

# **Plataforma Avanzada de Comunicaciones para Redes de mini-UAV (drones) Aplicadas a la Prevención, Control y Reacción Rápida en Situaciones de Emergencia.**

*Presenta:*

**Dr. Ulises Pineda Rico**, responsable del proyecto,  
Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (FC-UASLP).

*Financiado y Apoyado por:*

**Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Fondo de Apoyo a la Investigación (FAI-UASLP) y el Departamento de Innovación Tecnológica** del Municipio de San Luis Potosí

## **Descripción General del Proyecto**

Los vehículos aéreos no tripulados o robots aéreos (denominados comúnmente por su acrónimo en Inglés UAV por unmaned aerial vehicle, o simplemente drones) permiten el desarrollo autónomo o semiautónomo de diferentes tipos de misiones que cubren sectores que van desde la seguridad hasta la agricultura o el medio ambiente. El interés en su desarrollo, tanto a nivel de centros de investigación como de otros sectores de usuarios potenciales (protección civil y de prevención de riesgos) ha ido en aumento en los últimos años. A lo anterior se suma la creciente presencia de sistemas comerciales que permiten considerar a los mini UAV (mUAV) dentro de la categoría de COTS (components off-the-shelf, componentes comerciales y de fácil acceso).

Dentro de estas tendencias, se persigue extender las capacidades individuales de los mUAVs, aplicando conceptos propios de las plataformas de comunicaciones para redes de sensores que propician los entornos de Internet of Things (IoT, red de objetos cotidianos interconectados por medio de Internet). De este modo, el concepto de “enjambre” (flotilla) de mUAVs permite abordar problemas que serían casi imposibles para un solo mUAV, como lograr redundancia (comunicaciones, carga útil, etc.) o extender el tiempo de presencia sobre un objeto de interés en la misión. Los estudios realizados sobre enjambres mUAV incluyen desde la forma de lograr conexiones eficientes entre la base y el enjambre (usando redes como WiMax, LTE o WiFi) a las técnicas de auto-organización del mismo. Estas técnicas también conllevan un importante flujo de información y por ende, requisitos adicionales de posicionamiento. Como el caso de entornos exteriores e interiores, donde recursos como el GPS carecen de precisión debido a las condiciones ambientales.

En nuestro país, siniestros como las explosiones dentro o fuera de edificios o fábricas lamentablemente se han convertido en algo común. Sin orden cronológico, recordemos el incidente que ocurrió en la Torre Ejecutiva de PEMEX, donde aparte de fuego y humo, personas afectadas permanecieron mucho tiempo sin recibir auxilio. Asimismo, el accidente de los contenedores de gas en el Estado de México, el cual dejó tras de sí un escenario lleno de explosiones, fugas de gas, así como personas atrapadas debido a los derrumbes causados por el acontecimiento.

Para resolver lo anterior se recurre a las organizaciones o brigadas de auxilio que por lo general se encuentran expuestos a emisiones tóxicas causadas por gases y humos liberados durante el proceso de rescate. Aunado al hecho que en muchas ocasiones el desconocimiento de las causas de tal accidente propicia su agravamiento y posible pérdida de control causando aún más daño del presupuestado.

Analicemos el caso mostrado en la Figura 1: un siniestro ha ocurrido dentro de una nave industrial y los accesos están limitados; la incursión de un elemento de la brigada de bomberos a la nave puede implicar riesgos de salud a su persona ya que él desconoce qué fue lo que propició el accidente. Asimismo, el tiempo juega un factor importantísimo. Como se desconoce qué pasará cuando el humo o gases liberados entren en contacto con la atmósfera así como la velocidad de expansión del siniestro; cada segundo contará en los procesos de evacuación de las zonas aledañas al desastre. De manera que para evitar pérdidas humanas y controlar el impacto ecológico a la brevedad posible; se concluye que una solución al problema es el uso de un enjambre de mUAVs el cual puede acceder a las instalaciones sin riesgo para el personal de rescate. Una vez dentro, si uno cae o pierde comunicación con el resto, otro lo reemplaza sin comprometer la coordinación y

comunicación mutua y hacia la base, ofreciendo así valiosa información a los cuerpos de rescate y/o control de siniestros para su eventual manejo. De este modo, no hay víctimas humanas por parte de las brigadas de rescate y se mitigaron los efectos del siniestro.



**Figura 1.** Al ocurrir un siniestro, los mUAVs entran al recinto con una ruta preestablecida acorde a los procedimientos de seguridad civil, se organizan entre sí y comienzan a enviar información valiosa a los cuerpos de rescate mediante sus bloques de sensores y comunicaciones.

En conclusión, los campos de aplicación en los que se utilizan los enjambres de mUAVs son muy variados, pero uno de los más significativos y en los que se centra este proyecto, es el que corresponde a las situaciones de emergencia producidas por catástrofes medioambientales, incendios y/o aquellos casos en que las condiciones orográficas no permiten una adecuada cobertura de las redes de comunicaciones convencionales (por ejemplo en barrancos u hondonadas, que presentan zonas de sombra en las redes móviles o inalámbricas) y es necesario prestar asistencia sanitaria o de personal de emergencias.

### Objetivo General

Diseñar y desarrollar una plataforma de comunicaciones avanzada para un despliegue planificado y de pronta respuesta de una red de múltiples mUAVs de bajo costo (categoría COTS) para realizar experimentos en dos tipos de escenarios: protección ante desastres y seguridad civil. De manera que en dicha plataforma podamos implementar algoritmos (previamente diseñados por nosotros) de comunicaciones para la operación de un enjambre de mUAVs (con capacidad de reconfiguración autónoma) adaptable a los actuales sistemas de vigilancia y control en situaciones de emergencia en tareas de protección civil o de prevención como lo son: localización de puntos de fuego en interiores, búsqueda de personas en derrumbes, detección de escapes, fuga de gases tóxicos, fuentes de vertidos en naves industriales, entre otros.

### Oferta de Temas de Tesis

El proyecto Plataforma Avanzada de Comunicaciones para Redes de mini-UAV Aplicadas a la Prevención, Control y Reacción Rápida en Situaciones de Emergencia; contempla la integración de un **equipo de investigación y desarrollo** conformado por estudiantes de maestría, los cuales desarrollarán e implementarán **7 temas** individuales de interés afines al proyecto, los cuales enlistamos como sigue:

- A. En el caso de **mini-UAVs** orientados a situaciones de emergencia y protección civil:
  1. Gestión de Red de Comunicaciones para mini-UAVs.
  2. Control de Guiado en interiores y Exteriores para mini-UAVs.
  3. Algoritmos Avanzados de Comunicaciones para mini-UAVs.
  4. Redes Cooperativas entre mini-UAVs o Infraestructura a mini-UAVs.
  5. Redes de formación multi-haz para minimizar la interferencia en redes UAVs.
- B. **Otros** temas de interés (no cerrado a ellos)
  6. Algoritmos Avanzados de Precodificación y Detección para Sistemas LTE y/o LTE Advanced.
  7. Campaña de mediciones de bandas libres de espectro electromagnético.

En cada uno de los temas, se contará con la colaboración (en calidad de co-asesores) en temas específicos con los siguientes investigadores locales y foráneos:

- **Dr. Enrique Stevens Navarro**, FC-UASLP.
- **Dr. Marco Aurelio Cárdenas Juárez**, FC-UASLP.

- **Dr. Armando Arce Casas**, FC-UASLP.
- **Dr. José Martín Luna Rivera**, FC-UASLP.
- **Dr. Omar Montaña Rivas**, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, UPSLP.
- **Dr. Rafael Pérez Jiménez**, Instituto para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Comunicaciones, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria (IDeTIC-ULPGC), España.



**Figura 2.** Instituciones vinculadas directamente al proyecto.

Así como el financiamiento, respaldo académico y logística adecuados para desarrollar en tiempo y forma las metas de la Plataforma Avanzada de Comunicaciones para Redes de mini-UAV Aplicadas a la Prevención, Control y Reacción Rápida en Situaciones de Emergencia.

### Requerimientos y Compromiso hacia el Estudiante

Se espera del **interesado**:

- Gusto por la **Programación** e implementación en **Hardware**.
- Perfil **indistinto** (Telecomunicaciones, Análisis y Proc. de Señales, Bio-electrónica)
- Visión, paciencia y **pasión** por la investigación
- **Responsabilidad, honor, lealtad** así como actitud de **servicio** a México en materia de protección civil.
- ¡Muchas **gananas** de trabajar!

De **nuestra parte** ponemos en la mesa:

- Los **Medios** necesarios para desarrollar las metas propuestas: espacio de trabajo, apoyos para movilidad, congresos, literatura, equipo, etc. relacionados al proyecto.
- **Atención, honestidad y colaboración** académica: reconocimiento en publicación de resultados en patentes, artículos científicos y/o revistas de circulación nacional e internacional.
- Los temas de **tesis**, están programados a concluirse en un lapso de un año. Permitiendo así, la graduación del estudiante **en tiempo** y forma.

### Resultados Esperados

Este proyecto tiene una clara vocación de innovación aplicada, y por tanto sus resultados son transferibles de forma directa a empresas, instituciones públicas, gubernamentales o a aquellas donde el prototipo final sea de interés para sus agentes implicados en tareas de protección civil (bomberos, personal sanitario, seguridad y vigilancia), servicios como la localización de puntos de fuego en interiores, búsqueda de personas en derrumbes o generación de redes donde la cobertura de redes de radio convencionales sea inadecuada o insuficiente. Adicionalmente, con la correcta articulación del sector gubernamental, empresarial y académico; los resultados de este proyecto tendrán una repercusión inmediata en las tareas de rescate y protección civil por parte de las brigadas correspondientes.

En el mismo sentido, la sociedad contará con instituciones de protección civil mejor equipadas para atender las contingencias de esta índole, de una manera rápida y efectiva. Por lo que la apropiación social del conocimiento es viable en el corto plazo.

### Información Adicional

Para mayores detalles acerca de los temas de tesis, es de gran utilidad contactarme y/o consultar lo siguiente:

[http://galia.fc.uaslp.mx/~u\\_pineda/index.htm](http://galia.fc.uaslp.mx/~u_pineda/index.htm)

<http://pulsoslp.com.mx/2014/04/13/proteccion-civil-se-apoyaria-en-drones/>

<http://www.oem.com.mx/elsoldesanluis/notas/n3358226.htm>

<https://es-es.facebook.com/pages/Uaslp-Ciencias-Ing-Telecomunicaciones/182480611786778>



## Tema # 2: Estudio de implementación de técnicas de radio cognitivo en redes de UAVs.

Asesor: Dr. Ulises Pineda Rico, Co-Asesor: Dr. Marco Aurelio Cárdenas J.

Esta investigación es parte del proyecto: “Plataforma Avanzada de Comunicaciones para Redes de mini-UAVs (drones) Aplicadas a la Prevención, Control y Reacción Rápida en Situaciones de Emergencia”, financiado y apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Fondo de Apoyo a la Investigación (FAI-UASLP) y el Departamento de Innovación Tecnológica del Ayuntamiento de San Luis Potosí. El objetivo de este proyecto es investigar la aplicación de técnicas de radio cognitivo a misiones coordinadas de vehículos aéreos no tripulados (UAVs, por sus siglas en inglés). Se estudiará la posible implementación de radios definidos por software que utilizan técnicas cognitivas para optimizar los enlaces de radio entre UAVs de acuerdo a los requerimientos de la misión. En esta investigación se contempla un escenario en el que un grupo coordinado de UAVs está en búsqueda de ciertos objetivos. Cada UAV tiene su propio enlace descendente hacia una estación terrena para la transmisión de los datos del objetivo. Asimismo, se asume que los vehículos aéreos no tripulados también son capaces de compartir información a través de su propia red de radio ad hoc. Los enlaces descendentes operan con radios cognitivos que intentan ajustar algunos de sus parámetros de funcionamiento (potencia de transmisión, índice y tipo de modulación, frecuencia de operación, velocidad de datos, etc.) como sea necesario para mantener una calidad de enlace aceptable dadas algunas restricciones operacionales, como la energía de la batería disponible. En condiciones ideales cada UAV es capaz de bajar a tierra su propia información del objetivo en tiempo real sin necesidad de recurrir a otra aeronave. Sin embargo, cuando un UAV con información de alto valor sobre un objetivo es incapaz de mantener la calidad de servicio requerida en su propio enlace descendente, entonces puede ser capaz de cooperar con otra aeronave para llevar la información objetivo a la estación terrena. Por lo tanto, el problema se puede dividir en un problema de radio canal y un problema de enrutamiento. Esta investigación se centra en el problema del radio canal. Se investigará la capacidad de radios cognitivo usando la plataforma “Cognitive Radio Experimental Evaluation Platform” (CREEP) usando GNU Radio/Universal Software Radio Peripheral (USRP) para satisfacer las necesidades de los vehículos aéreos no tripulados de interés. En dicha plataforma se realizarán pruebas con distintos esquemas de modulación PSK y QAM, en un rango definido de frecuencias.

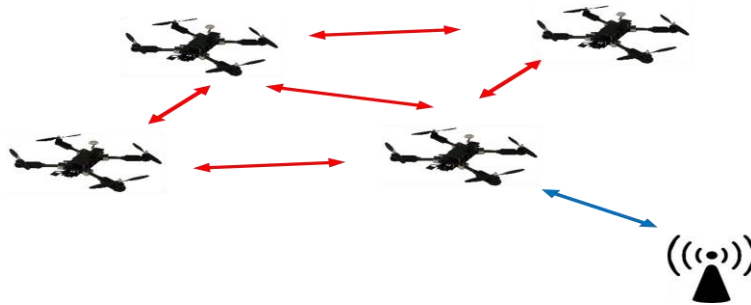


Figura 2. Configuración de una red de UAVs.

El proyecto requerirá conocimientos de procesamiento de señales, estimación y detección, probabilidad, programación y simulación y emulación de sistemas de comunicaciones. Por lo tanto, **el perfil del estudiante puede ser de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones, bio-electrónica, análisis y procesamiento de señales, telemática, etc.** Cursos sugeridos en 3er semestre: modelado y simulación en las telecomunicaciones y/o comunicaciones digitales y/o comunicaciones inalámbricas.

### Referencias

[1] I. F. Akyildiz, W.-Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, “NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey,” *Computer Networks (Elsevier)*, vol. 50, no. 13, pp. 2127-2159, September 2006.

[2] S. Kandeepan, K. Gomez, T. Rasheed, and L. Reynaud, “Energy Efficient Cooperative Strategies in Hybrid Aerial-Terrestrial Networks for Emergencies,” in Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2011.