

## 10.1 Actividades de colaboración social más relevantes que tiene el programa de posgrado con los sectores de la sociedad

### Doctorado en Ciencias en Computación

Departamento de Computación – CINVESTAV-IPN

PNPC 2021

En nuestro programa de posgrado, las colaboraciones con organismos gubernamentales, instituciones académicas, empresas o asociaciones civiles implican la realización de actividades que pueden ser de diversas índoles:

#### Resolución de problemas científicos o tecnológicos

Este tipo de actividades generalmente se realizan dentro del marco de una de tesis o de un proyecto de investigación que puede estar apoyado económicamente por organismos gubernamentales. En este rubro, podemos citar las actividades concretas de cinco proyectos, financiados por fondos públicos, que tienen incidencia en los sectores de la Salud Pública y de la Educación:

- 1) **Proyecto:** Sistema descentralizado para detectar zonas de riesgo y contacto con personas confirmadas con COVID-19 protegiendo la privacidad de los participantes.

**Sector de incidencia:** Salud

**Descripción:** Se desarrolló una aplicación para teléfonos inteligentes llamada Applacovid que ayuda al rastreo de contactos de personas confirmadas con contagio de COVID-19. La aplicación hace uso de criptografía para generar identificadores efímeros que anonimizan la interacción entre los teléfonos inteligentes con la aplicación instalada protegiendo así la identidad de los usuarios.

**Objetivos:** Desarrollar un sistema descentralizado que notifique a los usuarios sobre contactos cercanos con personas confirmadas con COVID-19 y que sea capaz de detectar zonas de riesgos. El sistema deberá preservar el anonimato de las personas portadoras del virus, así como la privacidad de todos los usuarios del sistema.

**Resultados:** Se desarrolló la aplicación de rastreo de contactos COVID-19 para teléfonos Android y iPhone, se implementó el servidor que comunica a los usuarios de un contacto con una persona confirmada con COVID-19, se realizó una página web que muestra el funcionamiento de la aplicación y muestra mapas de zonas de riesgo. Se realizaron vídeos explicativos del funcionamiento de la aplicación.

**Beneficios:** La aplicación desarrollada puede ser utilizada para facilitar el rastreo de contactos de COVID-19 y así cortar las cadenas de transmisión del virus. La aplicación fue probada en un gran rango de teléfonos inteligentes por lo que su uso por la población en México puede ser masivo. Igualmente puede ser utilizada para proteger comunidades cerrada como hospitales, empresas o campus universitarios.

**Vigencia:** 1 de junio de 2020 al 30 de noviembre de 2020.

**Investigador responsable:** Dr. Francisco Rodríguez Henríquez.

**Participantes del proyecto:** Dra. Brisbane Ovilla Martínez, Dr. Cuauhtémoc Mancillas López (para todos los participantes anteriores: aplicación móvil, servidor de notificaciones, página web y visualizador de zonas de riesgo), Ángel Isaac Rodríguez Cosme, José Abraham Bernal

Gutiérrez, Karla Jocelyn Campos Cruz, Jorge Chávez Saab (para todos los participantes anteriores: implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Apoyo para proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en salud ante la contingencia por COVID-19.

**Monto:** \$1,600,000.00 M.N.

- 2) **Proyecto:** Generación y aplicación de herramientas serológicas, moleculares y rastreo de contactos y movilidad, en 6 hospitales de 3 entidades de México, para el estudio, mitigación y contención de la epidemia de COVID-19.

**Sector de incidencia:** Salud

**Descripción:** Se adaptará la aplicación móvil Applacovid para proteger una comunidad cerrada, específicamente hospitales. Se implementará la forma de certificar a los usuarios que se reporten como positivos a COVID-19, por ejemplo, la certificación del departamento de recursos humanos de dichos hospitales.

**Objetivos:** Poner en funcionamiento la aplicación móvil Applacovid así como el servidor de notificaciones para que funcione al interior de algunos hospitales, de esta manera se rastrear los contactos de un trabajador que de positivo a COVID-19. Esto busca romper las cadenas de contagio dentro de los hospitales.

**Resultados:** En desarrollo.

**Beneficios:** En desarrollo.

**Vigencia:** 1 de octubre del 2020 al 30 de abril del 2022.

**Investigador responsable:** Dr. Francisco Rodríguez Henríquez.

**Participantes del proyecto:** Dra. Brisbane Ovilla Martínez, Dr. Cuauhtémoc Mancillas López (para todos los participantes anteriores: en desarrollo), José Abraham Bernal Gutiérrez, Karla Jocelyn Campos Cruz, Jorge Chávez Saab (para todos los participantes anteriores: implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Fondo Conjunto de cooperación México - Uruguay.

**Monto:** \$15,000.00 USD.

**LGAC:** Sistemas de Cómputo.

- 3) **Proyecto:** Generación y aplicación de herramientas serológicas, moleculares y rastreo de contactos y movilidad, en 6 hospitales de 3 entidades de México, para el estudio, mitigación y contención de la epidemia de COVID-19.

**Sector de incidencia:** Salud

**Descripción:** El sistema de Applacovid será enriquecido con el uso de dispositivos beacons localizados en diferentes puntos dentro de un hospital, mediante los cuales se podrán reconstruir las rutas que una persona contagiada de COVID-19 ha realizado durante ciertos días antes de saberse contagiado. De esta manera se pueden identificar zonas de riesgo y para alertar a no usuarios del sistema.

**Objetivos:** Tener un sistema integrado que por medio de teléfonos inteligentes permita rastrear contactos de COVID-19, y que sea capaz de reconstruir las rutas utilizadas por dicho usuario antes de saberse contagiado. El sistema mantendrá siempre el anonimato de todos los usuarios del sistema.

**Resultados:** En desarrollo.

**Beneficios:** En desarrollo.

**Vigencia:** 1 de octubre del 2020 al 30 de abril del 2022.

**Investigador responsable:** Dr. Francisco Rodríguez Henríquez.

**Participantes del proyecto:** Dra. Brisbane Ovilla Martínez, Dr. Cuauhtémoc Mancillas López (para todos los participantes anteriores: en desarrollo), José Abraham Bernal Gutiérrez, Karla

Jocelyn Campos Cruz, Jorge Chávez Saab (para todos los participantes anteriores: implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Fondo Conjunto de cooperación México - Uruguay.

**Monto:** \$8,000.00 USD.

**LGAC:** Sistemas de Cómputo.

- 4) **Proyecto:** Desarrollo de un chatbot inteligente para asistir el proceso de enseñanza/aprendizaje en temas educativos y tecnológicos.

**Sector de incidencia:** Educación

**Descripción:** Sentar las bases de un nuevo tipo de chatbots aplicados a la educación, adaptables a la personalidad de los alumnos y que ayuden a mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje de profesores y alumnos, con base en un modelo de estilos de aprendizaje.

**Objetivos:** Construir un chatbot inteligente que sirva de intermediario entre el profesor y sus alumnos para reforzar los procesos de enseñanza/aprendizaje.

**Resultados:** Primera versión de un sistema de software que asista a un grupo de alumnos en los procesos de enseñanza/aprendizaje de temas educativos y tecnológicos, dos artículos de revista, dos artículos de conferencia internacional, una patente y un registro de derecho de autor.

**Beneficios:** El chatbot ayudará a los profesores a preparar sus actividades académicas, con base en las características de aprendizaje de cada uno de sus alumnos. Asimismo, el chatbot permitirá a los alumnos expresar sus inquietudes y problemas académicos o personales, utilizando lenguaje natural y les ofrecerá orientación, con base en su tipo de personalidad.

**Vigencia:** 1 de marzo de 2019 al 31 de marzo de 2021.

**Investigador responsable:** Dra. Sonia Guadalupe Mendoza Chapa

**Participantes del proyecto:** Dr. José Guadalupe Rodríguez García (coautor de dos artículos de conferencia y dos artículos de revista), Dr. Amilcar Meneses Viveros (coautor de dos artículos de conferencia y dos artículos de revista), M. en C. Luis Martín Sánchez Adame (coautor de dos artículos de conferencia y dos artículos de revista), M. en C. José Fidel Urquiza Yllescas (coautor de un artículo de revista) e Ing. Víctor Hugo Espinoza Sixtos (implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del CINVESTAV-IPN

**Monto:** \$396,505.00 M.N.

- 5) **Proyecto:** Sistema de información geográfica para escuela digna.

**Sector de incidencia:** Educación

**Descripción:** La clasificación es una tarea del aprendizaje automático que permite asignar una categoría a cada elemento de un conjunto de datos, a partir de un conjunto de elementos cuyas categorías son conocidas. De entre todas las aplicaciones que tiene, podemos utilizarla para clasificar a las regiones geográficas del país de acuerdo al nivel socioeconómico de la población de estas. Sin embargo, la información necesaria para determinar el nivel socioeconómico de una región es proporcionada mediante los censos de población y vivienda que efectúa el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) con una periodicidad de 10 años. En el presente trabajo estudiamos la posibilidad de realizar una clasificación de las regiones de México por nivel socioeconómico, con base en el tipo y la cantidad de unidades económicas que estas posean.

**Objetivos:** Se implementará una metodología basada en algoritmos de inteligencia artificial (IA) con información geoestadística y de las escuelas en México, para determinar su nivel de calidad educativa.

**Resultados:** Fueron probados diversos tipos de algoritmos de clasificación; el modelo creado por un bosque aleatorio es el que otorga la mayor exactitud, con un 70% de regiones correctamente clasificadas para un número de 3 clases.

**Beneficios:** El presente trabajo puede funcionar como un método de consulta, e.g., se pondría información de la escuela, tipo de escuela, grado de marginación, los tres niveles de clasificación que se obtuvieron, el turno, etc. Además, puede servir para la toma de decisiones, para programas como escuela DIGNA, ya que se muestra las escuelas que necesitan más atención.

**Vigencia:** 1 de marzo de 2019 al 31 de marzo de 2021.

**Investigador responsable:** Dr. Sergio Víctor Chapa Vergara.

**Participantes del proyecto:** Sergio Daniel Romero García, Raúl Maximiliano Urrutia Hernández, Erika Hernández Rubio [ESCOM-IPN], Rocío Revilla (para todos los anteriores: diseño e implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del CINVESTAV-IPN

**Monto:** \$300,000.00 M.N.

## Resolución de problemas prácticos

Esta clase de actividades se inscribe en el marco de proyectos con la industria, que buscan solucionar un problema técnico preciso que requiere conocimientos especializados. En este rubro, podemos citar dos proyectos, financiados por empresas privadas, que tienen incidencia en el sector Productivo:

- 1) **Proyecto:** Dr. Industria 4.0: sistema de toma de decisiones (DSS) para la evaluación del grado de respuesta tecnológica en empresas de manufactura avanzada, mercado y agilización de contrataciones.

**Sector de incidencia:** Productivo

**Descripción:** Generación del análisis y detección de errores para el aumento de la funcionalidad, fiabilidad y calidad del software “Doctor Industria 4.0”, el cual consiste en un sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS) para evaluar las empresas de manufactura avanzada respecto a su capacidad tecnológica de respuesta a las necesidades del mercado de manufactura de productos especializados y servicios relacionados, así, como para la asimilación tecnológica de nuevas tendencias para la fabricación de ensamblajes complejos, piezas y refacciones para la industria aeronáutica, automotriz, transporte, telecomunicaciones, y otras.

**Objetivos:** Evaluar la funcionalidad y seguridad para garantizar la confiabilidad del software Dr. Industria 4.0 para la disminución de errores; y proponer mejoras en el proceso de desarrollo del software para la satisfacción del cliente.

**Resultados:** Matrices de pruebas (pruebas de funcionalidad y de estrés), establecer el nivel de calidad aplicando *Six Sigma*, diagrama de Pareto, análisis del modo y efecto de fallas (AMEF), casos de usos específicos, caso de uso general, diagramas de secuencia, maqueta, informe técnico.

**Beneficios:** Para la industria manufacturera automotriz determinar la cadena de suministros que se relacionan con nodos de participación económica. En tal identificación poder cruzar información con los censos económicos del INEGI con la finalidad de realizar estudios para la Secretaría de Economía. De la misma manera con la base de datos de los Tecnológicos de México para planeación de trabajo a sus egresados.

**Vigencia:** 21 de julio de 2017 al 31 de diciembre de 2017.

**Investigador responsable:** Dr. Sergio Víctor Chapa Vergara.

**Participantes del proyecto:** Andrés Giovani Ciani Gutiérrez, Juan Manuel Arriaga Torres, Mayra Ordoñez Páramo, Rodrigo José Méndez Corona, Rocío Revilla Aquino (para todos los anteriores: diseño e implementación del sistema).

**Fuente de financiamiento:** Knowledge and Capital S.A. de C.V.

**Monto:** \$1,530,000.00 M.N.

- 2) **Proyecto:** Desarrollo de aplicaciones computacionales para visión y procesamiento de señales.

**Sector de incidencia:** Productivo

**Descripción:** Se trató de reconocer fallas en productos fabricados mediante visión por computadora. Por otro lado, en el procesamiento de señales, en una aplicación estas eran de tipo auditivo y en otra de tipo de vibraciones. En los proyectos desarrollados se procura reconocer buenos funcionamientos de productos terminados.

**Objetivos:** Reconocer productos terminados que cumplan con estándares de calidad y desechar los que no, en líneas de producción.

**Resultados:** Se programaron los sistemas correspondientes y fueron dispuestos en un servidor central de la fábrica para ser descargados y utilizados en las máquinas fabricantes, éstas últimas, robots de fabricación.

**Beneficios:** Acercamiento entre nuestro centro de investigación y empresas industriales.

**Vigencia:** 1 de diciembre de 2019 al 31 de julio de 2020.

**Investigador responsable:** Dr. Guillermo Benito Morales Luna.

**Participantes del proyecto:** Dr. Luis Gerardo de la Fraga (problemas de visión por computadora) y Dr. Amilcar Meneses Viveros (procesamiento de señales).

**Fuente de financiamiento:** se mantiene en anonimato el nombre de la empresa.

**Monto:** \$450,000.00 M.N.

## Publicación de resultados

En este caso se trata de publicaciones científicas, como artículos de revista, de conferencia y resúmenes en eventos académicos. En este caso, se pueden citar tres trabajos que tienen relación con otras áreas del conocimiento, como la **Física** y la **Físico-Química**:

1. Amilcar Meneses Viveros, Erika Hernández Rubio, Alberto Estrella Cruz, Juan Cipriano Hernández Cortés, *Diagonalización Escalable en CUDA para Matrices Simétricas*. XV Reunión Mexicana de Físicoquímica Teórica 2016. 17-19 de Noviembre 2016. Mérida, Yucatán, México.
2. Luis Fernando Carranza Lira, Carlos Gibran Cortés Castillo, Raúl Amaury Quintero Monsebaiz, Amilcar Meneses Viveros, Alberto Vela Amieva. *Paralelización del algoritmo de Gauss-Legendre para integrales en múltiples dimensiones*. XVI Reunión Mexicana de Físico-Química Teórica. 16 de Noviembre. 2017, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.
3. M. Paredes-López<sup>M</sup>, A. Meneses-Viveros, G. Morales-Luna, “*Algoritmo cuántico de Deutsch y Jozsa en GAMA*”, *Revista Mexicana de Física E*, Vol. 64, No. 2, pp. 181-189, July-December 2018.
4. Quintero-Monsebaiz, R., Meneses-Viveros, A., Carranza, F. et al. Multidimensional adaptative and deterministic integration in CUDA and OpenMP. *J Supercomput* (2021).

## Desarrollo y prueba de sistemas de software

Este tipo de actividades generalmente se inscriben dentro de un proyecto de investigación o de un trabajo de tesis, en el que es necesario colaborar también con otras instituciones de diversos índoles. En nuestro caso, hemos colaborado con laboratorios, escuelas, asociaciones civiles y hospitales en algunos proyectos. En particular, las colaboraciones con escuelas y asociaciones civiles, nos han permitido probar los sistemas de software resultantes de estas tesis directamente en dichas instituciones, con la ayuda y participación de sus miembros. Por otra parte, las colaboraciones con laboratorios y hospitales, nos han permitido obtener datos e información que, de otra manera, serían imposibles de obtener, como estudios de pacientes o bases de datos especializadas.

## Divulgación de la ciencia en foros multidisciplinarios

Tanto investigadores como egresados participan en esta importante actividad mediante cursos, conferencias y seminarios impartidos generalmente a estudiantes y profesores. En particular, tres miembros del Núcleo Académico han participado como conferencistas en foros multidisciplinarios organizados por universidades en diversos estados del país. Estos foros pretenden hacer converger las Ciencias de la Computación con otras áreas del conocimiento como Administración, Arquitectura, Educación, Física, Matemáticas, así como Ingenierías Automotriz, Civil, Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica. Incluso, se impartió una conferencia en las instalaciones de la Agencia Espacial Mexicana. Generalmente, estas pláticas van dirigidas a estudiantes de nivel superior.

1. El Dr. Carlos A. Coello Coello fungió como conferencista magistral en el marco del “*XI Congreso de Ciencias Exactas*” organizado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a través del Centro de Ciencias Básicas, del 20 al 22 de septiembre de 2017.
2. La Dra. Dolores Lara Cueva impartió una charla en el “*Coloquio de Física y Matemáticas*” organizado por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Colima, Colima, México, 8 y 9 de noviembre de 2017.
3. La Dra. Sonia Guadalupe Mendoza Chapa participó como conferencista en el “*3er Congreso Nacional Multidisciplinario de Educación, Ciencia y Tecnología (CONAMTEC)*”, organizado por el Instituto Tecnológico de Pachuca, Pachuca de Soto, Hidalgo, 15 de noviembre de 2017.
4. El Dr. Carlos A. Coello Coello fungió como conferencista magistral dentro del “*Coloquio de Investigación de egresados y alumnos de los posgrados de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería*” organizado por la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Ciudad de México, el 25 de abril del 2018.
5. El Dr. Carlos A. Coello Coello fue ponente invitado en el “*Seminario Doctoral del Doctorado en Ingeniería*” organizado por Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Qro., el 3 de mayo de 2018.
6. El Dr. Carlos A. Coello Coello fue ponente invitado en el “*IX Congreso Nacional y III Internacional de Administración: Retos y Perspectivas ante la Globalización*” organizado por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Tlahuelipan, Hidalgo, el 8 de noviembre de 2018.

7. El Dr. Carlos A. Coello Coello impartió una conferencia en las instalaciones de la *Agencia Espacial Mexicana* como parte del programa “*Seminarios de Divulgación*” de la Coordinación General de Formación de Capital Humano en el Campo Espacial, Ciudad de México, 22 de agosto de 2019.
8. El Dr. Carlos A. Coello Coello impartió una conferencia magistral en el “*XIII Simposio Internacional de Investigación de Sistemas Constructivos, Computacionales y Arquitectónicos*” organizada por la Universidad Juárez del Estado de Durango. Este evento se realizaría en Gómez Palacio, Durango, pero debido a la crisis del COVID-19, se llevó a cabo de forma virtual el 12 de noviembre del 2020.
9. El Dr. Carlos A. Coello Coello fungió como ponente en el “*Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica, Electrónica y Automotriz*”, organizado por el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Morelos y el Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos de Morelos A.C. Este evento se realizaría en Morelos, pero debido a la crisis del COVID-19, se llevó a cabo de forma virtual del 16 al 21 de noviembre del 2020.

### **Movilidad académica**

En el Departamento de Computación solemos aceptar alumnos de otras instituciones en los cursos que se imparten en nuestros programas de posgrado. Así, hemos recibido alumnos de otros departamentos de CINVESTAV-IPN, así como también alumnos inscritos en otras instituciones académicas. Recientemente, hemos aceptado, en algunos de nuestros cursos, alumnos de los programas de posgrado del Departamento de Matemáticas de CINVESTAV-IPN y de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional.

De la misma manera, nuestros estudiantes han acreditado materias de otros programas de posgrado. Los requisitos para poder hacerlo son: 1) tener un convenio con la institución que imparte el posgrado y 2) tener la autorización de cada uno de los miembros del Colegio de Profesores para cursar la materia. Recientemente, dos de nuestros estudiantes tomaron cada uno un curso en los programas de posgrado ofrecidos por el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo y el Centro de Investigación en Computación, ambos pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional.