones, tecnologías para la web e ingeniería de software.

#### 4. Productos o resultados esperados

La herramienta a desarrollar en este proyecto tendrá la arquitectura que es mostrada en la figura 1. A lo largo del periodo de realización de trabajo terminal se espera realizar 4 prototipos que se describen a continuación:

**Prototipo 1.** Este prototipo integra tres módulos principales y su interacción entre ellos. De manera general puede verse como un problema que considera la entrada al procedimiento de optimización y la salida que este genera. A continuación, se describe cada uno.

**Problema de Optimización multiobjetivo** (MOP por sus siglas en inglés). Módulo que considera la implementación de diversos conjuntos de funciones de prueba descritos en el estado del arte (DTLZ, WFG, CEC09). Así como su configuración en el número de variables de decisión, número de funciones objetivo y parámetros para modificar la complejidad del problema.

**Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo.** La implementación de este módulo incluye algoritmos evolutivos multiobjetivo (MOEAs por sus siglas en inglés) representativos de la literatura especializada como: NSGA-II, NSGA-III, SMS-EMOA y MOEA/D.

**Frente de Pareto (FP) y Conjunto de Pareto.** En este módulo se deberá respaldar en archivos los resultados del conjunto de soluciones que entrega un determinado MOEA. Además, se podrá visualizar mediante gráficas el frente de Pareto.

**Prototipo 2.** Integra las partes del prototipo anterior y se incorpora el módulo de indicadores **de desempeño**, el cual se refiere a la implementación de funciones escalares que mapean el espacio de las funciones objetivo con la finalidad de determinar la calidad de las soluciones en términos de convergencia, extensión y distribución del frente de Pareto. Se agregan gráficas de convergencia para mostrar la mejora en el valor del indicador por cada iteración del MOEA. Adicionalmente, se incorpora la interfaz gráfica de la programación por bloques, en una versión preliminar.

**Prototipo 3.** Integra las partes del prototipo anterior y se complementa con el cálculo de **estadísticas descriptivas y estadísticas no paramétricas**. Las primeras hacen referencia a calcular la media, mediana y desviación estándar. Mientras que las segundas hacen comparaciones entre los resultados de diferentes MOEAs mediante Test estadísticos no paramétricos que ayudan a determinar que las diferencias estadísticas son realmente significativas y no se deben al uso de aleatoriedad en los procedimientos.

**Prototipo 4.** Integra las partes del prototipo anterior y añade el módulo de experimentación para realizar grandes conjuntos de pruebas seleccionando conjuntos de problemas de prueba con diferentes configuraciones, ejecución de diferentes MOEAs y generación de resultados para diversos indicadores de desempeño.

Además, se espera producto en cuanto a documentación:

- Manual de usuario de la aplicación web.
- Manual técnico de la herramienta.

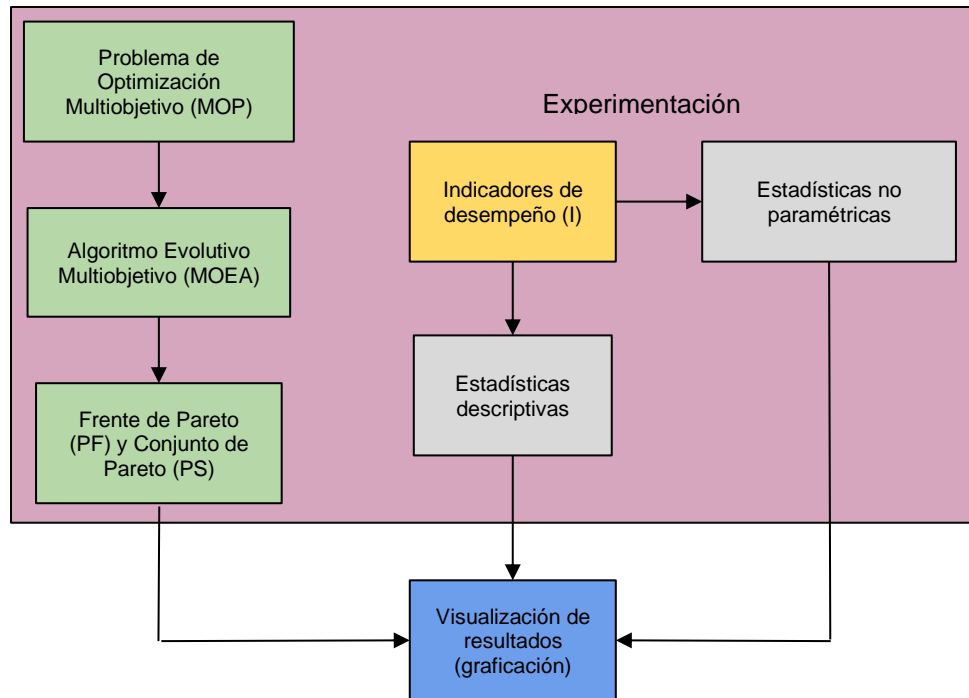


Figura 1. Arquitectura de la herramienta.

## 5. Metodología

La metodología a utilizar para el desarrollo de esta herramienta será *Scrum*, una metodología ágil donde el cliente toma un rol importante, pues todo lo que se desarrolla en el transcurso de la iteración (*sprint*) es presentado a él para una retroalimentación. Esta metodología nos garantiza el tener avances no solo con el cliente sino con el equipo de trabajo y tener un producto a la medida [9]. Los roles de esta metodología se muestran en la tabla 4; además se indican los responsables de cada rol, en el proyecto.

Rol	Descripción	Responsable
Product Owner	Es el responsable de identificar las características y atributos del producto. Revisa el trabajo hecho y ayuda a probarlo.	Directores
Scrum Master	Ayuda a los miembros del equipo, se puede ver como el líder del equipo.	Integrantes del equipo.
Team	Se encargan de desarrollar el producto y los miembros pueden ser programadores o bien, expertos en otros temas.	Integrantes del equipo.

Tabla 4. Descripción de roles en la metodología SCRUM [9]

La metodología *Scrum* será utilizada para cumplir con los resultados descritos en la sección anterior de manera ágil.

## 6. Cronograma

En esta sección se mostrarán los distintos de cronogramas, basándose en el desarrollo de los prototipos y evaluación del proyecto en un tiempo aproximadamente de un año, el cual el valor mínimo de una tarea es de un mes, que contiene 20 días hábiles.

## 7. Referencias

- [1] Codejig, «Block Coding,» [En línea]. Available: <https://www.codejig.com/en/block-based-coding/>. [Último acceso: 14 febrero 2020].
- [2] R. Hernández Gómez, Hiper-Heurísticas Paralelas para Optimización Multi-Objetivo. *Unidad Zacatenco Departamento de Computación*. 2018. Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional.
- [3] C. A. Coello Coello; Zacatenco, Col San Pedro. Introducción a la computación evolutiva (Notas de curso). *CINVESTAV-IPN, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Computación. México, CDMX*, 2019.
- [4] D. M. Ortiz, J. D. Velásquez, y H. P. Jaramillo, «Estrategias evolutivas como una opción para la optimización de funciones no lineales con restricciones», *rev.ing.univ.Medellin*, vol. 10, n.º 18, pp. 117-125, 1.
- [5] Glushkova, Todorka, et al. Application of block programming and game-based learning to enhance interest in computer science. *Journal of Innovations and Sustainability*, 2016, vol. 2, no 1, p. 21-32.
- [6] A. Tiwari y A. K. Sekhar, «Workflow based framework for life science informatics,» *Computational Biology and Chemistry*, vol. 31, pp. 305-311, octubre 2007.
- [7] M. Pescador-Rojas y C. A. Coello Coello, "Collaborative and Adaptive Strategies of Different Scalarizing Functions in MOEA/D," 2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Rio de Janeiro, 2018, pp. 1-8.
- [8] Sabale, Rajendra Ganpatrao; DANI, A. R. Comparative study of prototype model for software engineering with system development life cycle. *IOSR Journal of Engineering*, 2012, vol. 2, no 7, p. 21-24.
- [9] M. Mahalakshmi; M. Sundararajan. Traditional SDLC vs scrum methodology—a comparative study. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2013, vol. 3, no 6, pp. 192-196.
- [10] P. Duchessi; S. InduShobha Chengalur. Client/server benefits, problems, best practices. *Communications of the ACM*, 1998, vol. 41, no 5, pp. 87-94.

## 8. Alumnos y Directores

Ángel Zait Hernández López. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2014080682, Tel. 5513670464, email zait-hdez@hotmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

Luis Fernando Martínez Rodríguez. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2014090419, Tel. 5518039879, email arkf3r@gmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

Eric Uriel Trejo Trejo. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2014090719, Tel. 5538789443, email ericto117@gmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

Pescador Rojas Miriam. - Dra. en Ciencias en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2019, M.

en C. en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2010, Ing. en Sistemas Computacionales por la ESCOM-IPN en 2008, Profesora de carrera en ESCOM-IPN desde 2010 a la fecha, áreas de interés Inteligencia Artificial, Cómputo Evolutivo, Aprendizaje Máquina, Ext. 52022, email mpescadorr@ipn.mx

Firma: \_\_\_\_\_

Sosa Hernández Víctor Adrián. - Dr. en Ciencias en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2017, M. en C. en Computación por el CINVESTAV-IPN en 2013, Ing. en Sistemas Computacionales por la ESCOM-IPN en 2011, Profesor del Departamento de computación en la Escuela de Ingeniería y Ciencias del ITESM campus Edo. de México desde el 2017 a la fecha, áreas de interés Inteligencia Artificial, Cómputo Evolutivo, Aprendizaje Máquina, Cómputo en la nube, email vsosa@tec.mx

Firma: \_\_\_\_\_

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

## CRONOGRAMAS

Nombre del alumno: Ángel Zait Hernández López

Título de TT: Herramienta gráfica para la ejecución de procesos de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos evolutivos.

Actividad	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Investigación de MOPs, conjuntos de interés y MOEAs										
Selección de Framework multiobjetivo base										
Pruebas y adaptación del framework multiobjetivo base										
Visualización de resultados con el framework base										
Pruebas al prototipo 1										
Comprensión y adaptación de indicadores de desempeño utilizando el framework base										
Diseño e implementación de la interfaz de programación a bloques										
Diseño e implementación del protocolo de comunicación inicial entre la interfaz de programación a bloques y el framework base										
Pruebas al prototipo 2										
Evaluación de TT I										
Documentación del Manual Técnico										
Documentación del Manual de Usuario										
Investigación de estadísticas descriptivas y estadísticas no paramétricas										
Adaptación e implementa de estadísticas descriptivas y estadísticas no paramétricas										
Unión y pruebas de todos los prototipos										
Evaluación de TT II										

Nombre del alumno: Luis Fernando Martínez Rodríguez

Título de TT: Herramienta gráfica para la ejecución de procesos de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos evolutivos.

Actividad	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Sprint Planning meeting										
Análisis y requerimientos prototipo										
Diseño prototipo										
Desarrollo e Implementación del prototipo										
Pruebas										
Sprint Review meeting										
Sprint Retrospective meeting										
Evaluación TT 1										
Evaluación TT 2										
Documentación del Manual Técnico										
Documentación del Manual de Usuario										





# MIRIAM PESCADOR ROJAS

Fecha de nacimiento: 03 de Abril de 1986

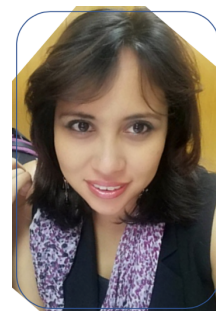
RFC: PERM860403EW0

E-mail: [miriam.pescador@gmail.com](mailto:miriam.pescador@gmail.com)

[mpescadorr@ipn.mx](mailto:mpescadorr@ipn.mx)

cel: 55-18-46-04-24

pagina personal: <http://computacion.cs.cinvestav.mx/~pescador>



## EDUCACIÓN

---

- **Doctorado en Ciencias en Computación** en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Computación 2015 a 2019 (diploma en trámite)  
**Área general de estudio:** diseño de algoritmos evolutivos para optimización multiobjetivo y técnicas de ajuste de parámetros.  
**Tema de tesis:** Adaptation Techniques for Scalarizing Functions used in Decomposition-Based Multi-Objective Evolutionary Algorithms,
- **Maestría en Ciencias en Computación** en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Computación, **Cédula profesional: 7321092**, 2008 a 2010.  
**Área general de estudio:** algoritmos evolutivos para optimización en espacios restringidos y algoritmo de evolución diferencial.  
**Tema de tesis:** Algoritmo Memético para Optimización de Espacios Restringidos
- **Ingeniería en Sistemas Computacionales** en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, **Cédula profesional: 6003945**, 2004 a 2008.  
**Área general de estudio:** Adquisición de datos y modelo tridimensional  
**Trabajo terminal:** Reconstrucción Virtual a partir de un Levantamiento Batimétrico (MATSU) TT 20070020
- **Técnico en Sistemas Digitales** en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No.9 “Juan de Dios Bátiz Paredes” del Instituto Politécnico Nacional, 2001-2004.

## EXPERIENCIA LABORAL

---

- Profesor del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, academia de Ciencias de la Computación, en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, agosto 2010 a la fecha.
- Profesor en la Escuela de Ingenieros Militares, septiembre de 2012 a 2014.
- Impartición de cursos de programación en el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional, 2011-2012.
- Evaluador de reactivos y exámenes en CENEVAL de 2012 a la fecha.
- Prácticas profesionales en consultoría de software, empresa Virtual Business, donde se llevó a cabo tareas como diseño y desarrollo de módulos de un Sistema de Fianzas en Visual .NET 2007 a 2008.

## CURSOS IMPARTIDOS

---

- Análisis y Diseño de Algoritmos, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Algoritmia y Programación Estructurada, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Estructura de Datos, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Programación Orientada a Objetos, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Graphical User Interfaces, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Computer Graphics, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Computational Geometry, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN

- Evolutionary Computing, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Programación con C#, Centro de Investigación en Computación del IPN
- SQL Server Básico, Centro de Investigación en Computación del IPN
- Curso de preparación para Ingreso a la Superior, en la Escuela Superior de Cómputo del IPN
- Compiladores, en Escuela Militar de Ingenieros
- Programación Orientada a Objetos, en Escuela Superior de Ingenieros
- Programación de Controladores Lógicos Programables, Secretaria de Seguridad Pública
- Adobe Illustrator, Secretaria de Seguridad Pública.
- Microsoft Project, Secretaria de Seguridad Pública

## **PROYECTOS DIRIGIDOS**

---

- Sistema de monitoreo cardíaco basado en servicios Web, trabajo terminal No. 2011-0057
- Herramienta de procesamiento digital de micrografías para la medición y conteo de nanopartículas de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), trabajo terminal No. 2011-0038
- Sistema para el diagnóstico de enfermedades y determinación de medicamentos para el consultorio de un médico general, trabajo terminal No. 2011-0073
- Generación y validación de documentos oficiales mediante algoritmos criptográficos haciendo uso de hardware dedicado, trabajo terminal No. 2011-0081
- Software de reconocimiento de imágenes que controla el puntero del mouse mediante gestos manuales usando una cámara web, trabajo terminal No. 2011-0040
- Sistemas de Cirugías Endoscópicas utilizando Realidad Virtual (SiCiEn-RV), trabajo terminal No. 2010-R009
- Simulación del comportamiento de multitudes en casos de siniestro para el estudio de evacuación en la Escuela Superior de Cómputo, trabajo terminal No. 2012-A052
- Plataforma interactiva para sitios de interés cultural mediante códigos QR, trabajo terminal No. 2012-A035
- Reconstrucción de estructuras internas del cuerpo humano a partir de tomografías axiales computarizadas, trabajo terminal No. 2012-A016
- Sistema colaborativo para el apoyo a la enseñanza de la unidad de aprendizaje Computer Graphics, trabajo terminal No. 2012-B049
- Algoritmo evolutivo para la optimización de portafolios de inversión, trabajo terminal No. 2014-B094
- Sistema auxiliar para la elaboración de diagnósticos energéticos en instalaciones eléctricas de iluminación, utilizando dispositivos móviles, trabajo terminal No. 15-1-005
- Selección de características discriminantes en patrones médicos mediante modelos asociativos y algoritmos genéticos, , trabajo terminal No. 15-2-007
- Sistema de reconocimiento y clasificación de ríos y ciudades en imágenes obtenidas por satélites de órbita baja para el beneficio al estudio del cambio climático, trabajo terminal No. 2015-A088
- Framework para la implementación de Interfaz Gráfica de Usuario: GUINOX, trabajo terminal No. 2019-A053
- Herramienta gráfica para la ejecución de procesos de optimización multiobjetivo utilizando algoritmos evolutivos, trabajo terminal No. 2020-A030 – en proceso.
- Aplicación de apoyo para el aprendizaje de batería a nivel básico, trabajo terminal No. 2020-A025 – en proceso.

## **DIPLOMADOS**

---

- Formación y actualización docente para un modelo educativo por competencias, 200 hrs, 2011
- Planeación, Evaluación e Innovación Basadas en Competencias, 240 horas, 2013
- Formación en Competencias Tutoriales Nivel Superior, 250 hrs, 2014

- Salud Sistémica Sustentable, 180 hrs, 2020

## **TALLERES Y CURSOS DE ACTUALIZACIÓN**

---

- Inducción a la docencia en la ESCOM del Instituto Politécnico Nacional, 40 hrs, 2010
- Lenguaje de modelación de realidad virtual, 50 hrs, 2011
- Fundamentos de computación cuántica I, 30 hrs, 2011
- Estrategias de enseñanzas, Universidad la Salle, del 5 al 7 de septiembre 2012
- Lenguaje de modelación de realidad virtual (X3D), 50 hrs, 2014
- Elaboración de reactivos de opción múltiple en plataforma Moodle 2.5, 40 hrs, 2014
- Escuela de Algoritmos de Aproximación, ITAM 12-14 septiembre 2016
- Estructuración de materiales didácticos con herramientas digitales, 50 hrs, 2019
- Introducción al aprendizaje máquina: aprendizaje supervisado, 30 hrs, 2020

## **ACTIVIDADES ACADÉMICAS POR INVITACIÓN**

---

- Validación de reactivos para el examen EXANI desde el año 2011
- Elaboración de reactivos para el examen EGEL de Ciencias Computacionales del CENEVAL desde el año 2012
- Jurado del Evento Académico Rally 2012, ESCOM, el 30, 31 mayo y 1 de junio 2012
- Profesora consejera del XIX Consejo Técnico Consultivo Escolar, octubre 2013 a septiembre 2014
- Jurado del evento de mini robótica de la ESCOM, 11 de junio 2014
- Programa Institucional de Tutorías, 2014, 2015
- Asesor de proyecto en el evento de exposiciones académicas DCIC, 11 junio 2014
- Elaboración de casos prácticos bajo el Acuerdo 286 del CENEVAL desde el año 2017
- Participación del Diseño de la Maestría de Dirección de Mercadotecnia y aplicaciones, 2020 a la fecha  
Diseño de las unidades de aprendizaje:
  - Modelos inteligentes para la predicción de tendencias
  - Análisis e interpretación de datos

## **ASOCIACIONES**

---

- Red de Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos del IPN, 2020
- Red mexicana de mujeres trabajando en Optimización, 2020

## **PONENCIAS**

---

- Una introducción al cómputo evolutivo y algunas de sus aplicaciones en ingeniería, ESCOM, 2 de junio de 2011
- Programación Orientada a Objetos y Fundamentos de Programación, ESCOM, 7 de marzo de 2012
- Algoritmos de optimización basados en inteligencia colectiva, dentro del 1er día virtual de la comunidad de Inteligencia Artificial en CUDI, 18 de junio de 2018
- Algoritmos Evolutivos y Técnicas de Optimización Bio-inspiradas, ESCOM, 1 de junio 2019

## **PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

---

- Investigación bioinformática del mecanismo de BAX con T-BID y BCL-2, clave SIP 20140351
- Investigación In-Sillico del canal HERG1, su mutante HERG1B y el efecto de su hetero tetrámero en células tumorales, clave SIP 20144330
- Algoritmos avanzados para la exploración de espacios de soluciones para múltiples objetivos y aplicaciones, proyecto en Escuela Superior de Matemáticas del IPN, clave SIP 20171446
- Manejo especializado de archivado y representación computacional de soluciones para heurísticas de búsqueda híbrida, proyecto en Escuela Superior de Matemáticas del IPN, clave SIP 20181450
- Métodos computacionales para aproximación de soluciones locales en problemas con dominios de búsqueda complejos, proyecto en Escuela Superior de Matemáticas del IPN, clave SIP 20196444
- Técnicas de machine learning para extrapolación numérica de integrales en múltiples dimensiones, clave SIP 20201079

## ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN MÁS RELEVANTES

---

- **Miriam Pescador-Rojas and Carlos A. Coello-Coello**, A Novel Local Search Mechanism Based on the Reflected Ray Tracing Method Coupled to MOEA/D, 2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI 2016)
- **Miriam Pescador-Rojas, Raquel Hernández Gómez, Elizabeth Montero, Nicolás Rojas-Morales, María-Cristina Riff and Carlos A. Coello Coello**. An Overview of Weighted and Unconstrained Scalarizing Functions, 9th International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization (EMO, 2017)
- **Miriam Pescador-Rojas and Carlos A. Coello Coello**, Collaborative and Adaptive Strategies of Different Scalarizing Functions in MOEA/D, in 2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC'2018), pp. 709--716, IEEE Press, Rio de Janeiro, Brazil, 8-13 July, 2018, ISBN 978-1-5090-6017-7.
- **Miriam Pescador-Rojas and Carlos A. Coello-Coello**, Studying the effect of techniques to generate reference vectors in many-objective optimization, In Proceedings of The Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2018.
- **Miriam Pescador-Rojas and Carlos A. Coello-Coello**, Studying the Effect of Robustness Measures in Offline Parameter Tuning for Estimating the Performance of MOEA/D, IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 2018, ISBN: 978-1-5386-9276-9.
- **Adriana Menchaca-Mendez, Saúl Zapotecas-Martínez, Miriam Pescador Rojas, Luis Miguel García-Velazquez, Carlos A. Coello Coello** Uniform Mixture Design via Evolutionary Multi-Objective Optimization, IEEE Transactions on Cybernetics, (en revisión).
- **Miriam Pescador-Rojas, Raquel Hernández Gómez, Elizabeth Montero, Nicolás Rojas-Morales, María-Cristina Riff and Carlos A. Coello Coello**. A comparative study on variants of the Chebyshev Scalarizing Functions coupled to MOEA/D, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2020, en proceso.

## ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONALES

---

- Universidad Técnica Federico Santa Mara, Chile del 22 de septiembre al 22 de octubre de 2017.  
Investigadoras responsables: María Cristina Riff y Elizabeth Montero.  
Financiamiento: proyectos mixtos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT)
- Universidad Técnica Federico Santa Mara, Chile del 11 de abril al 7 de mayo de 2016.  
Investigadoras responsables: María Cristina Riff y Elizabeth Montero.  
Financiamiento: proyectos mixtos de CONACYT y CONICYT

## PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ACTUALES

---

- Técnicas de machine learning para extrapolación numérica de integrales en múltiples dimensiones, clave SIP 20210741
- Minería de reglas de asociación usando cómputo evolutivo multiobjetivo, 2021
- Estudio del desempeño de variantes de la función Chebyshev y su acoplamiento a algoritmos evolutivos multiobjetivo, 2020-2021
- Análisis multivariable de células tipo B para el diagnóstico en pacientes con SARS-CoV-2.

## PRINCIPALES ÁREAS DE INTERÉS

---

- Técnicas de cómputo evolutivo y algoritmos bio-inspirados.
- Aprendizaje automático mediante modelos quasi-simbólicos.
- Análisis multivariable: componentes principales, factorial.
- Diagnóstico de enfermedades mediante minería de reglas de asociación.

# Curriculum Vitae

## Víctor Adrián Sosa Hernández

---

### Información Personal

Fecha de Nacimiento:	16 de febrero de 1989
Lugar de Nacimiento:	Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México
R.F.C:	SOHV890216N62
CURP:	SOHV890216HDFSRC06
Puesto Actual:	Investigador PostDoc, ITESM CEM, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Computación, Av. Lago de Guadalupe KM 3.5, Margarita Maza de Juárez, 52926 Cd López Mateos, México.
Domicilio Particular:	Norte 75 No. Ext: 375 Colonia Jardín Azpeitia, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02530
Teléfono:	+525586194253 (celular) +525567327308 (casa)
Correo electrónico:	<a href="mailto:vsosa@tec.mx">vsosa@tec.mx</a> , <a href="mailto:vzosa777@gmail.com">vzosa777@gmail.com</a>
Página personal:	<a href="https://sites.google.com/itesm.mx/vasosahdz/">https://sites.google.com/itesm.mx/vasosahdz/</a>

### Educación

#### **DOCTOR EN CIENCIAS EN COMPUTACIÓN (TÍTULO Y CÉDULA)**

**2014-2017**

##### **CINVESTAV-IPN, DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN**

- Área general de estudio: Optimización multi-objetivo utilizando algoritmos evolutivos y técnicas matemáticas de búsqueda local.
- Tema de tesis: Estrategias Meméticas y Evolutivas para el Tratamiento de Problemas de Optimización Multi-objetivo y Dependientes de Parámetros Multi-objetivo.

#### **MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS (TÍTULO Y CÉDULA)**

**2013-2015**

##### **UNIVERSIDAD TECMILENIO CAMPUS FERRERÍA**

- Especialidad: Finanzas.
- Tema de tesis: Diseño e Implementación de un Portafolio de Inversión.

## **MAESTRO EN CIENCIAS EN COMPUTACIÓN (TÍTULO Y CÉDULA)**

**2011-2013**

### **CINVESTAV-IPN, DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN**

- Área general de estudio: Optimización multi-objetivo.
- Tema de tesis: Tratamiento Numérico de Problemas Paramétricos Multi-objetivo y Algoritmos Meméticos Evolutivos.

## **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES (TÍTULO Y CÉDULA)**

**2007-2011**

### **ESCOM-IPN**

- Área general de estudio: Visión por computadora y robótica.

## **TÉCNICO EN PROGRAMACIÓN**

**2004-2007**

### **CECYT #9 JUAN DE DIOS BATIZ, IPN**

- Área general de estudio: Programación

## **Idiomas**

- Español (Nativo)
- Inglés (TOEFL ITP Puntaje: 567)
- Alemán (Básico)

## **Experiencia Profesional**

### **POSDOCTORANTE (APRENDIZAJE AUTOMÁTICO) | AGOSTO 2018-ACTUAL (11 MESES)**

- Participación como posdoctorante dentro del programa de Doctorado en Ciencias Computacionales (DCC) dentro de la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Estado de México.
- Proyecto: Análisis y comparación de las diferentes medidas evaluadoras de divisiones candidatas para la inducción de un árbol de decisión.
- Proyecto: Construcción de una hiper-heurística para la construcción de árboles de decisión considerando las mejores medidas evaluadoras de divisiones candidatas.

### **ANALISTA Y DESARROLLADOR | FREELANCE | ENERO 2016- JUNIO 2018 (2 AÑOS, 5 MESES)**

- Sistema de calidad (Calidad-Contigo) enfocado al registro de defectivos en los lotes de la marca Bonafont de Danone. El sistema incluía la aplicación móvil (Android e iOS) y la Landing page (Web).
- Aplicación móvil para el envío de información de un monitor de signos vitales a un dispositivo móvil para la empresa Medi Core S.A de C.V

### **PONENTE | GRUPO DE INVESTIGACIÓN NEO (NUMERICAL AND EVOLUTIONARY OPTIMIZATION) | 2012-2017 (5 AÑOS)**

- Participación en los diferentes proyectos multidisciplinarios en coordinación con diferentes universidades internacionales. Participación en los talleres como ponente e instructor impartiendo tutoriales de interés general.

## **PROFESOR DE CÁTEDRA| ITESM-CEM | AGOSTO 2017- DICIEMBRE 2018 (1 AÑO, 5 MESES)**

- Participación como docente dentro de la Escuela de Ingeniería y Ciencias en el Departamento de Computación del ITESM-CEM.

## **PROFESOR | UNITEC | MAYO 2016–AGOSTO 2017 (1 AÑO, 3 MESES)**

- Participación como docente en la carrera de ingeniería en sistemas modalidad ejecutiva.

## **SUPERVISOR DE SITIO | COORDINACIÓN DE PROYECTOS VINCULADOS DE LA ESCOM | ENERO 2010- 2011 JULIO (1 AÑO 5 MESES)**

- Participación en el proyecto Bicentenario de la Ciudad de México como supervisor en los centros de monitoreo C2 y C4. Participación en el proyecto Hand-Held de la Secretaría de seguridad pública apoyando en la realización del reporte mensual y supervisión en campo del sistema. Participación en la reingeniería de sistemas y procesos del CERI (Centro de Emergencia y respuesta inmediata) de Ciudad Juárez. Desarrollo de la base de datos para el CERI.

## **Conocimientos/Habilidades**

- Lenguajes de programación: Python, JAVA, C#, C++, C, Visual Basic, JavaScript, MATLAB, R, Prolog y Scheme.
- Frameworks: Xamarin, Apache Cordova, Django.
- Sistemas operativos: Mac OS X, Linux (Debian y Ubuntu), Microsoft Windows.
- Manejo de Blender para la creación de juegos en 3D utilizando el motor Blender Game.
- Manejo de sistemas gestores de base de datos: MySQL, Oracle, PostgreSQL.
- IDE's: Eclipse, NetBeans, R-Studio, PyCharm, Visual Studio.
- Diseño y modelación de bases de datos.
- Desarrollo de aplicaciones WEB (JSP, ASP, Python).
- Planeación y dirección de proyectos vinculados a software y hardware.
- Desarrollo de aplicaciones móviles (Android y iOS) con Java y Objective-C.
- Creación de modelos de optimización numérica aplicada.
- Planeación de proyectos multidisciplinarios (CONACyT).
- Evaluación de proyectos de inversión.
- Creación de portafolios de inversión utilizando activos de renta variable y evaluación de instrumentos de inversión como CETES, bonos, entre otros.
- Diseño de clasificadores basados en árboles de decisión para problemas de dos o más clases.
- Uso de técnicas de aprendizaje automático supervisado.



## Cursos Impartidos

1. Aplicaciones Distribuidas (UNITEC – mayo a agosto 2016).
2. Aplicaciones Distribuidas (UNITEC – septiembre a diciembre 2016).
3. Ingeniería de Software (UNITEC – septiembre a diciembre 2016).
4. Fundamentos y Lógica de Programación (UNITEC – septiembre a diciembre 2016).
5. Diseño Web (UNITEC – septiembre a diciembre 2016).
6. Aplicaciones Distribuidas (UNITEC – enero a abril 2017).
7. Bases de Datos 1 (UNITEC – enero a abril 2017).
8. Curso de preparación para el examen EGEL-ISOFTEC (UNITEC – enero a abril 2017).
9. Desarrollo de Aplicaciones distribuidas (UNITEC – enero a abril 2017).
10. Aplicaciones Distribuidas (UNITEC – mayo a agosto 2017).
11. Metodología Orientada a Objetos (UNITEC – mayo a agosto 2017).
12. Gestión de bases de datos (UNITEC – mayo a agosto 2017).
13. Programación Lógica (UNITEC – mayo a agosto 2017).
14. Fundamentos de Programación (ITESM-CEM – agosto a diciembre 2017).
15. Introducción a la computación (ITESM-CEM – agosto a diciembre 2017).
16. Fundamentos de Ingeniería de Software (ITESM-CEM – agosto a diciembre 2017).
17. Fundamentos de Programación (ITESM-CEM – enero a mayo 2018).
18. Solución de problemas con Programación (ITESM-CEM – enero a mayo 2018).
19. Programación Orientada a Objetos (ITESM-CEM – enero a mayo 2018).
20. Fundamentos de Programación (ITESM-CEM – agosto a diciembre 2018).
21. Introducción a la computación (ITESM-CEM – agosto a diciembre 2018).

## Actividades académicas por invitación

- Elaborador de reactivos para el examen EGEL-ISOFTEC del Ceneval desde el año 2016.
- Elaborador de casos prácticos bajo el Acuerdo 286 del Ceneval desde el año 2017.
- Sinodal evaluador bajo el Acuerdo 286 del Ceneval desde el año 2017.
- Validador de reactivos para el examen EXANI desde el año 2019.

## Talleres y cursos de actualización realizados

- Taller de capacitación para la validación de reactivos EXANI.
- Taller de capacitación para la elaboración de reactivos del EGEL en Ingeniería de Software – EGEL-ISOFTEC.
- Taller de capacitación para la elaboración de casos prácticos para el Acuerdo 286 del Ceneval.
- Taller de capacitación para formar parte del Comité Académico de Capacitación de Sinodales.
- Taller de expertos para la elaboración de reactivos del examen general de egreso de la licenciatura en ingeniería de software.
- Curso de metodología de la investigación (basado en las mejores prácticas del PMBOK).
- Taller de competencias gerenciales.
- Curso para el manejo y configuración de la plataforma tecnológica (Blackboard).
- Curso de elaboración de materiales de evaluación.
- Curso de planeación del proceso de aprendizaje.
- Curso de microenseñanza.
- Curso de estrategias grupales.
- Curso de educación basada en competencias.
- Curso de fundamentos de la práctica docente.

## Publicaciones en revistas internacionales JCR

1. **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Oliver Schütze, Hao Wang, André Deutz, Michael Emmerich. The Set-based hypervolume Newton method for Bi-objective Optimization, IEEE Transactions on Cybernetics, IEEE, 2018. Revista con factor de impacto de 8.803.
2. Adriana Lara, Lourdes Uribe, Sergio Alvarado, **Víctor Adrián Sosa**, Honggang Wang, Oliver Schütze. On the choice of neighborhood sampling to build effective search operators for constrained MOPs, Memetic Computing, Springer, 2018. Revista con factor de impacto de 1.925.
3. Oliver Schütze, **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Günter Rudolph, and Heike Trautmann. The Hypervolume based Directed Search Method for Multi-Objective Optimization Problems. Journal of Heuristics, Springer, 2016, pp 273-300. Revista con factor de impacto de 1.129.

## Publicaciones en libros internacionales (capítulos) con estricto arbitraje

1. **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Adriana Lara, Heike Trautmann, Günter Rudolph, Oliver Schütze. The Directed Search Method for Unconstrained Parameter Dependent Multi-Objective Optimization Problems. NEO 2015, Studies in Computational Intelligence Volume 663, Springer, 2016, pp 281-330.

## Publicaciones en congresos internacionales con estricto arbitraje

1. **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Oliver Schütze, Günter Rudolph, and Heike Trautmann. Directed Search Method for Indicator-Based Multi-Objective Evolutionary Algorithms. Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual conference companion on genetic and evolutionary computation (GECCO) 2013, ACM, Ámsterdam, Holanda, pp 1699-1702.
2. **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Oliver Schütze, Günter Rudolph, and Heike Trautmann. The Directed Search Method for Pareto Front Approximations with Maximum Dominated Hypervolume. EVOLVE - A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation IV Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 227, Springer, 2013, Leiden, Holanda, pp 189-205.
3. **Victor Adrian Sosa Hernandez**, Oliver Schuetze, Michael Emmerich. Hypervolume Maximization via Set Based Newton's Method. EVOLVE - A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation V Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 288, Springer, 2014, Beijing, China, pp 15-28.
4. **Victor Adrian Sosa Hernandez**, Oliver Schuetze, Heike Trautmann, Guenter Rudolph. On the Behavior of Stochastic Local Search Within Parameter Dependent MOPs. Evolutionary Multi-Criterion Optimization (EMO), Lecture Notes in Computer Science Volume 9019, Springer, 2015, Guimares, Portugal, pp 126-140.
5. Saúl Zapotecas Martínez, **Víctor Adrián Sosa Hernández**, Hernán E. Aquirre, Kiyoshi Tanaka, Carlos A. Coello Coello. Using a Family of Curves to Approximate the pareto Front of a Multi.Objective Optimization Problem. Parallel Problem Solving from Nature (PPSN), Lecture Notes in Coputer Science Volume 8672, Springer, 2014, Ljubljana, Slovenia, pp 682-691.

6. Sergio Alvarado, Adriana Lara, **Víctor Sosa**, Oliver Schütze. An effective mutation operator to deal with multi-objective constrained problems: SPM. Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), IEEE, 2016, Ciudad de México, México, pp 1-6. (Artículo de congreso internacional).

## Principales Intereses de Investigación.

- Diseño y desarrollo de algoritmos evolutivos para el tratamiento numérico de problemas de optimización multi-objetivo con restricciones de igualdad.
- Diseño de algoritmos de búsqueda local basados en técnicas de programación matemática e indicadores de desempeño para problemas de optimización multi-objetivo.
- Diseño de algoritmos meméticos (combinación entre algoritmos evolutivos y algoritmos de búsqueda local).
- Estudio de las diferentes funciones evaluadoras de divisiones candidatas para la inducción de árboles de decisión.
- Combinación de técnicas de aprendizaje automático con algoritmos evolutivos para la mejora de su desempeño.
- Diseño de hiper-heurísticas para mejorar el proceso de inducción de un árbol de decisión.

## Participación en congresos y talleres internacionales

- Conferencia internacional EVOLVE 2012 celebrada en la Ciudad de México, México. Participación como asistente al evento.
- Conferencia internacional GECCO 2013 celebrada en Ámsterdam, Holanda. Participación como expositor.
- Conferencia internacional EVOLVE 2013 celebrada en Leiden, Holanda. Participación como expositor.
- Taller internacional NEO 2013 celebrado en Tlalnepantla, México. Participación como expositor.
- Conferencia internacional EVOLVE 2014 celebrada en Pekín, China. Participación como expositor.
- Taller internacional NEO 2014 celebrado en Tlalnepantla, México. Participación como expositor.
- Conferencia internacional EMO 2015 celebrada en Guimares, Portugal. Participación como expositor.
- Taller internacional NEO 2015 celebrado en Tijuana, México. Participación como expositor.
- Conferencia nacional de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones (SMIO) celebrado en Ciudad Madero, Tamaulipas. Participación como expositor.
- Taller internacional NEO 2016 celebrado en Tlalnepantla, México. Participación como expositor y staff.
- Taller internacional NEO 2017 celebrado en Tijuana, México. Participación como expositor.

- Conferencia internacional GECCO 2018 celebrada en Kioto, Japón. Participación como asistente al evento.
- Congreso de Investigación y desarrollo 2019 del ITESM celebrado en Monterrey, México. Participación como expositor.

## **Estancias de investigación internacionales**

- Estancia realizada en la universidad técnica de Dortmund, Alemania. Durante el periodo 07/01/2013 al 06/02/2013.
- Estancia realizada en la universidad técnica de Dortmund, Alemania. Durante el periodo 01/11/2015 al 15/11/2015.
- Estancia realizada en la universidad técnica de Dortmund, Alemania y en la universidad de Múenster, Alemania. Durante el periodo 14/03/2016 al 28/03/2016.

## **Colaboraciones Internacionales**

- Universidad técnica de Dortmund. Profesor Günter Rudolph.
- Universidad de Múenster. Profesora Heike Trautmann.
- Universidad de Leiden. Profesores Michael Emmerich y Andre Deutz.
- Universidad de Granada. Profesor Francisco Herrera.

## **Revisor de revistas y congresos internacionales**

- Revisor del congreso internacional Genetic and Evolutionary Computation (GECCO) de la ACM desde el 2017.
- Revisor de la revista internacional Computación y Sistemas desde el 2018.
- Revisor de la revista internacional Mathematical Problems in Engineering desde el 2018.

## **Dirección de tesis de posgrado**

- Tesis de maestría: An intelligent Evolutionary Algorithm for the Numerical Treatment of Equality Constrained Multi-Objective Optimisation Problems, Jesús Leopoldo Llano García. ITESM-CEM, EIC, Departamento de computación Dirección en conjunto con el Dr. Raúl Monroy Borja (en desarrollo posible fecha de finalización mayo 2020).

## **Convocatorias participando actualmente**

- Convocatoria para el ingreso al sistema nacional de investigadores 2019. Publicación de resultados en octubre 2019.
- Convocatoria para un segundo año de estancia posdoctoral (aceptado).