

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN  
Unidad Tamaulipas  
**Protocolo de tesis**

Título: Estrategias para la exploración coordinada multi-VANT

Candidato: Luis Alberto Ballado Aradias

Asesor de Tesis: Dr. José Gabriel Ramirez Torres

Co-Asesor de Tesis: Dr. Eduardo Rodriguez Tello

3 de julio de 2023

**Resumen**

La exploración es un problema fundamental de la robótica móvil autónoma que consiste en utilizar un robot para obtener información de un entorno desconocido, a través de sus sensores, con el objetivo de generar un mapa que lo represente. Por motivos de eficiencia y robustez la exploración suele llevarse a cabo con más de un robot, en este caso el problema se conoce como el de exploración multi-robot.

Uno de los principales aspectos de la exploración es determinar a que lugares los robots deben moverse para obtener información del entorno. Para esto se suele primero identificar dichos lugares, conocidos como objetivos de exploración, para luego asignar los objetivos identificados a los robots. Cuando se utiliza más de un robot es deseable que la asignación de objetivos se lleve a cabo siguiendo una estrategia de coordinación para evitar que los robots exploren los mismos lugares o que se obstaculicen entre sí.

Los entornos estructurados como edificios, hogares y otras construcciones humanas son entornos que pueden dividirse en segmentos, como habitaciones y corredores. En este tipo de entornos una posible estrategia de coordinación es la de llevar a cabo la exploración maximizando la distribución de los robots sobre los segmentos.

Los comportamientos reactivos se han estudiado desde los años 80's con las propuestas de diferentes tipos de arquitecturas que hasta hoy en día son modelos base para la construcción de un robot como su arquitectura en tres etapas Reactiva, Deliverativa y diseño de un camino. Podemos llevar estos tipos de comportamientos para las etapas de planificadores locales.

Palabras claves: multi-Vant, coordinación multi-agent, 3D mapping, 3D Path finding

## **1. Datos Generales**

### **1.1. Título de proyecto**

Estrategias para la exploración coordinada multi-VANT

## 1.2. Datos del alumno

Nombre: Luis Alberto Ballado Aradias  
Dirección: <Una línea>  
<otra línea>  
Teléfono (casa): 833 2126651  
Teléfono (lugar de trabajo): <tel>  
Dirección electrónica: luis.ballado@cinvestav.mx  
URL: luis.madlab.mx

## 1.3. Institución

Nombre: CINVESTAV-IPN  
Departamento: Unidad Tamaulipas  
Dirección: Km 5.5 carretera Cd. Victoria - Soto la Marina.  
Parque Científico y Tecnológico TECNOTAM,  
Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.P. 87130  
Teléfono: (+52) (834) 107 0220

## 1.4. Beca de tesis

Institución otorgante: CONACYT  
Tipo de beca: Maestría Nacional  
Vigencia: Septiembre 2022 - Agosto 2024

## 1.5. Datos del asesor

Nombre: Dr. José Gabriel Ramirez Torres  
Dirección: Km. 5.5 carretera Cd. Victoria - Soto la Marina  
Parque Científico y Tecnológico TECNOTAM  
Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.P. 87130  
Teléfono (oficina): (+52) (834) 107 0220 Ext.  
Institución: CINVESTAV-IPN  
Departamento adscripción: Unidad Tamaulipas  
Grado académico: Doctorado

Nombre: Dr. Eduardo Rodriguez Tello  
Dirección: Km. 5.5 carretera Cd. Victoria - Soto la Marina  
Parque Científico y Tecnológico TECNOTAM  
Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.P. 87130  
Teléfono (oficina): (+52) (834) 107 0220 Ext.  
Institución: CINVESTAV-IPN  
Departamento adscripción: Unidad Tamaulipas  
Grado académico: Doctorado

## 2. Descripción del proyecto

Generación de una arquitectura descentralizada capaz de coordinar la exploración en entornos desconocidos, capaces de mapear el area al mismo tiempo que exploran el area.

### 2.1. Antecedentes y motivación para el proyecto

A raíz de la alta demanda de vehiculos aereos no tripulados, los precios de estos han sufrido una caída de precio haciendo accesible la adquisición para fines científicos capaces de dotarles de sensores a bordo del dron y probar diferentes tipos de teorías de control (Mencionar paper de pendulo inverso en un dron), convirtiendo los problemas típicos de control 2D como pendulo inverso

fijo .. a un ambiente 3D, teniendo más variables a controlar y tomar en cuenta.

El despliegue rapido de robots en situaciones de riesgo, búsqueda y rescate ha sido un área que ha sido ampliamente estudiada en la robotica movil. Donde se han aplicado teorías de grafos para la optención óptima de la mejor ruta. Los comportamientos reactivos son primordiales si pensamos en un agente autonomo. Esa percepción que podemos tener los seres humanos para reaccionar a ciertos retos. Buscar la manera de crear una arquitectura tolerante a fallas y capaz de coordinar multiples vehiculos aereos no trupulados a medida que incrementa o disminuye la oferta de drones disponibles

### 3. Planteamiento del problema

Para poder desplazarse en un ambiente desconocido lo primero es explorar el area y a medida que se obtiene información del espacio se puden calcular las rutas mas cortas o ciertas características que nos ayuden a conocer donde estoy dentro de un ambiente desconocido. Estudios en robotica movil por mas de 25 años han demostrado que la teoria de grafos ha aydado mucho al area ya que se representaba como grafos planos y ahora al tener el agente robot en el aire, el problema se vuelve 3D.

### 4. Objetivos generales y específicos del proyecto

#### General

Los objetivos generales para dotar a un agente de autonomia

- Evitar colisiones: El objetivo primordial es garantizar que los drones eviten colisiones entre sí y con otros objetos en su entorno. La coordinación adecuada asegura que los drones mantengan una distancia segura y sigan rutas que minimicen el riesgo de colisión.
- Eficiencia y rendimiento: La coordinación de múltiples drones busca optimizar la eficiencia y el rendimiento del sistema en su conjunto. Esto implica asignar tareas de manera óptima entre los drones, minimizar los tiempos de espera y los tiempos de respuesta, y maximizar la capacidad de realizar tareas en paralelo.
- Cumplimiento de objetivos: Los drones pueden tener objetivos específicos a cumplir, como la recolección de datos, la entrega de paquetes o la vigilancia de áreas. La coordinación tiene como objetivo garantizar que cada dron contribuya de manera efectiva al logro de los objetivos generales, sin redundancia ni superposición de tareas.
- Distribucion equitativa de tareas: Si los drones tienen capacidades o limitaciones diferentes, como la duración de la batería o la capacidad de carga, se busca una distribución equitativa de la carga de trabajo entre los drones. Esto asegura que todos los drones contribuyan de manera equilibrada y evita la sobrecarga de algunos drones mientras otros están subutilizados.
- Comunicación y sincronización: La coordinación requiere una comunicación efectiva entre los drones para intercambiar información y sincronizar sus acciones. El objetivo es establecer una comunicación confiable y eficiente que permita la transmisión de datos relevantes y las instrucciones necesarias para la coordinación.
- Adaptabilidad y flexibilidad: Los objetivos de la coordinación pueden cambiar en función de las circunstancias y las necesidades. La coordinación de múltiples drones debe ser adaptable y flexible para ajustarse a cambios en el entorno, nuevos objetivos o la incorporación o salida de drones del sistema.

## **Particulares**

1. Formación y patrones de vuelo
2. Tolerante a fallas de comunicación
3. Colaboración en tareas complejas

## **5. Metodología**

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

## **6. Cronograma de actividades (plan de trabajo)**

⟨calendarizar por cuatrimestre⟩

## **7. Estado del arte**

- Planificador de trayectorias
- Arquitectura de robots coordinados
- Percepcion de información 3D a partir de sistemas de vision por computadora

## **8. Contribuciones o resultados esperados**

⟨introducir esta parte⟩

Se espera entregar:

1. Códigos a disposición de la comunidad
2. Simulación de solución
3. Prototipo de solución
4. Tesis impresa.

## **9. Referencias**

Fecha de inicio

Fecha de terminación

Septiembre de 2002

Agosto de 2003

Firma del alumno: \_\_\_\_\_

Comité de aprobación del tema de tesis

Dr. Guillermo Morales Luna

\_\_\_\_\_

Dr. Oscar Olmedo Aguirre

\_\_\_\_\_

Dr. Francisco Rodríguez Henríquez

\_\_\_\_\_