

Prototipo de Enjambre de Robots Móviles

Trabajo Terminal No. ____ - ____ - ____

*Alumno: *Ochoa Rosales Jahaziel Isaac, **Cipriano Damián Sebastián, ***Hernández Pacheco Cesar Iván*

Directores: García Ortega Víctor Hugo, Oliva Moreno Luz Noe

*e-mail: *jochoar1500@ipn.mx, **scipriano1800@alumno.ipn.mx, ***cesarito054@hotmail.com*

Resumen - El Enjambre de robots es un grupo de robots con control descentralizado que son bioinspirados por grupos de animales en la naturaleza. En este protocolo de trabajo terminal se propone un desarrollo de un prototipo de enjambre de robots móviles usando un sistema embebido para ejecutar el algoritmo cooperativo usando los sensores adecuados con el fin de entender cómo se comportan y las aplicaciones que se les puede dar en la vida real.

Palabras Clave - Academia de Sistemas Digitales¹, Algoritmos Cooperativos, Autómatas Celulares, Enjambre de Robots, Sistemas Embebidos.

1. Introducción

¿Pueden 20 albañiles edificar una casa sin un maestro de obras, pueden 45 profesores cambiar el plan de estudios de toda una carrera sin tener un consenso definido, 80 reporteros editar un periódico sin un director? Los humanos parecemos requerir algún tipo de control central para construir algo sensato o servicial o eficiente [1]. Las termitas, en cambio, fabrican sus ciudades —esos túmulos casi mil veces mayores que su cuerpo— sin necesidad de planos, arquitectos ni jefes de obra: solo con comunicación local [2]. “Creemos que los humanos son los mejores diseñadores, pero esto no es realmente cierto”, dice Singh et al. [3].

Los sistemas computacionales que implican el uso de un solo robot para que operar dentro de un determinado entorno con el fin de realizar determinadas tareas, se han ido dejando de lado para incorporar sistemas que involucren una gran cantidad de robots simples y pequeños, con el fin de minimizar costos, optimizar la ejecución de tareas, contar con un sistema tolerante a fallas, flexible y fácilmente escalable. Este tipo de sistemas robóticos se le conoce como enjambres de robots ([4], [5], [6]). Los enjambres tienen un gran potencial para resolver problemas como lo son: control de tráfico, formaciones en movimiento, exploración, mapeo, búsqueda y rescate, simulación de escenarios y comportamientos biológicos, planificación de rutas, entre muchos otros [5], [7], [8].

La miniaturización y el costo son factores clave en la robótica de enjambres. Estas son las limitaciones en la construcción de grandes grupos de robots [9]; por lo tanto, se debe enfatizar la simplicidad del miembro individual del equipo. Esto debería motivar un enfoque inteligente de enjambre para lograr un comportamiento significativo a nivel de enjambre, en lugar de a nivel individual. Muchas investigaciones se han dirigido a este objetivo de simplicidad a nivel de robot individual. Ser capaz de utilizar hardware real en la investigación de Enjambres de Robots en lugar de simulaciones permite a los investigadores encontrar y resolver muchos más problemas y ampliar el alcance de los enjambres. Por lo tanto, el desarrollo de robots simples para la investigación de inteligencia de enjambres es un aspecto muy importante del campo. Los puntos principales incluyen mantener bajo el costo de los robots individuales para permitir la escalabilidad, haciendo que cada miembro del enjambre requiera menos recursos y sea más eficiente en términos de energía. Un componente clave es la comunicación entre los miembros del grupo que construye un sistema de retroalimentación constante. El comportamiento del enjambre implica un cambio constante de individuos en cooperación con otros, así como el comportamiento de todo el grupo.

1.1. Estado del Arte

1.1.1. Trabajos externos al país

Uno de estos sistemas de enjambre es el Sistema Robótico LIBOT [10] que involucra un robot de bajo costo construido para robótica de enjambre al aire con un comportamiento autónomo basado en una brújula digital y

¹ Esta no es una palabra clave sin embargo la colocamos para ubicar la academia que pertenece este protocolo.

un módulo GPS junto con un módulo transceptor y puede comunicarse con otros robots y una estación base. Uso el protocolo ZigBee para su comunicación entre diferentes robots del enjambre.

Otro intento de este tipo es el micro robot (Colias) [11], construido en el Laboratorio de Inteligencia Informática de la Universidad de Lincoln, Reino Unido. Este micro robot está construido sobre un chasis circular de 4 cm y es una plataforma abierta y de bajo costo para su uso en una variedad de aplicaciones de enjambres de robots. Colias utiliza dos microcontroladores AVR integrados en paralelo, utiliza dos enlaces diferentes entre sus procesadores: paralelo y de serie. En el enlace paralelo, ambos procesadores se pueden definir como un maestro o esclavo. En la comunicación en serie, el robot tiene tres enlaces diferentes, a saber, RS-232, I2C y SPI (serie Interfaz periférica). Utiliza 2 micromotores de CC que emplean engranajes directos y dos ruedas con un diámetro de 2,2 cm accionan Colias con una velocidad máxima de 35 cm / s. La configuración básica de las Colias usa solo IR sensores de proximidad para evitar obstáculos y la colisión con los otros robots, y un sensor de luz para leer la luz ambiental. En experimentos con varios robots, los robots deben tener un medio de comunicación para compartir su información y hacer una decisión colectiva. La comunicación inalámbrica se usa principalmente cuando se logra un escenario con robots móviles. Los experimentos en el escenario del enjambre (BEECLUST) son realizado con robots de 5 , 10 , 15 , 20.

La doctora Rebeca Solís del Instituto Tecnológico de Costa Rica en [12] nos presenta el enjambre COFA compuesto de 5 robots programado mediante un algoritmo cooperativo de detección de feromonas CAFRM, este se implementó mediante un sensor de luz y leds, cuando se quería indicar una feromona atrayente mandaba una luz verde y cuando era una feromona repelente mandaba una luz roja así los robots del enjambre sabían hacia dónde dirigirse. Está compuesto por un microcontrolador Pro Trinket 5V, un sensor de color TCS34725, leds NeoPíxeles Forá y 4 motores Mini RC Quadcopter colocados en una base circular de 5 cm aproximadamente.

1.1.2. Trabajos dentro del Instituto Politécnico Nacional

En [13] , se describe la aproximación inicial para la implementación de comportamiento colectivo no trivial en organismos artificiales, empleando como caso de estudio el autómata celular “La hormiga de Langton”, por lo que se implementan reglas propias derivadas de este autómata en los robots para explorar y validar el comportamiento esperado de auto organización que presenta la función de Langton. El prototipo final mide 4x 4.5 cm y cuenta con un microcontrolador, 2 sensores QRE1113, 2 motores de vibración, batería de 3.3 V y un led RGB. Con ello se ensambla una colonia de robots de bajo costo y se concluyó la presencia de comportamiento colectivo no trivial en la adaptación de la regla clásica implementada en la colonia de antBots.

Por otro lado, [14] se propone utilizar un mecanismo de ciberseguridad de inspiración biológica en un enjambre de robots. La solución se basa en una analogía de la capacidad del sistema inmune adaptativo de discriminar entre antígenos (propios y extraños) basándose únicamente en su densidad y persistencia en el medio ambiente. Por lo que, el mecanismo propuesto, es capaz de simular esta discriminación enfocándose en comportamientos (normales y anormales), con lo que se logra establecer una respuesta y tolerancia, específicamente hacia los comportamientos anormales, que se caracterizan por no ser ni persistentes ni abundantes. Se simula un enjambre de robots compuesto por 20 robots e-puck situados en un entorno con un tamaño de 3 × 3 m². El robot e-puck tiene un diámetro de 7.0 cm, una velocidad máxima de 15 cm/s, y un ciclo de control de 0.1 seg.

1.1.3. Trabajos en otras instituciones del país

La UNAM, la AEM y el CONACyT desarrollan el sistema Colmena, de acuerdo con [15] su misión es demostrar la factibilidad de construir estructuras sobre superficies planetarias, utilizando enjambres de robots autoorganizados. La carga útil comprende un módulo de comando, telemetría y despliegue, que es producido por LINX y que es transportado por el módulo lunar Peregrine de la empresa Astrobotics.

Los robots cuentan con sensores de corrientes y voltajes, que pueden ayudar a caracterizar el blanketing de los paneles solares e, indirectamente, la dinámica y movilidad del polvo muy cerca de la superficie, donde se podría esperar una exósfera de granos nanométricos con trayectorias parabólicas. Los efectos serán aún más

interesantes en la superficie del panel inferior, a solo 1 cm de la superficie, donde la densidad de regolito puede ser hasta 9 órdenes de magnitud mayor que en la parte superior del robot y los coatings para repulsión serán ineficientes debido a que solo reciben muy poca luz por reflexión.

Software	LIBOT	Colias	antBot	Colmena	Cofas	Producto
Forma De Comunicación	Protocolo Zigbee	Sensores IR	Mediante marcas en el piso	Sensores de luz y leds siendo huellas o marcas digitales	No lo menciona	Se decidirá dentro del protocolo
Microcontrolador	ATmega162	ATMRGA-168 y ATMEGA 644 en paralelo	MSP430g255	Pro Trinket 5V	Diseñado por el equipo	Microcontrolador adecuado
Algoritmo De Enjambre	Optimización por colonia de hormigas (ACO) y optimización por enjambre de partículas (PSO)	Algoritmo de agregación por enjambre BEECLUST	Optimización por colonia de hormigas (ACO), Regla de Langton	Camino aleatorio (CA) y Camino aleatorio para la búsqueda de un objetivo usando feromonas repelentes (CAFRS)	No lo menciona	Se probarán los diferentes algoritmos y se decidirá el mejor
Algoritmo De Navegación	Mediante un GPS y compas digital para encontrar la ubicación aparte de girar	Algoritmo de agregación por enjambre BEECLUST	Optimización por colonia de hormigas (ACO), Regla de Langton	Comunicación de un objetivo usando feromonas atrayentes (COFAS)	No lo menciona	Se probarán los diferentes algoritmos y se decidirá el mejor
Estructura	Robot móvil sobre un chasis de 4cm circular con micromotores abajo y sensores arriba.	Robot móvil sobre Base circular de 4.5 cm de diámetro con micromotores y sensores.	Robot móvil sobre una base de 4.5cmx4cm con dos mores a los costados y sensores arriba.	Robots móviles de 1.5X0.7X0.2 pulgadas con micromotores y sensores	Robots circulares de diámetro 5cm con ruedas	Se decidirá dentro del protocolo

2. Objetivo

2.1. General

Implementar un prototipo de enjambre de robots a bajo costo utilizando un algoritmo cooperativo y de inteligencia de enjambre para administrar su funcionamiento.

2.2. Particulares

- Implementar un algoritmo de enjambre para robots con un lenguaje de programación de alto nivel.
- Desarrollar los prototipos de robots para implementar el algoritmo anteriormente mencionado utilizando un sistema embebido.
- Desarrollar un sistema embebido para manipular los robots usando una unidad de procesamiento y sensores adecuados para el algoritmo de enjambre.

3. Justificación

Los sistemas computacionales que involucran el uso de un robot individual para que se opere dentro de un determinado ambiente con el fin de llevar a cabo ciertas tareas, han buscado adaptarse a sistemas que involucren una gran cantidad de robots simples y pequeños, con el fin de minimizar costos, optimizar la ejecución de tareas, tener un sistema tolerable a fallos, que sea flexible y fácilmente escalable. A este tipo de sistemas robóticos se les conoce como enjambres de robots que son un nuevo enfoque para la coordinación de grandes cantidades de robots simples.

La mayoría de los sistemas son caros, son muy pocos los prototipos cuyos componentes son económicos, gran parte de los estudiantes de ingeniería no tiene la posibilidad de adquirir estos componentes así que hay que desarrollar prototipos más accesibles que sean igual de útiles como lo son los de mayor precio.

La solución tecnológica que proponemos pretende realizar prototipos de robots que es una combinación integrada de un conjunto de software y hardware de bajo costo, haciendo un sistema embebido para manipular los robots con una unidad de procesamiento y de esta manera facilitar la implementación de un algoritmo de enjambre comparado con modelos de comportamiento colectivo observados en la naturaleza, por ejemplo, en hormigas, abejas y pájaros.

4. Producto o Resultados esperados

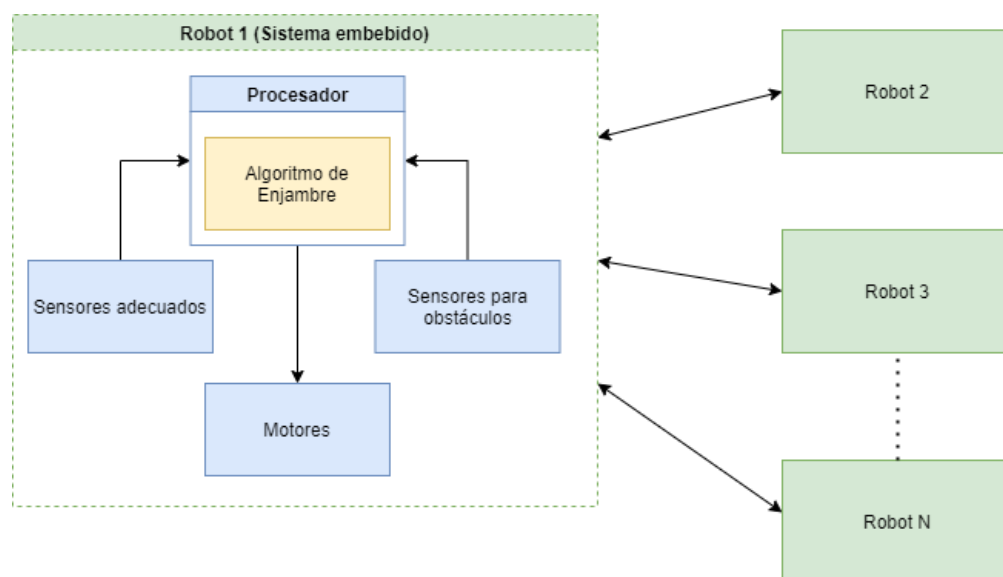


Figura 1: Diagrama a bloques del producto esperado

1. Sistema embebido para manipular los robots utilizando una unidad de procesamiento y sensores adecuados para el algoritmo de enjambre
2. Algoritmo de enjambre para realizar pruebas con los robots con lenguaje de programación de alto nivel.
3. Prototipos de robots para implementar el algoritmo de enjambre utilizando un sistema embebido.

5. Metodología

Debido a que este proyecto utiliza elementos de hardware y de software, es necesario utilizar una metodología que permita utilizar ambos, por esta razón es que se decidió utilizar el modelo en V.

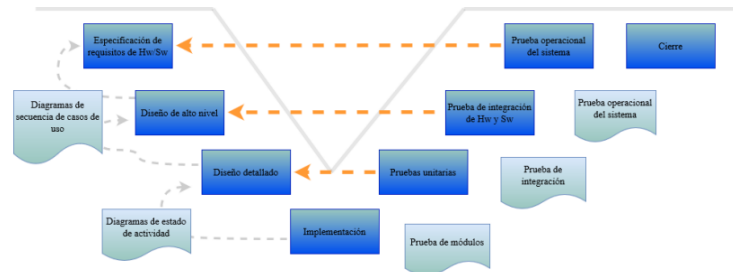


Figura 2: Modelo en V para sistemas embebidos [16].

Especificación de requisitos Hardware/Software: Definición y documentación de requisitos del sistema, tipos de los algoritmos que el sistema procesará, requisitos funcionales, no funcionales y selección de componentes.

Diseño de alto nivel: Creación de diagramas esquemáticos para el hardware, así como diagramas de descripción del sistema para el software, para una visión general del sistema.

Diseño detallado: Consiste en agregar información específica de las partes del sistema descritas en el esquemático y diagramas de descripción del sistema para su mejor comprensión.

implementación: Fase de realización del diseño detallado (armado de los circuitos y programación de los algoritmos).

Pruebas unitarias: En esta fase se verifican los módulos de hardware y software de forma independiente, comprobando su adecuado funcionamiento de acuerdo con los requerimientos, al final, debe reportarse el resultado de cada prueba.

Prueba de integración Hardware/Software: Fase de integración de los distintos módulos que forman el sistema. Tal como en el caso anterior, debe reportarse la prueba general; se debe comprobar el funcionamiento correcto de todo el sistema. También se debe comprobar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

Prueba operacional del sistema: Realización de las últimas pruebas, anotando una vez más las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

6. Cronograma

6.1 Robots en enjambre

Alumno: Ochoa Rosales Jahaziel Isaac

Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Investigación de robots en enjambre	X	X									
Análisis de robots en enjambre		X	X								

[illegible]

6.2 Algoritmos para robots

Alumno: Cipriano Damián Sebastián

[illegible]

Documentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

7. Referencias

- [1] G. Hirt, L. Ramos, M. Adriaenssens y M. Á. Flores, «Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante,» de *Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante*, McGraw-Hill Interamericana, 2004, pp. 251-252.
- [2] S. Perkins, «Science,» Scienceshots, 19 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.science.org/content/article/these-termite-mounds-are-so-big-you-can-see-them-space>. [Último acceso: 31 Octubre 2021].
- [3] K. Singh, B. P. Muljadi, A. Q. Raeini, C. Jost, V. Vandeginste, M. J. Blunt, G. Theraulaz y P. Degond, «The architectural design of smart ventilation and drainage systems in termite nests,» *ScienceAdvances*, vol. 5, n° 3, p. 3, 2019.
- [4] G. Dudek, M. Jenkin, E. Milios y D. Wilkes, «A taxonomy for swarm,» de *Intelligent Robots and Systems '93*, IEEE, 1993, pp. 441-447.
- [5] A. J. Sharkey y N. Sharkey, «Advances in applied artificial intelligence,» de *The Application of Swarm Intelligence to Collective Robots*, Sheffield, IGI Global, 2006, p. 157.
- [6] Y. Tan y Z.-y. Zheng, «Research Advance in Swarm Robotics,» *Derenc Technology*, vol. 9, n° 1, pp. 18-39, 2013.
- [7] Y. Mohan y P. G. Ponnambalam, «An Extensive Review of Research in Swarm Robotics,» de *World Congress on Nature & Biologically Inspired Computin*, NaBIC 2009, IEEE, 2009, pp. 140-145.
- [8] L. L. Grant y G. K. Venayagamoorth, «Swarm Intelligence for Collective Robotic Search,» de *Design and Control of Intelligent Robotic Systems*, Berlin, Springer Link, 2009, pp. 22-47.
- [9] M. L. S. Tortosa, *Agentes y Enjambres artificiales: modelado y comportamientos para sistemas de enjambre robóticos*, Dpto. de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Alicante, 2013.
- [10] E. M. H. Zahugi, A. M. Shabani y T. V. Prasad, «Libot: Design of a low cost mobile robot for outdoor swarm robotics,» de *2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, Bangkok, IEEE, 2012, pp. 342-347.
- [11] F. Arvin, J. C. Murray, L. Shi, C. Zhang y S. Yue, «Development of an autonomous micro robot for swarm robotics,» de *2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Tianjin, IEEE, 2014, pp. 635-640.
- [12] R. S. Ortega, Algoritmo cooperativo con enjambres de robots para la exploración de una zona y comunicación de una ruta hacia un objetivo, Escuela de Ingeniería en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica: Tesis de Maestría, 2016.
- [13] D. De Felipe Vargas y C. M. Sánchez Salazar, *Comportamiento colectivo no trivial implementado en robots de bajo costo: el caso de "La hormiga de Langton"*, trabajo terminal, Escuela Superior de Cómputo: IPN, 2017.

- [14] A. H. Herrera, «Repositorio Dspace Robótica de enjambre y su esquema de seguridad bio,» 4 Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/26681>. [Último acceso: 1 Noviembre 2021].
- [15] G. M. Tanco, «LINX,» INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES, UNAM, [En línea]. Available: <http://epistemia.nucleares.unam.mx/web?name=linx&page=56>. [Último acceso: 1 Noviembre 2021].
- [16] M. Á. Chávez Ramírez, D. A. Martínez Rendón y L. R. Torres Medina, *Sistema embebido para monitoreo remoto de signos vitales*, Escuela Superior de Computo.
- [17] R. López de Mántaras, «El futuro de la IA: hacia inteligencias artificiales realmente inteligentes,» de *¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente*, Madrid, BBVA, 2018.

8.-Alumnos y directores

Jahaziel Isaac Ochoa Rosales. - Alumno de la carrera Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta 2019630181, Tel. 5554558706, email: jochoar1500@ipn.mx.

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.

Firma: _____

Sebastián Cipriano Damián. - Alumno de la carrera Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta 2019630004, Tel. 7471445040, email: scipriano1800@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Cesar Iván Hernández Pacheco. - Alumno de la carrera Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta 2019630353, Tel. 5543863282, email: cesarito054@hotmail.com

Firma: _____

Víctor Hugo García Ortega. - Ing. en Sistemas Computacionales egresado de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional (IPN-1999). Maestría en Ingeniería de Cómputo con especialidad en Sistemas Digitales en el Centro de Investigación en Computación del IPN (2006). Actualmente es profesor Titular en la Escuela Superior de Cómputo del IPN trabajando en el área de Sistemas embebidos, Arquitectura de Computadoras y Procesamiento Digital de Imágenes y Señales. e-mail: vgarciaortega@yahoo.com.mx, vgarciao@ipn.mx.

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.

Firma: _____


Luz Noe Oliva Moreno. - Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (1995-2000). Maestría en Ciencias con especialidad en ingeniería Eléctrica en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (2000-2003). Doctorado en Ciencias con especialidad en ingeniería Eléctrica en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (2004- 2008). Actualmente, es profesor Titular en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Hidalgo (UPIIH) del IPN trabajando en el área de Sistemas Embebidos, Procesamiento Digital de señales y robótica email: loliva@ipn.mx

Firma: _____





Anexos

Acuse de estudiantes:

Invitación para trabajar en el protocolo



Sebastian Cipriano
 Mar 09/11/2021 05:07 PM
 Para: Jahaziel Isaac Ochoa Rosales


Yo Sebastián Cipriano Damián con número de boleta 2019630004 estoy de acuerdo en trabajar contigo en el protocolo titulado "Prototipo de enjambre de robots móviles" y doy el visto bueno al documento.

...





¿Las sugerencias anteriores son útiles? Sí No

[Responder](#) | [Reenviar](#)

① Parte del contenido de este mensaje fue bloqueado porque el remitente no está en la lista de remitentes seguros. [Confío en el contenido de cesaritoos54@hotmail.com.](#) | [Mostrar contenido bloqueado](#)



Cesaritoo Hernandez <cesaritoos54@hotmail.com>
 Mar 09/11/2021 04:38 PM
 Para: Jahaziel Isaac Ochoa Rosales







Yo Cesar Iván Hernández Pacheco con número de Boleta 2019630353 acepto trabajar en el protocolo titulado "Prototipo de Enjambre de Robots" y estoy de acuerdo con el documento anexado.





...

☐ Libre de virus. www.avg.com

① Parte del contenido de este mensaje fue bloqueado porque el remitente no está en la lista de remitentes seguros. [Confío en el contenido de jochoar1500@alumno.ipr.mx.](#) | [Mostrar contenido bloqueado](#)




Jahaziel Isaac Ochoa Rosales
 Mar 09/11/2021 04:27 PM
 Para: Sebastian Cipriano: cesaritoos54@hotmail.com
 CC: Cesar Ivan Hernandez Pacheco

Prototipo de Enjambre d...
390 KB

Yo Jahaziel Isaac Ochoa Rosales con número de Boleta 2019630181 los invito a trabajar en conjunto, el protocolo titulado "Prototipo de Enjambre de Robots Móviles" además anexo el documento del protocolo para su revisión y aceptación, que tengan un buen día


Directores:



Invitación para trabajar en el protocolo de Enajmbre de Robots Móviles

Victor Hugo Garcia Ortega • Profesor e Investigador en ESCOM - IPN

Ver perfil



Victor Garcia <vgarciaortega@yahoo.com.mx>

Mar 09/11/2021 06:17 PM

Para: Jahaziel Isaac Ochoa Rosales

Estoy de acuerdo en fungir como director de este Trabajo Terminal.


M. en C. Victor Hugo Garcia Ortega
Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo
Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Academia de Sistemas Digitales
Tel. (52)55 57296000 ext. 52064

...

Gracias.

Muchas gracias.


Gracias por responder.



¿Las sugerencias anteriores son utiles? Si No

Responder

Reenviar



Jahaziel Isaac Ochoa Rosales

Buenas tardes, estimados profesores soy Jahaziel Isaac Ochoa Rosales con número de boleta 2019630181 y les envié este correo para hacerles la invitación para qué fugan como directores e...

Mar 09/11/2021 04:41 PM

Invitación para trabajar en el protocolo Prototipo de Enjambre de Robots Móviles

 **Luz Noe Oliva Moreno**
Mar 09/11/2021 05:25 PM

Para: Jahaziel Isaac Ochoa Rosales

CC: Victor Hugo Garcia Ortega: vgarciaortega; Sebastian Cipriano: Cesar Ivan Hernandez Pacheco: cesarito054@hotmail.com

Acepto dirigir el trabajo terminal y doy el visto bueno al protocolo.

Saludos
Dr. Luz Noe Oliva Moreno
Profesor de SEPI-UIIHH-IPN

[Responder](#) | [Responder a todos](#) | [Reenviar](#)

El 9 nov. 2021 4:41 PM, Jahaziel Isaac Ochoa Rosales <jchochar1500@alumno.ipn.mx> escribió:
Buenas tardes, estimados profesores soy Jahaziel Isaac Ochoa Rosales con número de boleta 2019630181 y les envío este correo para hacerles la invitación para qué fugan como directores en el protocolo titulado "Prototipo de Enjambre de Robots Móviles" y además anexo el documento del protocolo para su aprobación, buen día.