

Anexo II: Formato para presentación de informes de proyectos de investigación registrados ante Consejo Divisional de la DCNI

Fecha de presentación del informe	16/08/2023
Sesión de Consejo de aprobación	CUA-DCNI-210-21
Clave del proyecto asignada por Consejo Divisional	88 S210-21

1. Título del proyecto:

Optimización multiobjetivo basada en técnicas bioinspiradas asistidas por aprendizaje automático

2. Año a evaluar (por ejemplo 1 de 4):

Informe final

3. Responsable y participantes del proyecto:

Responsable: Abel García Nájera.

Participantes del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas:

Edwin Montes Orozco y Alejandro Lara Caballero.

Participantes externos:

Saúl Zapotecas Martínez (Coordinación de Ciencias Computacionales, INAOE).

Karen Miranda Campos (Departamento de Sistemas de Información y Comunicaciones, UAM Lerma).

Guillermo Falcón Cardona (Escuela de Ingeniería y Ciencias, ITESM).

4. Resumen de avances en el año a evaluar:

Debido a que este proyecto comenzó en agosto de 2021, durante ese año no se tuvo un avance considerable, pues sólo se comenzó con la revisión del estado del arte y con la identificación de las principales dificultades de los problemas de optimización multiobjetivo.

En los dos primeros meses de 2022 se concluyó con la revisión bibliográfica sobre problemas de optimización multi-objetivo reales que se encuentran en diferentes disciplinas de la ingeniería. Esta revisión consideró problemas que contemplan más de dos objetivos a optimizar, con el fin de que sirvan como referencia para los algoritmos que se propondrán. El resultado de esta revisión fueron diez problemas que tienen entre tres y siete objetivos. Estos problemas se propusieron como un *benchmark* y se sometió un artículo a la revista [Engineering Applications of Artificial Intelligence](#), el cual fue aceptado en marzo de 2023.

Por otro lado, en el mismo 2022, se concluyó con el desarrollo de uno de los dos algoritmos que son objetivos de este proyecto. El algoritmo desarrollado utiliza un enfoque de optimización multiobjetivo conocido como basado en indicador. Este enfoque evalúa las potenciales soluciones al problema mediante el indicador de desempeño conocido como hipervolumen o métrica de Lebesgue. Este algoritmo se publicó en la revista [Mathematics](#).

Respecto a la formación de recursos humanos, en 2022 se concluyeron una idónea comunicación de resultados, tres proyectos terminales y un proyecto de servicio social, todos ellos relacionados con este proyecto de investigación. En lo que va de 2023, un alumno de la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas está cursando la UEA Proyecto Terminal III, uno de la Maestría en Ciencias Naturales e Ingeniería está por concluir su Idónea Comunicación de Resultados y dos más de la Licenciatura en Ingeniería en Computación están por terminar su informe de Servicio Social. Estos cuatro alumnos tuvieron un retraso por cuestiones personales.

Con el fin de hacer una evaluación de los resultados parciales del proyecto, del 6 al 8 de octubre de 2022 se organizó el 1er Coloquio del Cuerpo Académico Inteligencia Computacional, el cual tuvo lugar en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Durante el Coloquio, cada participante del proyecto presentó avances individuales y también se discutió el avance general.

Como parte de las actividades de este Coloquio, el 3 y 4 de octubre de 2022 se impartió en línea el taller de divulgación “Te presento a Linux”, el cual se tuvo una participación importante del público en general. De hecho, debido al éxito de este taller, se decidió impartir una segunda versión con el título “Instalación y fundamentos de Linux”, el cual tuvo lugar del 31 de enero al 3 de febrero de 2023.

5. Grado de avance (GA):

Objetivos	GA (%)	Productos	GA (%)
Estudio de problemas multiobjetivo	100	Artículo: Engineering applications of multi-objective evolutionary algorithms: A test suite of box-constrained real-world problems.	100
		ICR: Nuevos enfoques de descomposición para la resolución de problemas con múltiples objetivos.	100
Diseño del algoritmo para problemas de muchos objetivos	100	Artículo: Improved Lebesgue Indicator-Based Evolutionary Algorithm: Reducing Hypervolume Computations.	100
Diseño del algoritmo para problemas con restricciones	100	ICR: Uso de técnicas de aprendizaje de máquina para aproximar la superficie del conjunto de óptimos de Pareto en problemas multi-objetivo.	95
Documentación	100		

6. Formación de recursos humanos:

Proyectos terminales concluidos:

- Felipe Valencia Tapia. Compresión de imágenes digitales mediante algoritmos bioinspirados. Ingeniería en Computación. Asesores: Saúl Zapotecas Martínez y Abel García Nájera.
- Eleazar Zunún Pérez. Ubicación de sensores para detectar contaminantes en redes hidráulicas. Ingeniería en Computación. Asesores: Karen Samara Miranda Campos y Abel García Nájera.
- Levi Joani Sánchez Rivera. Selección de requerimientos para el problema de la siguiente versión. Ingeniería en Computación. Asesor: Abel García Nájera.

Proyectos terminales por concluir:

- Olaf Alejandro González Cariño. Solución de problemas de rutas vehiculares mediante algoritmos de colonia de hormigas. Matemáticas Aplicadas. Asesores: Edwin Montes Orozco y Abel García Nájera.

Idóneas comunicaciones de resultados concluidas:

- José Manuel Ortiz Salazar. Nuevos enfoques de descomposición para la resolución de problemas con múltiples objetivos. Maestría en Ciencias Naturales e Ingeniería. Director: Saúl Zapotecas Martínez. Asesor: Abel García Nájera.

Idóneas comunicaciones de resultados por concluir:

- Iván Yossi Santa María González. Uso de técnicas de aprendizaje de máquina para aproximar la superficie del conjunto de óptimos de Pareto en problemas multi-objetivo. Maestría en Ciencias Naturales e Ingeniería. Director: Saúl Zapotecas Martínez. Asesor: Abel García Nájera.

Servicios sociales concluidos:

- José María Landa Chávez. Apoyo en el desarrollo de módulos computacionales para el diseño y evaluación de algoritmos multiobjetivo bioinspirados. Matemáticas Aplicadas. Asesores: Saúl Zapotecas Martínez y Abel García Nájera.

Servicios sociales por concluir:

- Felipe Valencia Tapia. Apoyo en el desarrollo de módulos computacionales para el diseño y evaluación de algoritmos multiobjetivo bioinspirados. Ingeniería en Computación. Asesores: Saúl Zapotecas Martínez y Abel García Nájera.
- Eleazar Zunún Pérez. Apoyo en el desarrollo de módulos computacionales para el diseño y evaluación de algoritmos multiobjetivo bioinspirados. Matemáticas Aplicadas. Asesores: Karen Samara Miranda Campos y Edwin Montes Orozco.

7. Lista de publicaciones:

- Zapotecas-Martínez, S., García-Nájera, A., and Menchaca-Méndez, A. (2022). *Improved Lebesgue Indicator-Based Evolutionary Algorithm: Reducing Hypervolume Computations*. *Mathematics*, 10(1):19. <https://doi.org/10.3390/math10010019>.

- Zapotecas-Martínez, S., García-Nájera, A., and Menchaca-Méndez, A. (2023). *Engineering applications of multi-objective evolutionary algorithms: A test suite of box-constrained real-world problems*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 123(A):106192. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106192>.

8. Lista de presentaciones en congresos:

Tuvimos un trabajo aceptado en el 2022 IEEE Congress on Evolutionary Computation, que se llevó a cabo en Padua, Italia, del 18 al 23 de julio de 2022, sin embargo, no lo pudimos presentar por falta de recursos:

- Zapotecas-Martínez, S., Armas, Rolando, and García-Nájera, A. *Location of Electric Vehicle Charging Stations: A Multi-Objective Evolutionary Approach*.

No obstante, el trabajo fue ampliado y sometido este año a la revista [Expert Systems with Applications](#) y está en su segunda revisión:

- Zapotecas-Martínez, S., Armas, Rolando, and García-Nájera, A. *A multi-objective evolutionary approach for the electric vehicle charging stations problem*.

El Cuerpo Académico Inteligencia Computacional organizó su 1er Coloquio en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica del 6 al 8 de octubre de 2022. En este evento, se presentaron los siguientes trabajos:

- Guillermo Falcón Cardona. Algoritmos evolutivos multi-objetivo invariantes a la geometría del frente de Pareto.
- Edwin Montes Orozco. Análisis y caracterización de la influencia y robustez en redes complejas mediante el enfoque de la optimización.
- Karen Samara Miranda Campos. Ciudades inteligentes.
- Saúl Zapotecas Martínez. Manejo de restricciones en algoritmos evolutivos multi-objetivo basados en descomposición.
- Abel García Nájera. Inteligencia computacional aplicada al desarrollo de software.

A raíz de este encuentro y como resultado intangible de este proyecto, hay varios trabajos en estudio:

- Ubicación de sensores en redes hidráulicas para identificar fugas y contaminación.
- Programa de Estímulos a la Innovación como una red social.
- Modelos de difusión de información en redes sociales.
- Criterios para el agrupamiento y selección de líderes en redes de sensores.

De hecho, uno de estos estudios tiene un avance tal que ya se sometió un artículo a la revista [Scientometrics](#), indizada en el JCR:

- Montes-Orozco, E., Miranda, K., García-Nájera, A., López-García, J. C. *On the analysis of collaboration networks between industry and academia: The Mexican case of the Innovation Incentive Program*.

9. **Tabla comparativa entre lo establecido en el calendario de actividades y lo alcanzado hasta la entrega del informe anual (incluir únicamente cantidades).**

Producto entregable	Planeado para el periodo de evaluación	Reportado en el periodo
Formación de recursos humanos nivel licenciatura		
Servicio Social	2	1
Proyecto terminal	4	3
Formación de recursos humanos posgrado		
Maestría	1	1
Publicaciones		
Artículos	2	2
Memorias o Proceedings	2	0
Difusión o Divulgación		
Congresos	2	0
Otros: Especificar y proveer detalle del producto		
En 2022 se organizó el 1er Coloquio del Cuerpo Académico Inteligencia Computacional, en donde cinco de los seis participantes de este proyecto presentaron un trabajo relacionado.		

En caso de informe final considerar todos los productos comprometidos en la duración total del proyecto.

10. **Justificación en caso de existir desviaciones en el proyecto.**

En el caso de la formación de recursos humanos, no se alcanzó la meta servicios sociales y proyectos terminales. El alumno de proyecto terminal, los dos alumnos de servicio social tuvieron retrasos por motivos personales. En particular, este retraso se acentuó durante el paro estudiantil. En cuanto a estudiantes de posgrado, a pesar de que se logró la meta, también hay un alumno de maestría que está por concluir.

En cuanto a la participación en congresos, no se logró la meta. En el año 2022 nos aceptaron un trabajo en un congreso internacional, pero no pudimos participar por falta de recursos. En consecuencia, continuamos trabajando en ese estudio para ampliarlo y someterlo a una revista de arbitraje estricto indizada en el JCR. Este año, decidimos no enviar trabajos porque los recursos con los que contamos se van a destinar a la compra de una computadora portátil para uno de los integrantes del Cuerpo Académico.

11. **Atención a observaciones al informe anual previo por parte del Consejo Divisional (cuando aplique).**