

Proyecto Ojo de Halcón

Premios y Reconocimientos

Año 2022

- Tercer puesto en Concurso Nacional de Innovación INNOVAR 2022 – Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de la Nación.

Año 2021

- Reconocimiento del Senado de la Nación – Ministro de Defensa Jorge Taiana y Senador Adolfo Rodríguez Saa.

Año 2020

- Segundo puesto en concurso “Inter-Chapter Paper Competition 2020” IEEE-IES - Singapur

Año 2019

- Tercer puesto Concurso de Innovación Xi 2019 – SVTS Universidad Nacional de San Luis.
- Seleccionado para la muestra en Concurso Nacional de Innovación INNOVAR 2019 – Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de la Nación.

Publicaciones Internacionales

Año 2021

- C. Catuogno, G. Catuogno, J. Bosso, G. Garcia "**Autonomous, open source, low-cost and long-range solar plane for monitoring environmental phenomena**" IX International Conference on Sustainable Development (ICSD2021), New York, September 20-21, 2021

Año 2020

- C. Catuogno, G. Catuogno, G. Garcia "**Autonomous long-range Solar Plane for Connectivity to Remote Areas and/or Natural Disaster**" VIII International Conference on Sustainable Development (ICSD2020), New York, September 21-22, 2020
[https://www.researchgate.net/publication/344351691 AUTONOMOUS LONG-RANGE SOLAR PLANE FOR CONNECTIVITY TO REMOTE AREAS A NDOR NATURAL DISASTER](https://www.researchgate.net/publication/344351691_AUTONOMOUS_LONG-RANGE_SOLAR_PLANE_FOR_CONNECTIVITY_TO_REMOTE AREAS ANDOR NATURAL DISASTER)

Publicaciones Nacionales

Año 2018

- C. Catuogno, I. Blanco and G. Catuogno, "**Aero-Freno Regenerativo en Planeador a Radio Control**", in the Proceedings of the 2018 IEEE ARGENCON conference, to be held in San Miguel de Tucumán, Argentina, on June 6 - 8.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8646079>

Año 2019

- C. Catuogno, G. Catuogno, "**Estudio e Implementación de Motorización Solar en Planeador RC**", XVIII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC2019). 18 al 20 de septiembre de 2019, Bahía Blanca, Buenos Aires.
[https://www.researchgate.net/publication/336085788 Estudio e I mplementacion de Motorizacion Solar en Planeador RC](https://www.researchgate.net/publication/336085788_Estudio_e_I mplementacion_de_Motorizacion_Solar_en_Planeador_RC)

Año 2020

- C. Catuogno, G. Catuogno, J. Bosso, G. Garcia, "**Ensayos en Motorización Solar de Planeador RC con Supercapacitores**". - AADECA 2020 - Buenos Aires, Argentina. 28-30 de octubre 2020
[https://www.researchgate.net/publication/346734520 Ensayos en Motorizacion Solar de Planeador RC con Supercapacitores](https://www.researchgate.net/publication/346734520_Ensayos_en_Motorizacion_Solar_de_Planeador_RC_con_Supercapacitores)

- C. Catuogno, G. Catuogno, J. Bosso, “**Ensayos en Aviones Radiocontrolados con Propulsión 100% Solar**” V Congreso Bienal de la Sección Argentina del IEEE. 1-4 de diciembre 2020. (ARGENCON 2020)
VIDEO <https://ieeexplore.ieee.org/document/9505319/>
- C. Catuogno, G. Catuogno, J. Bosso, “**Ensayo de Sistema de Generación de Emergencia para Vehículos Aéreos No Tripulados VANTs**” V Congreso Bienal de la Sección Argentina del IEEE. 1-4 de diciembre 2020. (ARGENCON 2020)
VIDEO <https://ieeexplore.ieee.org/document/9505380/>

Año 2021

- C. Catuogno, G. Catuogno, D. de Yong, F. Magnago, J. Bosso, G. Garcia “**Predicción de corrientes térmicas para vuelo de drones autónomos con Inteligencia Artificial**”, XIX Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC2021). 3 al 5 de noviembre de 2021, San Juan. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9648483>

Año 2022

- C. Catuogno, G. Catuogno, J. Bosso, G. Garcia “**Sistema de seguimiento de antena dual para UAV**” ARGENCON 2022 - VI IEEE Bienal Congreso de Argentina - Septiembre 7 al 9, 2022. San Juan.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
Las Malvinas son argentinas

Anexo

Número:

Referencia: Anexo I - Proyectos ganadores “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022”

Anexo I - Proyectos ganadores “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022”

Categoría Producto Innovador

ID	Título del Proyecto	Premio
23627	Superbarbijos sistemas nanocompuestos activos para barbijos de uso social Titular: Lucía Famá CUIL/CIUT: 27-25431350-0	\$800.000
23711	Antígeno RBD potenciado para diagnóstico y vacuna contra SARS-COV-2 de bajo costo y alta escalabilidad Titular: Cecilia D`Alessio CUIL/CIUT: 23-20574041-4	\$800.000
23072	Prenova. Losas sin vigas, alivianadas con esferas y discos Titular: Ricardo Levington CUIL/CIUT: 20-08632584-6	\$600.000

23394	Bomba de Rio Titular: Lucas Zanovello CUIL/CIUT: 20-32324687-5	\$600.000
23671	Grafito aeroeutéctico, su uso como electrodos en pilas de Li Titular: Alicia Roviglione CUIL/CIUT: 27-6354559-2	\$400.000
22742	Pegatino Titular: Diana Guerrero CUIL/CIUT: 27-36052341-7	\$400.000

Categoría Investigación Aplicada

ID	Título del Proyecto	Premio
22681	Proceso de extracción de Li desde espodumeno mediante fluoración por vía seca Titular: Gustavo Daniel Rosales CUIL/CIUT: 20-31812438-9	\$800.000.-
23419	Contra viento y marea: HB11 para mejorar el rendimiento de maíz Titular: Jesica Raineri CUIL/CIUT: 27-32221566-0	\$800.000.-
23476	NanofibrAs - Filtro para arsénico	\$600.000.-

	Titular: Nicolás Torasso CUIL/CUIT: 20-37339805-6	
23293	ANAMOT: Analizador de motores Titular: Matías Meira CUIL/CUIT: 20-37031133-2	\$600.000.-
22814	Péptido antimicrobiano Titular: Mariana Bistoletti CUIL/CUIT: 27-30379215-0	\$400.000.-
22895	Monitoreo satelital de floraciones algales nocivas Titular: Andrea Drozd CUIL/CUIT: 27-25642954-9	\$400.000.-

Categoría Innovaciones en el Agro

ID	Título del Proyecto	Premio
23265	Ocuweed - Pulverización Selectiva utilizando Inteligencia Artificial Titular: Fermín Cajen CUIL/CUIT: 30-71583636-6	\$800.000.-
23096	PREVEN-Vir bovinos: prevenir infecciones que demanden antibióticos Titular: Alejandra Victoria Capozzo CUIL/CUIT: 23-20646484-4	\$800.000.-

23684	AgroSMART Titular: Federico Figueredo CUIL/CIUT: 20-31624169-8	\$600.000.-
23118	e-Mat Titular: Leandro Barbieri CUIL/CIUT: 20-30880944-8	\$600.000.-
23037	AflaBIO-Plus Titular: María Silvina Alaniz Zanon CUIL/CIUT: 27-33359026-9	\$400.000.-
23127	Agroconsultas Titular: Ramiro Carretero CUIL/CIUT: 30-71411030-2	\$400.000.-

Categoría Diseño Industrial

ID	Título del Proyecto	Premio
22912	SiloPapa Titular: Germán Villar CUIL/CIUT: 20-28765235-7	\$800.000.-
22716	Kamarán Titular: Walter Sidler CUIL/CIUT: 24-26986471-7	\$800.000.-

23602	Recubrimiento Alto Impacto xRe Accionar Titular: Leonardo Rothpflug CUIL/CIUT: 20-38991532-8	\$600.000.-
23278	BICICLETA ELECTRICA MULTIPROPOSITO Titular: Hugo Alberto Loureiro Fernandez CUIL/CIUT: 20-93713445-3	\$600.000.-
23717	Fábrica de Bichos Glumix Titular: Melisa Klassen CUIL/CIUT: 27-29198908-5	\$400.000.-
22775	ACC(ESI)BLE Titular: Andrea Roxana Wengrowicz CUIL/CIUT: 27-22364906-3	\$400.000.-

Categoría Robótica / Inteligencia Artificial

ID	Título del Proyecto	Premio
23241	Sistema de Control Inteligente Distribuido para el problema del pico de consumo eléctrico a mediana y gran escala Titular: Adrián Will CUIL/CIUT: 20-18168175-7	\$800.000.-

23259	DIOXI Titular: Betzabet Morero CUIL/CIUT: 27-30901522-9	\$800.000.-
23050	Más Agua Limpia Más vida Titular: Miguel Alejandro Rodríguez CUIL/CIUT: 23-2059771-3	\$600.000.-
23263	Terran - Plataforma Autónoma Agrícola Multipropósito Titular: Fermín Cajen CUIL/CIUT: 30-71583636-6	\$600.000.-
22664	RAT ROBOT ARGENTINO TELEOPERADO Titular: Emanuel Slawiński CUIL/CIUT: 20-24929341-6	\$400.000.-
23046	Proyecto Ojo de Halcon Sustentable Titular: Carlos Gustavo Catuogno CUIL/CIUT: 20-23390563-2	\$400.000.-

Categoría Innovaciones en las Universidades

ID	Título del Proyecto	Premio
22892	Simulador Ferroviario Titular: Jorge Golfieri	\$450.000.-

	CUIL/CUIT: 20-14056864-4	
23709	Estación de monitoreo y control del aire para interiores Titular: Maximiliano Benchimol CUIL/CUIT: 20-35135821-2	\$450.000.-
23310	VISION dispositivo de estimulación visual Titular: Juan José Boscariol CUIL/CUIT: 20-16756386-5	\$450.000.-
23167	kickr - Rodado para Bikepolo Titular: Maximiliano Carosella CUIL/CUIT: 20-37058454-1	\$450.000.-
23231	Proyecto Focus Titular: Franco Petrilli CUIL/CUIT: 20-26727305-8	\$450.000.-
23102	Carro de paro EVO SUPPORT Titular: Maximiliano Angelelli CUIL/CUIT: 20-36145191-1	\$450.000.-
23210	Dispositivo de asistencia para natación adaptada Titular: Lucía García Giacosa CUIL/CUIT: 27-37875076-3	\$450.000.-
23539	Sensora.ar Titular: Débora Alejandra Swistun CUIL/CUIT: 27-26072589-6	\$450.000.-

22933	C-Pack Titular: Carolina Fasolo CUIL/CIUT: 27-38401098-4	\$450.000.-
23128	RHEA-REHABILITADOR DEL TREN INFERIOR Titular: Emiliano Arias Da Pra CUIL/CIUT: 20-30673642-7	\$450.000.-

Nota: la jurado Roxana GARBARINI se excusó de votar en esta categoría por conflicto de intereses

Distinción INNOVAR

ID	Título del Proyecto	Premio
23711	Antígeno RBD potenciado para diagnóstico y vacuna contra SARS-CoV-2, de bajo costo y alta escalabilidad Titular: Cecilia D`Alessio CUIL/CIUT: 23-20574041-4	\$500.000.-
22681	Proceso de extracción de Li desde espodumeno mediante fluoración por vía seca Titular: Gustavo Daniel Rosales CUIL/CIUT: 20-31812438-9	\$500.000.-

Medalla de la OMPI

ID	Título del Proyecto
22769	Lumaa - Tecnología en ahorro de energía Titular: Sergio Castro CUIL/CIUT: 20-22750467-7

Digitally signed by Gestion Documental Electronica
Date: 2022.09.27 15:58:04 -03:00



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
Las Malvinas son argentinas

Resolución

Número:

Referencia: EX-2022-35051745- -APN-DDYGD#MCT - CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022 - Ganadores

VISTO el Expediente EX-2022-35051745- -APN-DDYGD#MCT, las Resoluciones RESOL-2022-191-APN-MCT de fecha 10 de mayo de 2022 y RESOL-2022-375-APN-MCT de fecha 22 de julio de 2022 correspondientes al Registro del MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, y

CONSIDERANDO:

Que por el Expediente citado en el VISTO se tramita la organización del “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022”.

Que mediante la RESOL-2022-191-APN-MCT se aprobaron las Bases y Condiciones para participar del “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022” y el presupuesto que erogará este Ministerio para atender las distinciones que obtendrán las personas que resulten galardonadas, que obra como IF-2022-37343232-APN-DAYCA#MCT de este Acto Administrativo.

Que el presupuesto aprobado por la Resolución citada *ut supra* es de un total de PESOS VEINTITRES MILLONES QUINIENTOS MIL CON 0/100 (\$ 23.500.000.-).

Que mediante la RESOL-2022-375-APN-MCT, con el fin de ampliar la difusión nacional de la convocatoria a toda la comunidad científica, académica, empresarial tanto del sector público como del privado, se decidió extender el plazo de inscripción de proyectos hasta el 31 de julio de 2022.

Que a través de la Resolución citada en el párrafo precedente se aprobó la constitución de un Grupo Evaluador y del Jurado, con la función de evaluar y seleccionar los proyectos ganadores.

Que el Jurado, en base a la información presentada por el Grupo Evaluador, seleccionó a los ganadores de las distinciones tal como se expresa en las Actas de fecha 25 y 26 de agosto de 2022 y 1 de septiembre de 2022, conforme a lo consignado como IF-2022-102493048-APN-DAYCA#MCT, IF-2022-102493189-APN-DAYCA#MCT, IF-2022-94890677-APN-ANPIDTYI#MCT e IF-2022-102492704-APN-DAYCA#MCT.

Que el Jurado ha seleccionado los proyectos que figuran en el Anexo I IF-2022-102723242-APN-DAYCA#MCT a los cuales la AGENCIA NACIONAL DE PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LA INNOVACIÓN, de acuerdo al punto 3 de las Bases y Condiciones, acompañará con capacitación y promoción.

Que asimismo, es necesario reconocer a los proyectos ganadores del “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022” y realizar la entrega de distinciones de dicha edición del Concurso Nacional que constan en el Anexo I conforme a lo consignado como IF-2022-102723242-APN-DAYCA#MCT del presente Acto Administrativo.

Que la DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS JURÍDICOS y la DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN del MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN han tomado la intervención de su competencia.

Que la presente medida se dicta en virtud de lo establecido en la Ley de Ministerios N° 22.520 (t.o. Dcto. 438/92) y sus modificaciones, los Decretos Nros 7 de fecha 10 de diciembre de 2019 y N° 640 de fecha 20 de septiembre de 2021.

Por ello,

EL MINISTRO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

RESUELVE:

ARTICULO 1º.- Aprobar la decisión del Jurado del “CONCURSO NACIONAL DE INNOVACIONES 2022”, designando como ganadores a las personas que integran los equipos de trabajo de los proyectos que se detallan en el Anexo que forma parte de la presente resolución como IF-2022-102723242-APN-DAYCA#MCT.

ARTÍCULO 2º.- El monto total de las distinciones PESOS VEINTITRES MILLONES QUINIENTOS MIL CON 0/100 (\$ 23.500.000.-), será atendido con la partida la FUENTE DE FINANCIAMIENTO 11 Programa 01, Actividad 04, Inciso 5.1.6 del presupuesto correspondiente al presente ejercicio.

ARTÍCULO 3º.- Regístrese, comuníquese a la DIRECCIÓN DE ARTICULACIÓN Y CONTENIDOS AUDIOVISUALES, a la DIRECCIÓN DE COMUNICACIÓN Y PRENSA, a la AGENCIA NACIONAL DE PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LA INNOVACIÓN, y a la Dirección General de ADMINISTRACIÓN y cumplido, archívese

ODTB

Senado de la Nación

DR-141/21

EL SENADO DE LA NACION,

D E C L A R A :

El beneplácito por el desarrollo del avión/drone "Ojo de Halcón", realizado por la línea de investigación Accionamientos Eléctricos del Laboratorio de Control Automático de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. Desarrollo realizado por el Ing. Carlos CATUOGNO, el Dr. Guillermo CATUOGNO, el Dr. Rodolfo GARGIULO, el Dr. Guillermo GARCÍA y el Sr. Adrián GELIOT.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL SENADO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS VEINTE DIAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO DOS MIL VEINTIUNO.



Cofremer
DNC

CONGRESO NACIONAL
CÁMARA DE SENADORES
SESIONES ORDINARIAS DE 2021
ORDEN DEL DÍA Nº 78
27 de abril de 2021
SUMARIO

COMISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dictamen en el proyecto de declaración de los señores senadores Taiana y Rodríguez Saá, expresando beneplácito por el desarrollo del avión/drone “Ojo de Halcón” en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. (S.- 2938/20)

DICTAMEN DE COMISIÓN

Honorable Senado:

Vuestra Comisión de Ciencia y Tecnología ha considerado el proyecto de declaración de los señores senadores Jorge Taiana y Adolfo Rodríguez Saá, registrado bajo Expediente N° S-2938/20, expresando beneplácito por el desarrollo del avión/drone “Ojo de Halcón”, realizado por la línea de investigación Accionamientos Eléctricos del Laboratorio de Control Automático de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. Desarrollo realizado por el Ing. Carlos Catuogno; el Dr. Guillermo Catuogno; el Dr. Rodolfo Gargiulo, el Dr. Guillermo García y el Sr. Adrián Geliot; y por las razones que dará el miembro informante, aconseja su aprobación.

De acuerdo a lo establecido por el artículo 110 del Reglamento del Honorable Senado, este dictamen pasa directamente al orden del día.

Sala de la comisión, 15 de abril de 2021.

Silvina M. García Larraburu – Víctor Zimmermann – Silvia Sapag – Edgardo D. Kueider – Jorge E. Taiana – Mario R. Fiad – María I. Pilatti Vergara – Lucila Crexell – María E. Catalfamo.

PROYECTO DE DECLARACIÓN

El Senado de la Nación

DECLARA

El beneplácito por el desarrollo del avión/drone “Ojo de Halcón”, realizado por la línea de investigación Accionamientos Eléctricos del Laboratorio de Control Automático de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. Desarrollo realizado por el Ing. Carlos Catuogno; el Dr. Guillermo Catuogno; el Dr. Rodolfo Gargiulo, el Dr. Guillermo García y el Sr. Adrian Geliot.

Jorge E. Taiana - Adolfo Rodríguez Saá

FUNDAMENTOS

Señora Presidenta:

El proyecto “Ojo de Halcón” consiste en el diseño y desarrollo de una plataforma de monitoreo integrada por un avión/drone autónomo de bajo costo de construcción y operación, que principalmente utiliza energía solar para desplazarse, lo que le permite alargar la duración de sus vuelos hasta doce (12) horas sin cargar las baterías, y así monitorear grandes extensiones.

Lo que hace que este dispositivo sea considerado como un dispositivo totalmente innovador, tiene que ver con que las alas del avión/drone están hechas con paneles solares lo que le permite pasar más tiempo en las alturas, una característica que lo diferencia del drone común que sólo puede volar hasta 3 horas y que utiliza tecnología open source, que es accesible para todos.

El mismo pertenece a la línea de investigación del Dr. Guillermo Catuogno, (quien preside el Capítulo Conjunto #1 de IEEE en nuestro país) y del Ing. Carlos Catuogno. También participan activamente del Proyecto el Dr. Rodolfo Gargiulo quien aporta su vasta experiencia como Bombero y Miembro de Defensa Civil, el Dr. Guillermo García de la Universidad Nacional de Rio Cuarto que dirige la Tesis de Doctorado del Ing. Carlos Catuogno y el Sr. Adrian Geliot de la Agrupación Aeromodelistas Villa Mercedes que proporciona toda su experiencia como piloto de pruebas. Sus lugares de trabajo y actividades se describen en la siguiente Tabla.

Nombre	Cargo	Lugar de Trabajo
--------	-------	------------------

Dr. Guillermo Catuogno	Profesor Adjunto (UNSL) Investigador Adjunto (CONICET)	LCA-INTEQUI (CONICET-UNSL)
Ing. Carlos Catuogno	JTP (UNSL) Supervisor Mantenimiento	LCA-INTEQUI (CONICET-UNSL) / Mastellone San Luis SA
Dr. Rodolfo Gargiulo	Medico Laboral independiente	UNSL / Ex Bombero / Asesor Defensa Civil /
Dr. Guillermo Garcia	Profesor Titular (UNRC) Investigador Principal (CONICET)	GEA-IITEMA (CONICET-UNRC)
Sr. Adrian Geliot	Instructor de vuelo AAVM	AAVM / Técnico independiente

Este vehículo posee como gran fortaleza, ser un producto de producción nacional (avión), usar tecnología abierta (open source) y poder cubrir grandes áreas a bajo costo, efectuando relevamientos fotográficos y de video online en caso de ser necesario.

Puede efectuar vuelos de reconocimiento mediante sus cámaras, que transmiten en tiempo real el relevamiento de los lugares indicados, monitoreando zonas de desastres como inundaciones o incendios, y también resulta muy útil para el propósito de búsqueda y rescate, utilizando su conectividad para realizar telemetría para microrredes de zonas aisladas rurales o de difícil acceso.

El ingeniero Carlos Catuogno, uno de los autores del proyecto, expresó que el desarrollo científico de este avión/drone “puede ser un aliado en el combate contra incendios forestales”, entre otras utilidades.

Esta plataforma aérea, al tener la capacidad de hacer vuelos de reconocimiento con cámaras instaladas, podría permitirles a los bomberos y brigadistas recibir en sus dispositivos electrónicos móviles (celulares), la información que de una u otra forma no podrían obtener cuando los focos de los incendios se encuentran en zonas de difícil acceso. La ventaja de este drone es que vuela a gran altura, por lo queda a salvo del fuego y puede sortear además los vientos bajos que complican el combate del mismo.

El “Ojo de Halcón” fue diseñado en el año 2017 y surgió como una necesidad a la hora de estudiar la problemática del Río Nuevo en la Cuenca del Morro, provincia de San Luis, donde se necesitaba una plataforma de monitoreo que pudiera cubrir grandes áreas, y sobre todo a bajo costo, que permitiera hacer relevamientos fotográficos y de video online.

A medida que el proyecto fue avanzando, se fueron desarrollando paralelamente múltiples aplicaciones que pudieron rápidamente adaptarse a la plataforma para poder darle otros usos.

El proyecto “Ojo de Halcón” desde que se empezó a desarrollar ha recibido varias distinciones y premios, entre las que se destacan: el reconocimiento obtenido en el Concurso “UNSL XI” organizado por la Secretaría de Vinculación Tecnológica y Social de la misma universidad, obteniendo el 3º puesto. En septiembre del año pasado, se destacó en el encuentro “Innovar 2019”, concurso de alcance nacional destinado a estudiantes, investigadores, y emprendedores. Este año, el 20 y 21 de septiembre fue presentado en la International Conference on Sustainable Development realizado en Nueva York (virtual), y el 19 de octubre obtuvo el segundo puesto en el Concurso Internacional “IEEE IES” Inter Chapter Paper Competition 2020 (IPC 2020). Competition Theme: Industrial Electronics Technologies For A Sustainable And Resilient Society realizado en Singapur.

Por todos los motivos expuestos, es que solicitamos nos acompañen en la aprobación del presente Proyecto de Declaración.

Jorge E. Taiana - Adolfo Rodríguez Saá

*VERSIÓN PRELIMINAR SUSCEPTIBLE DE CORRECCIÓN UNA VEZ CONFRONTADO CON EL EXPEDIENTE ORIGINAL



Advancing Technology
for Humanity



IEEE Industrial Electronics Society

Inter-Chapter Paper Competition 2020

Second Wining Paper

entitled

*Low-Cost Open-Source Aerial Platform for Humanitarian Applications in
Large Coverage Areas*

Authors

Carlos Catuogno, Guillermo Catuogno, and Guillermo Garcia

A handwritten signature in black ink that appears to read "K.F. Tsang".

Membership Champion

A handwritten signature in black ink that appears to read "Yousif Sharaf".

VP Membership Activities



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

~~ES COPIA~~
OSCAR GUILLÉN FEDO SEGURO
Diseñador de Documentos
UNSL

SAN LUIS, 26 SET. 2019

VISTO:

El Expediente EXP-USL:0007180/2018; y

CONSIDERANDO:

Que el Concurso Universitario de Innovación UNSL XI, bajo el lema "*Iniciá tu camino a la innovación*", es una iniciativa de la Universidad Nacional de San Luis tendiente a impulsar procesos de apropiación, por parte de sectores socio-productivos y comunitarios, de los conocimientos adquiridos y generados por los docentes investigadores y alumnos en etapas de formación académica e investigación; a valorar la importancia de los proyectos de transferencia de tecnología, conocimiento e innovación; a potenciar la creación de empresas innovadoras, y a contribuir en la conformación de un ecosistema emprendedor tecnológico.

Que es responsabilidad de la Secretaría de Vinculación Tecnológica y Social realizar la convocatoria del Concurso Universitario de Innovación UNSL XI.

Que mediante esta iniciativa se reinvierten los fondos propios recaudados por la realización de actividades en el marco de acuerdos de vinculación tecnológica y transferencia de tecnología gestionados por la Secretaría de Vinculación Tecnológica y Social, en acciones tendientes a fomentar la apropiación social del conocimiento.

Que transitadas cada una de las etapas del Concurso, el Jurado constituido por el Mg. Héctor Daniel Flores (DNI N° 14.870.367), Decano de la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de San Luis; la Dra. Nora Susana Reyes (DNI N° 16.865.387), Secretaria de Posgrado de la Universidad Nacional de San Luis y el Mg. Vicente Mario Fusco (DNI N° 12.920.921), Secretario de Vinculación Tecnológica y Social de la Universidad Nacional de San Luis, analizó los proyectos presentados y realizó entrevistas a los equipos que presentaron las propuestas.

Que el jurado expresó que todas las presentaciones son valiosas y de gran aporte para el sector socio-productivo por lo que proponen aprobar los doce (12) proyectos que llegaron a la instancia final de la convocatoria y planificar acciones específicas con el objetivo de potenciar a cada uno de ellos.

Que el jurado, en base a innovación, viabilidad, impacto social, formulación del proyecto, defensa oral y escalabilidad, determinó cuales son los proyectos premiados, de acuerdo a lo establecido en la convocatoria 2019 del Concurso Universitario de Innovación UNSL XI.

Por ello y en uso de sus atribuciones,

EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

RESUELVE:

ARTICULO 1º.- Aprobar los proyectos interdisciplinarios presentados al Concurso Universitario de Innovación UNSL XI 2019 que como ANEXO forman parte del presente acto administrativo.

Lic. Héctor D. Flores
Vicerrector a.c. Secretaría de
Vinculación Tecnológica y Social
USL

Corresponde RESOLUCIÓN R Nº

1680



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ARTICULO 2º.- Otorgar el PRIMER PREMIO de PESOS CINCUENTA MIL (\$ 50.000.-) al proyecto PERLAS BIOFERTILIZANTES- BIOPEK. Otorgar el SEGUNDO PREMIO de PESOS TREINTA MIL (\$ 30.000.) al proyecto TRATAMIENTO DE TEMBLOR ESENCIAL EN EXTREMIDADES. Otorgar el TERCER PREMIO de PESOS VEINTE MIL (\$ 20.000.-) al proyecto PLATAFORMA AÉREA "OJO DE HALCÓN".

ARTICULO 3º.- Comuníquese, dese a conocer, publíquese, insértese en el Libro de Resoluciones y archívese.

RESOLUCION R Nº 1680
hji

Lic. Hector Di Flores
Vicerrector de Vinculación, Tecnológica y Social
UNSL

CPN Victor A. Morán
Rector - UNSL



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

ANEXO

PROYECTOS APROBADOS- Concurso Universitario de Innovación UNSL Xi 2019

Proyecto: MICO-TEKTON: "materiales autocreados"

Responsable	Celeste Aguirre Pranzoni	DNI N° 30941283	FQBF
Docente	Gonzalo Dos Santos	DNI N° 32316509	FCFMN
Docente	Pablo Longone	DNI N° 28794939	FCFMN
Docente	Luz Pamela Ingignoli	DNI N° 34241581	FCEJS
Alumno	Gonzalo Gimenez Fasolino	DNI N° 37965504	FCEJS
Alumno	Franco Floriani	DNI N° 38220533	FQBF
Alumna	Layla Yunes Castañeda	DNI N° 38909269	FQBF
Alumna	Cecilia González	DNI N° 38590650	FQBF
Arquitecto	Alan Aguirre Pranzoni	DNI N° 35636105	Asesor Externo
Diseñador Gráfico	David Cristobal Silva	DNI N° 95785777	Asesor Externo

Proyecto: Tratamiento de Temblor Esencial en Extremidades

Responsable	Andrés Miguel Airabella	DNI N° 30965165	FCFMN
Docente	Astri Edith Andrada Tivani	DNI N° 33622933	FCFMN
Docente	Eduardo Gastón Amaya	DNI N° 32164244	FICA
Docente	María Evangelina Estrada	DNI N° 32581189	FAPSI
Docente	José Miguel Abrahín Durisch	DNI N° 33089894	FAPSI
Alumno	Emanuel Alfredo Cortez Médici	DNI N° 41468255	FCFMN
Alumno	Facundo Martín Suarez	DNI N° 36227594	FCFMN
Alumna	María Inés Morici	DNI N° 30965304	FAPSI
Alumno	Raúl Ricardo Ginart	DNI N° 30781648	FCFMN

Proyecto: reci-PET

Responsable	Amparo Deicy Barrera Diaz	DNI N° 19042745	FCFMN
Docente	Maria Celeste Bernini	DNI N° 29263017	FQBF
Docente	Guillermo Enrique Lehne	DNI N° 27136277	FCS
Docente	Jhonny Villarroel Rocha	DNI N° 19062722	FCFMN
Docente	Sebastian Amaya	DNI N° 94927661	FCFMN
Becario	Dimar Villarroel Rocha	DNI N° 95956211	FCFMN
Becario	Cristian Toncón	DNI N° 95729201	FCFMN
Becario	José Arroyo	DNI N° 94755658	FCFMN
Alumno	Marcelo García Quiroga	DNI N° 38439097	FCS
Alumna	Rocío Adamek	DNI N° 38749848	FCS
Alumna	Bianca Ortega	DNI N° 39396397	FQBF
Alumna	Florencia Gimenez Franco	DNI N° 38751206	FQBF

Proyecto: "Hydrica" – Dispositivos de remoción de arsénico de aguas naturales

Responsable	Maria Martha Barroso Quiroga	DNI N° 28598762	FCFMN
Docente	Daniela Alejandra Curvale	DNI N° 28838110	FQBF
Docente	María Agustina Romero Vieyra	DNI N° 28263314	FCS

Lic. Héctor Díaz
Vicerrector a Secretaría de
Vinculación Tecnológica y Social
UNSL

Corresponde Anexo RESOLUCIÓN R Nº

1 680



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

~~ES COPIA~~
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Diseñador de Despacho
UNSL

Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

Docente	Deicy Amparo Barrera Díaz	DNI N° 19042745	FCFMN
Nodocente	María Belén Osorio	DNI N° 27518395	Rectorado
Alumna	Bárbara Escudero	DNI N° 39796799	FCH
Alumna	Yarivith Gonzalez	DNI N° 95797917	FQBF
Alumna	Ana Victoria Mugnani	DNI N° 36423211	FCS
Alumna	Emilia Belén Quiroga	DNI N° 39992639	FQBF
Alumno	Mario Guillermo Díaz	DNI N° 30304119	FQBF
Alumno	Angie Celene García Carvajal	DNI N° 95727564	FQBF
Alumno	Angel Andrés Capurro	DNI N° 33622989	FCFMN
Alumno	María Laura Villegas	DNI N° 35315333	FCS

Proyecto: Plataforma Aérea "Ojo de Halcón"

Responsable	Guillermo Ricardo Catuogno	DNI N° 28489581	FICA
Docente	Eduardo Federico Guaycochea	DNI N° 28219569	FCJES
Docente	Andrés Miguel Airabella	DNI N° 30965165	FCFMN
Docente	Luis Raúl Torres	DNI N° 31342747	FICA
Docente	Frias Ricardo Gaston	DNI N° 35475638	FICA
Alumno	Nicolás Lastra	DNI N° 38220838	FICA
Alumno	Carlos Alfredo Martinez Espeche	DNI N° 34421682	FICA
Alumno	Sergio Alejandro Cruz	DNI N° 28220120	FICA
Alumno	Franco Sosa	DNI N° 39714977	FICA
Alumno	Facundo Patti	DNI N° 35850526	FICA

Proyecto: FOTOFILT - Fotodesinfectante para productos frutihortícolas

Responsable	Matias Daniel Funes	DNI N° 27424863	FQBF
Docente	Paulina Cardoso Schiavi	DNI N° 36285217	FQBF
Docente	Marcos Federico Pascualí	DNI N° 36204444	FQBF
Docente	Fernando Andrés Saad	DNI N° 28091468	FCH
Docente	María Martha Barroso Quiroga	DNI N° 28598762	FCFMN
Alumno	Agostina Riccardo	DNI N° 35919843	FQBF
Alumno	María Guadalupe Del Vitto	DNI N° 41920497	FCFMN
Alumno	Sofía Domínguez Barrera	DNI N° 41824067	FCH

Proyecto: Kit biodegradable para control de malezas

Responsable	María Guadalupe García	DNI N° 29979316	FQBF
Docente	Nicolás Belgrano	DNI N° 30345520	FICA
Docente	Mariana Virginia Gómez	DNI N° 32039449	FCS
Docente	Illanes Cristian	DNI N° 27057047	FQBF
Docente	Takara Andrés	DNI N° 30071827	FQBF
Alumno	Sergio Gustavo Ochoa Munafo	DNI N° 39137199	FQBF
Alumno	Danilo Llanos	DNI N° 35908945	FQBF
Alumna	Rocio Ramirez	DNI N° 40319372	FQBF
Alumno	José Fernando Morales	DNI N° 38220320	FQBF

Lic. Héctor D. Flórez
Vicerrector a Secretaría de
Vinculación Tecnológica y Social
UNSL

Corresponde Anexo RESOLUCIÓN R N°

1 680



Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

Alumna	Florencia Cruces	DNI N° 32970413	FQBF
Alumna	Melina Gabriela Gómez	DNI N° 32039448	FQBF
Alumna	Taisa Cristine De Moura Dantas	DNI N° 95878612	FQBF
Alumna	Ana Laura Vicario	DNI N° 35672357	FQBF
Graduado	Yiancarlo Kolodziej	DNI N° 18846966	FQBF

Proyecto: PosturApp

Responsable	Mauricio Gomez	DNI N° 31845504	FICA
Docente	Guillermo Omar Larregay	DNI N° 32924833	FICA
Docente	Carlos Emmanuel Absch Guillaumin	DNI N° 33359863	FICA
Docente	Jorge Nicolás Diaz	DNI N° 34421570	FCEJS
Docente	Elina Victoria Gomez Martin	DNI N° 30157423	FCH
Docente	Valeria Stieger	DNI N° 31399928	FCS
Alumno	Luis Agustín Jofré Pasinetti	DNI N° 31542794	FCFMN
Alumno	Elio Ruben Ogas	DNI N° 31349784	FICA
Alumna	Ariadna Carobene Del Pópolo	DNI N° 39018082	FCS
Alumno	Enrique Agustín Aguilera Ocampo	DNI N° 38111774	FCS
Alumna	Vivian Ivana Herbstein	DNI N° 38872769	FICA

Proyecto: Perlas Biofertilizantes- BIOPEK

Responsable	Yésica Sabrina Lambrese	DNI N° 31854884	FQBF
Docente	Gastón Jorge Fernández	DNI N° 27453645	FQBF
Docente	Emmanuel Fernando Bacha	DNI N° 30189677	FICA
Docente	Jorge Nicolás Díaz	DNI N° 34421570	FCEJS
Docente	Cristián Omar Illanes	DNI N° 27057047	FQBF
Docente	Paola Andrea Possetto	DNI N° 27540939	FQBF
Docente	Eduardo Andrés Takara	DNI N° 30071827	FQBF
Alumna	Florencia Cruces	DNI N° 32970413	FQBF
CPA Conicet	Yiancarlo Kolodziej	DNI N° 18846966	INFAP
Alumna	María Paula Yamanouchi	DNI N° 38218763	FQBF
Alumna	Natalia Valeria Gonzalez	DNI N° 29427777	FQBF
Alumna	Gabriela Iglesias Batlle	DNI N° 41919694	FQBF

Proyecto: ChocoKit

Responsable	Guillermo Omar Larregay	DNI N° 32924833	FICA
Docente	Mauricio Gomez	DNI N° 31845504	FICA
Docente	Luciana Florencia Masini	DNI N° 34421777	FCEJS
Docente	María Julieta González Salinas	DNI N° 32159453	FCH
Docente	Adriana Alejandra Arce	DNI N° 28185184	FCH
Docente	Cristian Martín Arellano	DNI N° 33429081	FICA
Alumno	Federico Luis Pinna González	DNI N° 34142954	FICA
Alumno	Alexis Nathaniel Silva	DNI N° 37505934	FICA
Alumno	Juan Ignacio Soldera Ruiz	DNI N° 39992326	FICA

Lic. Héctor D. Flores
Vicerrector a Secretaría de
Vinculación Tecnológica y Social
UNSL

Corresponde Anexo RESOLUCIÓN R N°

1 680



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

ES COPIA
OSCAR GUILLERMO SEGURA
Director de Despacho
UNSL

Universidad Nacional de San Luis
Rectorado

Alumno Silvia Inés Rodriguez DNI N° 35884445 FCEJS

Proyecto: Módulo inteligente para e-Bike

Responsable	Guillermo Luciano Magaldi	DNI N° 29835015	FICA
Docente	Federico Martin Serra	DNI N° 28489435	FICA
Docente	Guillermo Omar Larregay	DNI N° 32924833	FICA
Docente	Mauricio Gomez	DNI N° 31845504	FICA
Docente	Enesto Jesus Perino	DNI N° 31047096	FCFMN
Docente	Diego Elian Arellano	DNI N° 32012701	FCEJS
Alumno	Juan Ignacio Santini	DNI N° 38437713	FICA
Alumnos	Juan Pablo Peñaloza	DNI N° 40722571	FICA
Alumno	Facundo Exequiel Rovira	DNI N° 38426368	FCEJS
Alumno	Florencia Ayelen Poli	DNI N° 34442464	FCEJS

Proyecto: RIKUY - Indicador de obstáculos mediante visión artificial para no videntes

Responsable	Emanuel Trabes	DNI N° 33363232	FCFMN
Docente	María Evangelina Estrada	DNI N° 32581189	FAPSI
Docente	Victoria Ayelen Simone Zalazar	DNI N° 35106133	FCS
Docente	Sebastián Miguel Vazquez Ferrero	DNI N° 30745901	FAPSI
Alumno	Patricio Sebastián Toledo	DNI N° 35767923	FCFMN
Alumno	Lucas Carranza	DNI N° 38750265	FCFMN
	Araceli Santamaria	DNI N° 39091163	FCFMN

Corresponde Anexo RESOLUCIÓN R N°

1 680

Lic. Rector D.
Alumno
Alumnado
Vinculado
Anexo
Secretaría de
Asuntos Académicos y Sociales
UNSL

unSiXi Concurso Universitario de Innovación 2019

Presentación final



Proyectos Finalistas

Proyecto	Responsable
Tratamiento de temblor esencial en extremidades	Airabella, Andrés Miguel
reci-PET	Barrera Diaz, Deicy Amparo
"Hydrica" - Dispositivos de remoción de arsénico de aguas naturales	Barroso Quiroga, María Martha
FOTOFILIT. Fotodesinfectante para productos frutihortícolas	Funes, Matías Daniel
Kit biodegradable para control de malezas	García, María Guadalupe
Perlas Biofertilizantes- BIOPEK	Lambrese, Yésica Sabrina
MICO-TEKTON: "materiales autocreadados"	Aguirre Pranzoni, Celeste
RIKUY - Indicador de obstáculos mediante visión artificial para no videntes	Trabes, Emanuel
Plataforma Aérea "Ojo de Halcón"	Catuogno, Guillermo Ricardo
PosturApp	Gomez, Mauricio
ChocoKit	Larregay, Guillermo Omar
Módulo inteligente para e-Bike	Magaldi, Guillermo Luciano



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

Universidad Nacional de San Luis
Secretaría de Vinculación
Tecnológica y Social

CONCURSO UNIVERSITARIO DE INNOVACIÓN – UNSL Xi 2019

ACTA REVISIÓN TÉCNICA DE PROYECTOS PRESENTADOS

En la Secretaría de Vinculación Tecnológica y Social de la Universidad Nacional de San Luis siendo las 10.00 horas del día 25 de junio de 2019 se reúne el Comité de Vinculación Tecnológica y Social a fin de proceder a la Revisión Técnica de las idea-proyecto presentadas a la Convocatoria del Concurso Universitario de Innovación UNSL Xi 2019 de acuerdo al cronograma establecido en la Resolución R N°588/19.

Comienza la sesión estando presentes el Secretario de Vinculación Tecnológica y Social de la UNSL, Mg. Vicente Fusco; representantes de la de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Esp. Mónica Mabel González; de la Facultad de Ciencias Humanas, Prof. Lorena Di Lorenzo; de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Dra. Silvia Delgado y de la Facultad de Turismo y Urbanismo, Lic. Aida Spinosa.

Inicialmente el Secretario da la bienvenida a los integrantes del Comité para luego informar sobre el desarrollo de la convocatoria y en ese marco expuso que se presentaron los siguientes proyectos:

- “Plástico cero”: diseño de nuevos materiales a base de bagazo cervecero.
- IA y ML para el control de temblor esencial en extremidades
- Sierra Mística. Armonía, Bienestar y Magia (Plataforma de Experiencias Turísticas Innovadoras)
- Revalorización de desechos de PET
- Desarrollo, implementación y transferencia tecnológica de un dispositivo de remoción de arsénico de agua naturales
- Plataforma Aérea Autónoma
- Fotodesinfección de productos frutihortícolas mediante extractos y/o metabolitos nanoemulsionados obtenidos de plantas nativas
- “Mulching” biodegradable para agricultura
- PosturApp. Sistema de detección automática de postura
- Aprovechamiento de la Energía Cinética en Bicicletas de Spinning
- Perlas bio-fertilizantes para promover el desarrollo de cultivos
- ChocoKit: Experimentación con microcontroladores
- Módulo inteligente de bajo costo para e-Bike
- Asistente de movilidad para personas con capacidades visuales reducidas

El Comité procede a ver los videos descriptivos de cada una de la IP presentadas, hacer la revisión de cada una de las presentaciones y completar la ficha provista por la Secretaría a tal fin.

Se destacó que los catorce proyectos generados a partir de capacidades del sector científico tecnológico de la UNSL son interesantes, que tienen un importante potencial y posibilidad de mercado.

Todos los proyectos cumplen con los requisitos establecidos en las bases de la convocatoria.



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

Universidad Nacional de San Luis
Secretaría de Vinculación
Tecnológica y Social

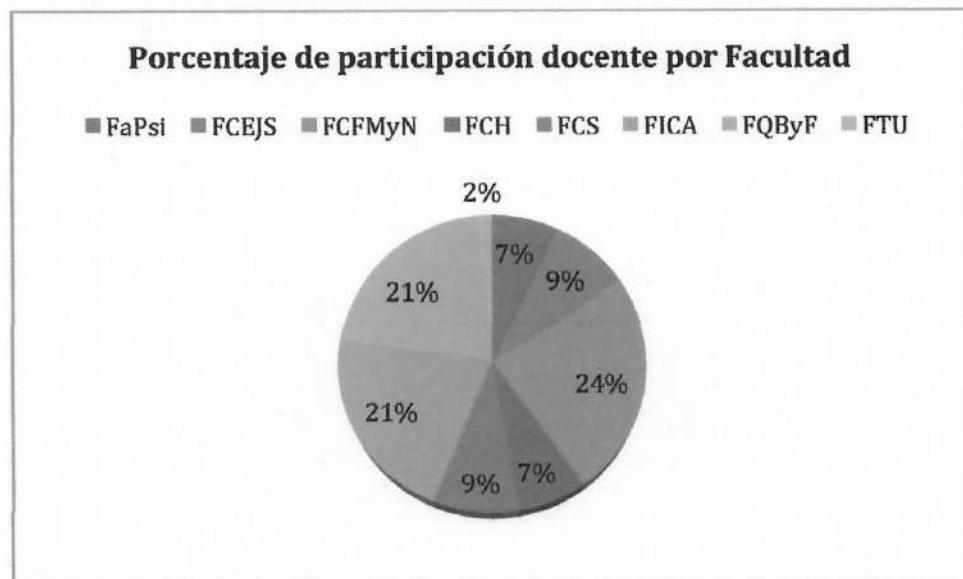
IP	Director	Facultades que participan	Cantidad de docentes	Cantidad de alumnos
"Plástico cero": diseño de nuevos materiales a base de bagazo cervecero	AGUIRRE PRANZONI, Celeste	FQByF-FCEJS-FCFMyN	4	4
IA y ML para el control de temblor esencial en extremidades	AIRABELLA, Andrés Miguel	FCFMyN-FICA-FaPsi	5	4
Sierra Mística. Armonía, Bienestar y Magia (Plataforma de Experiencias Turísticas Innovadoras)	BARON, Elisabeth Verónica	FTU- FCFMyN-FICA	4	3
Revalorización de desechos de PET	BARRERA DIAZ, Amparo Deicy	FCFMyN-FQByF-FCS	6	7
Desarrollo, implementación y transferencia tecnológica de un dispositivo de remoción de arsénico de agua naturales	BARROSO QUIROGA, María Martha	FCFMyN-FQByF-FCS	4	7
Plataforma Aérea Autónoma	CATUOGNO, Guillermo Ricardo	FICA-FCEJS-FCFMyN	5	5
Fotodesinfección de productos frutihortícolas mediante extractos y/o metabolitos nanoemulsionados obtenidos de plantas nativas	FUNES, Matías Daniel	FQByF-FCH-FCFMyN	5	3
"Mulching" biodegradable para agricultura	GARCÍA, María Guadalupe	FQByF-FICA-FCS	5	7
PosturApp. Sistema de detección automática de postura	GOMEZ, Mauricio	FICA-FCEJS-FCH-FCS	6	5
Aprovechamiento de la Energía Cinética en Bicicletas de Spinning	HERNANDEZ VELAZQUEZ, Sergio Fernando	FCFMyN-FICA-FCEJS	5	3
Perlas bio-fertilizantes para promover el desarrollo de cultivos	LAMBRESE, Yésica Sabrina	FQByF-FICA-FCEJS	7	3
ChocoKit: Experimentación con microcontroladores	LARREGAY, Guillermo Omar	FICA-FCH-FCEJS	5	4
Módulo inteligente de bajo costo para e-Bike	MAGALDI, Guillermo Luciano	FICA-FCFMyN-FCEJS	6	3
Asistente de movilidad para personas con capacidades visuales reducidas	TRABES, Emanuel	FCFMyN- FaPsi-FCS	4	3



"2019 - AÑO DE LA EXPORTACIÓN"

Universidad Nacional de San Luis
Secretaría de Vinculación
Tecnológica y Social

De la convocatoria participan sesenta y un (61) alumnos y cincuenta y siete (57) docentes-investigadores de las ocho (8) Facultades de la UNSL, algunos de los cuales están en más de un proyecto y cuya distribución responden al siguiente gráfico:



Siendo las 12.00 horas y habiéndose cumplido el objetivo de la reunión se da por finalizada la sesión.

Aero-Freno Regenerativo en Planeador a Radio Control

Carlos Catuogno ^{#1}, Ibel Blanco ^{*2}, Guillermo Catuogno ^{#3}

[#]Laboratorio de Control Automático, Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes, Argentina

¹ carloscatuogno105@yahoo.com.ar

³ grcatu@ieee.org

^{*}Área de Electrónica, Grupo Técnico 5, V Brigada Aérea, Fuerza Aérea Argentina
Villa Reynolds, Argentina

² ibelsblanco@hotmail.com

Abstract— This work proposes an aero-brake for gliders to Radio Control (RC), it consists of using the electric drive motor as a generator during the braking period. The advantage of this aero-brake to the spoilers commonly used, it is possible to use the energy generated to charge the model's battery. In addition, the parts that make up the glider are classified and experimental flights are carried out to validate the present proposal.

Resumen— En este trabajo se propone un aero-freno para planeadores a Radio Control (RC), el mismo consiste en utilizar el motor eléctrico impulsor como generador durante el periodo de frenado. La ventaja del aero-freno con respecto a los spoilers comúnmente utilizados, es que es posible utilizar la energía generada para cargar la batería del aeromodelo. Además se describen las partes que componen al planeador y se realizan vuelos experimentales que validan la presente propuesta.

I. INTRODUCCIÓN

Los diferentes planeadores de vuelo libre o Radio Control (RC) tienen algo en común, una vez desprendido de su línea de remolque o cuando se detiene su motor a explosión o eléctrico, comienzan un planeo cuya duración depende de la altura ganada [1, 2].

Un buen planeador RC a 50 metros de altura y sin propulsión, raramente supera los dos minutos y medio de vuelo sin ayuda atmosférica. Sin embargo, es posible obtener vuelos muchos más prolongados y con muy buena altura si se logra "introducir" el planeador en una corriente térmica [3].

Las térmicas son corrientes de aire calientes, pueden ser ascendentes o descendentes. En las regiones llanas siempre ocurre que una parte del aire se calienta mientras que otra se enfria. Al pasar sobre una zona de pasto seco, trigo, una salina o un conjunto de techados metálicos calentados por el sol y que se encuentran a una temperatura superior que la de la zona circundante, el aire puede ganar parte de este calor, disminuir su densidad por dilatación y comenzar a formar una burbuja ascendente o térmica como se presenta en la Fig. 1.

Si un planeador se encuentra volando en dicha zona, ganaría altitud rápidamente. Las térmicas pueden tener un diámetro desde pocos centímetros hasta grandes distancias que pueden alcanzar los cien metros. Su velocidad ascensional también puede variar desde una térmica débil, donde al planeador le sirve para mantener su altura hasta

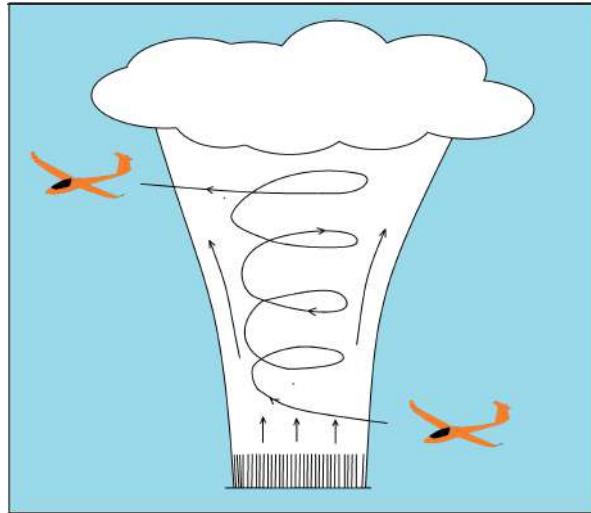


Fig. 1 Térmica ascendente.

térmicas fuertes donde en pocos minutos el planeador puede duplicar o triplicar su altura.

Si bien las térmicas son deseadas para prolongar el vuelo de los planeadores [4, 5], en ciertas ocasiones es necesario frenar y controlar el descenso de altitud.

Para esto, los planeadores generalmente cuentan con spoilers en sus alas, los cuales al ser accionados permiten controlar la tasa de descenso y también realizar un aterrizaje controlado en el punto deseado. Los spoilers son necesarios porque aunque una alta tasa de descenso puede conseguirse mediante un cabeceo pronunciado hacia abajo, esto puede resultar en un aumento significativo de la velocidad, excediendo posiblemente los límites de seguridad. De todos modos, aún inclinando el planeador hacia abajo, puede no conseguirse la tasa de descenso necesaria [6].

Otro tipo de freno utilizado son las hélices de paso variable, la cual fue desarrollada en los aviones de la primera guerra mundial y este sistema no es muy utilizado en aeroplanos de RC [7]. El principio de funcionamiento consiste en variar el paso de la pala (ángulo de ataque) para realizar el frenado o también crear una inversión de empuje para el frenado sin necesidad de modificar el ángulo de ataque de la pala.

En lo que respecta a planeadores, el concepto planeo regenerativo fue descripto por primera vez en [8]. Posteriores trabajos [9], proponen utilizar el planeo

regenerativo cuando el aeroplano se encuentra volando dentro de una térmica, esto a costa de sacrificar ganancia de altura logrando un buen desempeño aunque solo resultados de simulación son presentados. En [10] se realiza un estudio para la conversión de planeadores estándar a planeadores que utilizan celdas fotovoltaicas y planeo regenerativo con el objetivo de prolongar el tiempo de vuelo.

A diferencia de las propuestas anteriormente mencionadas, en este trabajo se propone aprovechar las ventajas del motor eléctrico y utilizarlo como generador para que cumpla con el objetivo de reducir la velocidad del planeador y controlar la tasa de descenso trabajando como un aero-freno.

El aero-freno propuesto permite regular la potencia generada por el planeador mediante un comando de la Radio de Control. Esta energía generada se utiliza para cargar las baterías basándose en el principio de frenos regenerativos ampliamente utilizados en vehículos y trenes eléctricos [11, 12].

El siguiente trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección II se presenta la estrategia de control del planador y el Aero-freno propuesto, la Sección III describe los componentes del aeroplano. Los resultados obtenidos de los vuelos experimentales son presentados en la Sección IV y finalmente en la Sección V se presentan Conclusiones y propuestas a realizar a futuro.

II. ESTRATEGIA DE CONTROL

En esta sección se describe el sistema de control del planeador en dos partes, un control primario que es el encargado de comandar el aeroplano y un control secundario que se encarga de realizar el aero-freno regenerativo propuesto en este trabajo.

El planeador posee una batería como única fuente de alimentación, que se encarga de proporcionar la energía para los servos de comando como también el motor de propulsión del control primario. Además, alimenta los circuitos del control secundario que permitirá realizar la carga de dicha batería durante el frenado.

A. Control Primario (Comandos del Avión)

El control primario consiste en la radio control de seis canales, cada uno de estos canales tiene un objetivo específico y es transmitido al receptor alojado en el planeador.

El vuelo del planeador es controlado en forma manual por un operador con el radio control, aunque en un futuro se pretende incorporar un giróscopo que permite estabilizar el modelo automáticamente, lo cual es deseable particularmente en vuelo a grandes alturas.

B. Control Secundario (Aero-Freno)

El control secundario consiste en el aero-freno regenerativo propuesto, debido a que el inversor comercial trifásico del motor no es bidireccional, este sistema comienza a funcionar cuando la señal del canal del

acelerador se lleva a cero, en ese instante se activa una llave trifásica y permite un camino para que circule la energía generada por el motor brushless.

Esta energía fluye a través de un rectificador trifásico pasivo y es convertida a corriente continua (CC), luego elevada mediante un convertidor Boost a valores de tensión que permitan cargar la batería. A la salida del convertidor Boost, se encuentra un llave de potencia que es controlada por una señal PWM proveniente del Arduino, la misma representa la regulación del aero-freno para generar mas o menos energía y en consecuencia regular la corriente máxima que se pueda obtener del generador pero evitando el bloqueo de la hélice ante una gran demanda de corriente y posterior perdida del efecto de aero-frenado. Esta señal de regulación del aero-freno proviene del receptor RC y es controlada por operador del aeroplano a través de un canal del transmisor RC.

El peso del circuito de control secundario adicionado es de 252grs que fue adicionado en la nariz del planeador, reemplazando parte del lastre de plomo que ya tenía el avión para su balanceo correcto, por lo tanto este circuito adicionado no influye en el peso total del modelo.

En la Fig. 2 se presenta un diagrama de bloques donde se representa de manera resumida el control primario y secundario implementado.

III. IMPLEMENTACIÓN

En esta sección se presentan los componentes más relevantes de la implementación del sistema.

A. Planeador

El aeromodelo es un RISER 100, cuya envergadura es de 2,5m y 1500grs. de peso. Este modelo se caracteriza por ser un planeador de construcción clásica, de baja carga alar y de alta performance, lo que lo hace ideal para el vuelo térmico.

En la Fig. 3 se presenta el aeromodelo utilizado en este trabajo.



Figura 3. Planeador RISER 100.

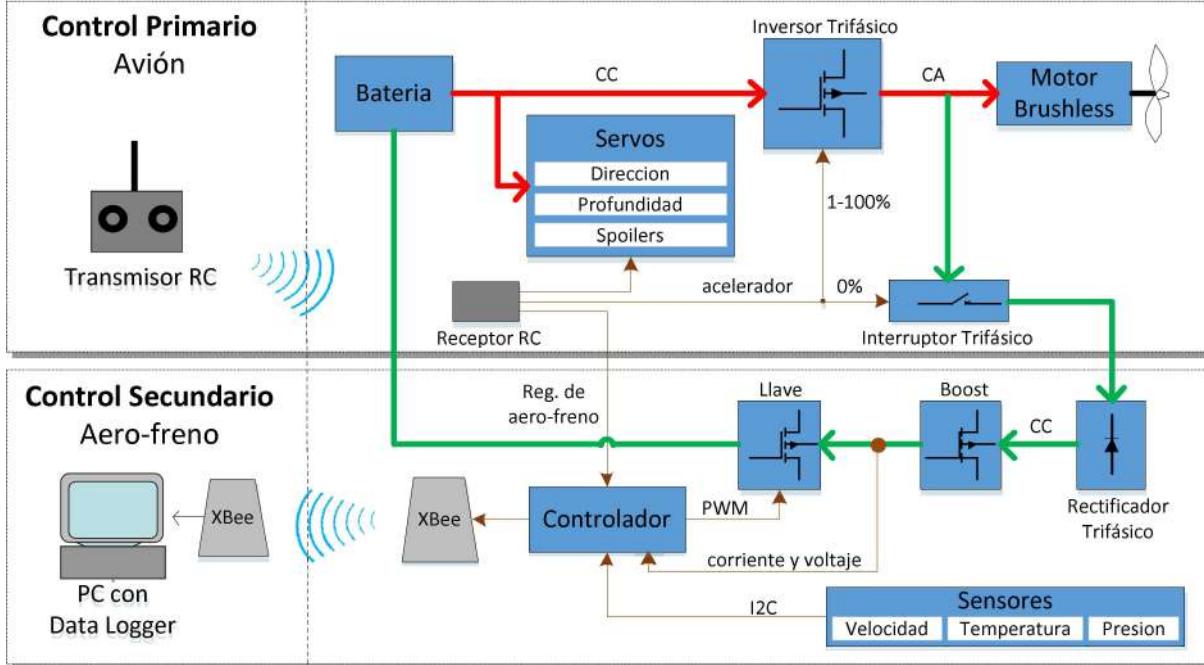


Fig. 2. Diagrama en bloques del sistema propuesto

B. Sistemas de Comunicación y transmisión de datos

El planeador cuenta con dos sistemas de comunicación independientes, uno el equipo RC de 6 canales (solo se usan 5) con el cual se comanda el avión y trabaja a una frecuencia de 72Mhz y otro el sistema de transmisión de datos de telemetría a tierra durante el vuelo que consta de un transmisor y receptor XBee.

Los datos de telemetría transmitidos por el avión cada 1 segundo a la estación de tierra a través de los módulos XBee son leídos en una PC con del software XCTU de la firma DIGI que también permite guardarlos en un archivo para su posterior análisis.

C. Sensores

Se utiliza un sensor BMP280 para la medición de temperatura y presión atmosférica, este ultimo dato es utilizado para medir la altura del avión, un sensor Airspeed Microsensor es utilizado para medir la velocidad a través de un tubo pitot, que mide la velocidad relativa entre el avión y el aire, que es la que mantiene al avión en vuelo, ambos sensores están conectados al Arduino a través del bus I2C. Para el sensor de corriente se usa una resistencia de 1Ω en serie entre la batería y la llave TIP 31C que luego es filtrada y la detección tanto del canal de acelerador y canal de regulación de corriente proveniente del equipo RC se hace mediante software en el Arduino.

D. Convertidor y Motor Brushless

Consta de un motor brushless trifásico de 1100 revoluciones por volt de alimentación aplicado, con una hélice de gran tamaño (12x6) plegable que en esta aplicación de aero-freno se usa fija para lograr el efecto de frenado y un inversor de UBEC de 30A que también posee un regulador de tensión de 5V que es usado para la

alimentación del receptor de equipo de Radio Control y la alimentación del Arduino y los sensores.

E. Batería

La batería utilizada es una LIPO (Batería de Polímetro de Litio) de 3 celdas y 11.1Volts, de 2200mA de capacidad y 40-50C de descarga.

F. Transmisor XBee

Los módulos XBee utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 mejor conocido como ZigBee [13]. Este protocolo se creó pensando en implementar redes de sensores. Para la transmisión de datos de telemetría en tiempo real del avión a la estación en tierra se utilizan dos módulos XBEE PRO 900 de la firma DIGI, configurados de forma tal que uno haga solamente de transmisor y el otro de receptor, el transmisor obtiene los datos desde el Arduino mediante una comunicación serie y los transmite a una frecuencia de 900 Mhz hacia el receptor que es el encargado de transferirlos por comunicación serie hacia el software XCTU instalado en la PC

G. Controlador del Aero-freno

Se utiliza como plataforma un Arduino MEGA 2560 [14]. Arduino Mega es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560, tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz.

En la Fig. 4 se presenta un diagrama de bloques del algoritmo desarrollado en el Arduino.

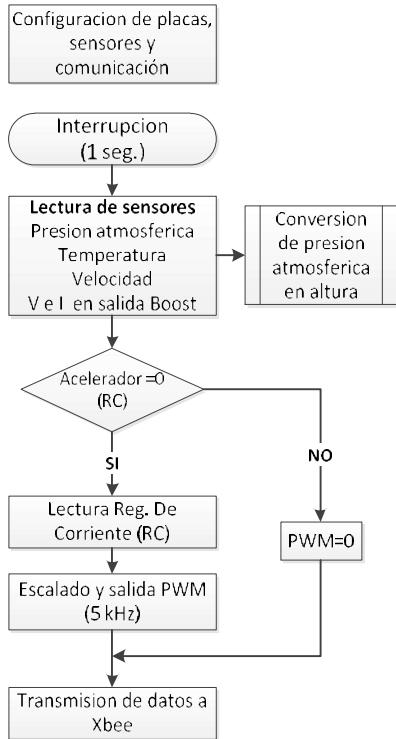


Fig. 4. Diagrama de boques del programa del Arduino

H. Sistema de Potencia del Aero-freno

Se utiliza una llave trifásica compuesta por tres relays monofásicos de estado sólido, seguido de un rectificador pasivo construido con 6 diodos, que alimentan la fuente boost MT3608, que es una fuente basada en el regulador Step-Up DC-DC MT3608, que puede llegar a elevar la tensión hasta los 28V, en nuestro caso se regula para que entregue los 15Vcc necesarios para poder cargar la batería. Posee un preset multivuelta de alta precisión y es capaz de alimentar una carga de 2A con una alta eficiencia (hasta 93%), la tensión de entrada puede estar entre 2V y 24V (DC).

El regulador de carga de batería consta de una llave PWM transistorizada (TIP 31C) que es comandado a través de un optoacoplador TLP627 y varia la corriente de carga de la batería, comandado desde el transmisor RC a través del Arduino.

En la Fig. 5 se presenta el planeador con los componentes más relevantes del Aero-freno y también el spoiler.

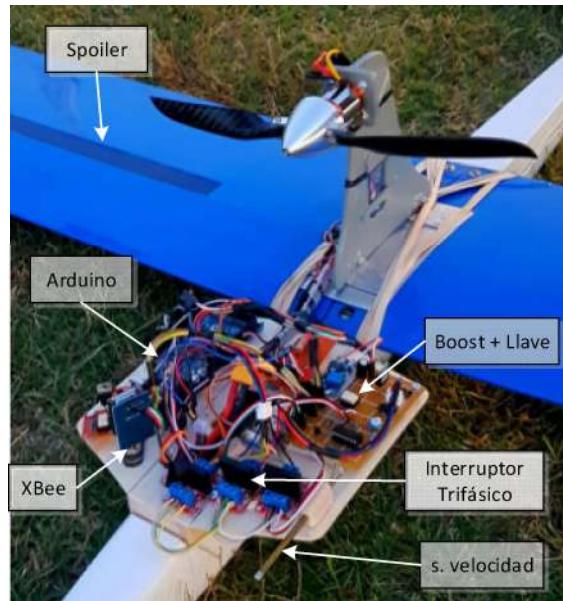


Fig.5. Componentes del Aero-freno

Finalmente en la Tabla I se realiza un resumen de los componentes del aeroplano y en la Fig 6 el sistema completo utilizado para realizar los vuelos experimentales.

Tabla I. COMPONENTES DEL PLANEADOR

Componente	Modelo	Marca
Planeador	Riser 100	SIG
Radio Control	Radiant 6 can. 72MHz	Airtronics
Receptor RC	Radiant 6 can. 72MHz	Airtronics
Servos	94102	Airtronics
Variador	UBEC 30A	H. King
Motor	Brushless D2836/8	Turnigy
Batería	LIPO 11.1V 2200mA	Turnigy
Transmisor	XBee Pro 900	Digi
Data Logger	Software XCTU	Digi
Controlador	Mega 2560	Arduino
Velocidad	Air speed Microsensor	Eagle Tree
Temp. y presión	BMP280	Adafruit
Llave trifásica	G3MB-202P-DC5	OMRON
Sens. corriente	$R = 1\Omega$	
Rect. Trifásico	1N5399 x 6	
Boost	MT3608 2A	Arduino
Reg. Corriente	TIP 31C	

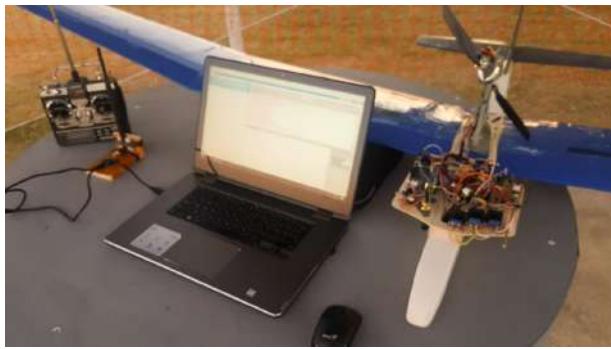


Fig. 6. Sistema experimental completo

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados experimentales son presentados en base a los datos transmitidos por el XBee cada un segundo y almacenados en el data logger para luego ser procesados con Matlab.

Las condiciones atmosféricas de los días elegidos para las pruebas fueron de poco viento y alta temperatura, que son los días más propensos para el vuelo térmico.

Se presentan dos ensayos, en el primero se realizó un vuelo experimental que se basó en que el planeador ascendiera repetidas veces y descendiera tanto con el aero-freno propuesto como con el spoiler corroborando que ambos sistemas cumplen la función satisfactoriamente pero el aero-freno tiene la ventaja de aprovechar el descenso para extraer potencia del motor impulsor.

El segundo ensayo fue similar al anterior, con la diferencia se utilizó solo el aero-freno para los descensos, pero con diferentes cargas, estableciendo el rango de potencias donde el aero-freno propuesto puede controlar la tasa de descenso del modelo.

A- Vuelo Experimental 1

El primer vuelo experimental presentado se realizó con las siguientes características ambientales,

Viernes 16 de marzo de 2018

Hora: 19:26hs

Velocidad del viento: 8 km/h

Dirección del viento: NE

Temperatura Ambiente: 29°C

En la Fig. 7 se presenta las curvas del primer vuelo experimental, se puede observar de la Fig. 7.a) que el planeador realiza cuatro ascensos y descensos, donde los dos primeros son con el aero-freno propuesto y los dos restantes con spoiler.

En las Figs. 7. b), 7.c) y 7.d) se presentan la corriente filtrada, el voltaje y potencia generada durante el frenado. El primer descenso se realiza con una corriente de 200mA y el segundo con una corriente de 400mA lo que produce una potencia de 3 y 6W respectivamente.

Por ultimo en la Fig. 7.e) se presenta la velocidad relativa del planeador, que presenta variaciones ya que el vuelo del planeador es en forma circular y se ve afectada por la dirección del viento, que incide aumentando o disminuyendo la velocidad del planeador dependiendo de la trayectoria con respecto a éste.

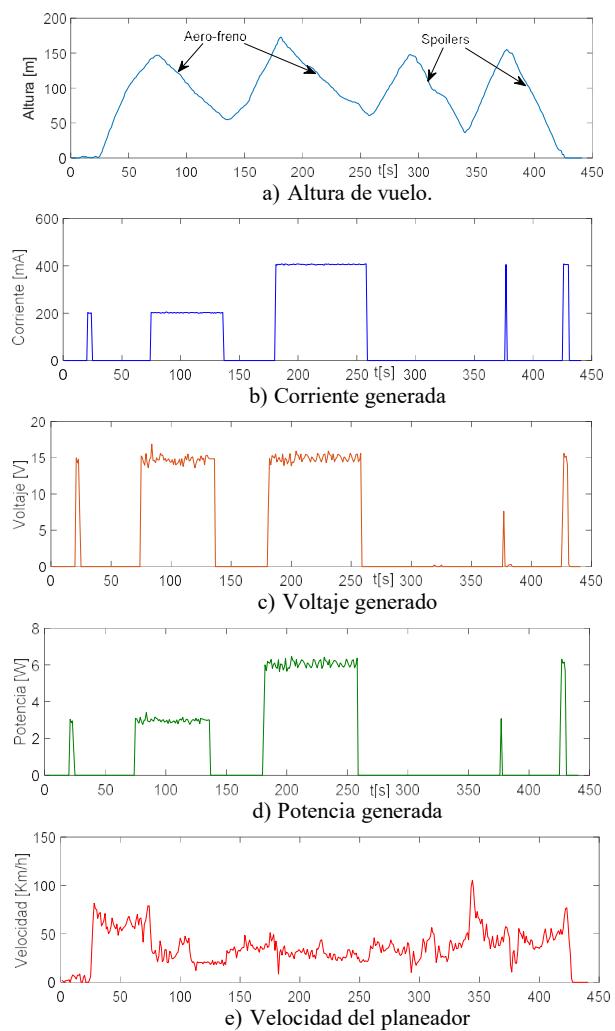


Fig. 7. Vuelo Experimental 1

B- Vuelo Experimental 2

El segundo vuelo experimental presentado se realizó con las siguientes características ambientales,

Sábado 31 de marzo de 2018

Hora: 18:59hs

Velocidad del viento: 2km/h

Dirección del viento: SE

Temperatura Ambiente: 24.3°C

El segundo vuelo experimental consistió en tres ascensos y descensos utilizando el aero-freno con la particularidad que se realizó un escalón en la consigna de referencia de corriente para verificar el comportamiento del planeador durante el descenso.

Se puede observar de la Fig. 8.a) que la tasa de descenso no tiene cambios significativos para el cambio de la referencia de corriente. Esto permitió determinar el rango de potencia útil para realizar el aerofrenado ya que a mayor corriente extraída la hélice se detiene dejando sin efecto el aero-freno y a menor corriente la hélice no se opone lo suficiente para producir el descenso controlado.

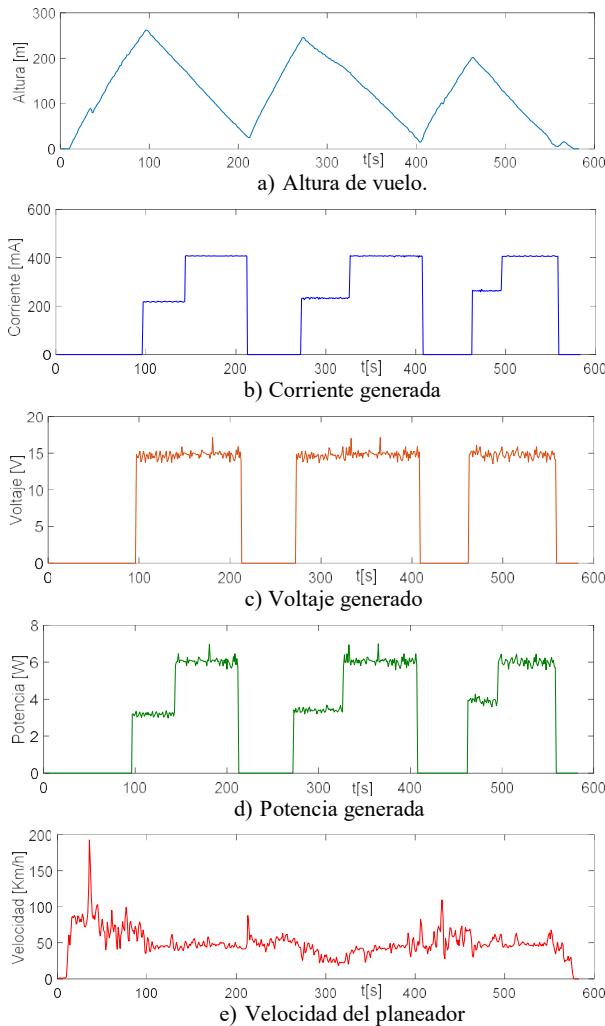


Fig. 8. Vuelo Experimental 2

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se presentó un aero-freno regenerativo para planeadores RC, que a diferencia de los spoilers, el aero-freno permite generar energía permitiendo cargar la batería durante el tiempo de frenado, esto representa una ventaja y aporte en planeadores RC.

Luego de numerosos vuelos experimentales, se determinó que los valores de potencia óptimos para el correcto funcionamiento del aero-freno oscilan entre 3W y 6W donde la tasa de descenso prácticamente no cambia, ya que a mayor corriente extraída la hélice se detiene dejando sin efecto el aero-freno y a menor corriente la hélice no se opone lo suficiente para producir el descenso controlado.

Como trabajos futuros los autores proponen continuar con avances sobre el prototipo construido e incorporar las siguientes consignas,

- Incorporar un estabilizador automático de vuelo, para poder volar a mayores alturas donde ya no se tiene buena visibilidad pero se garantice la estabilidad del vuelo.
- Desarrollar un inversor trifásico de propulsión que pueda ser controlado de modo bidireccional, permitiendo que el flujo de energía generado por el aero-freno circule por el mismo convertidor logrando reducir los componentes del sistema.
- Desarrollar un balanceador de las celdas de las baterías LIPO para que cuando la misma sea cargada en vuelo las distintas celdas no sufran desequilibrios que son muy perjudiciales para su vida útil.
- Incorporar celdas fotovoltaicas en las alas del modelo y proponer una estrategia de manejo de energía para la carga de baterías.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Control Automático (LCA) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA) de la Universidad Nacional de San Luis y a la Agrupación de Aeromodelistas de Villa Mercedes (AAVM Aero Club Villa Mercedes) por permitir realizar los vuelos experimentales del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] George Stringwell, *A Complete Guide to Radio Control Gliders*. Ed. Special Interest Model Books, United Kingdom ISBN 10: 1854861441, 2002.
- [2] Martin Simons, *Model Aircraft Aerodynamics* Ed. Chris Lloyd Sales & Marketing, ISBN: 1854861905, 2000.
- [3] B. Wander, *The art of thermaling*, Book Seven in the Gliding Made Easy Series. Ed. Soaring Books & Supplies, 1998.
- [4] K. Chudej, A. L. Klingler and A. Britzelmeier, "Flight Path Optimization of a Hang-Glider in a Thermal Updraft", IFAC-Papers OnLine, 48, 1, (808)
- [5] W. E. Shaw-Cortez and E. Frew, "Efficient Trajectory Development for Small Unmanned Aircraft Dynamic Soaring Applications", *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 38, 3, (519).
- [6] S.R. Cole, "Effects of Spoiler Surfaces on the Aeroelastic Behavior of a Low-Aspect Ratio Wing," 31st AIAA Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, AIAA Paper 90-0981, pp. 1455–1463, 1990.
- [7] "GEAR SHIFT FOR AIRPLANES SEEN IN ADJUSTABLE PROP". Popular Mechanics, Vol58. Is. 6 pp 951. ISSN 0032-4558, 1932.
- [8] MacCready Jr., P. B., "Regenerative Battery Augmented Soaring (article)," *Journal of Technical Soaring*, Vol. XXIII, No. 1, January 1999.
- [9] Chakrabarty, A., & Langelaan, J. (2010, August). Flight path planning for uav atmospheric energy harvesting using heuristic search. In AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference (p. 8033).
- [10] Barnes P., Pelican Aero Group, Flight Without Fuel - Regenerative Soaring Feasibility Study. General Aviation Technology Conference & Exhibition, August 2006, Wichita, KS, USA, Session: Propulsion Dynamics and Advanced Engine Concepts.
- [11] S.R. Cikanek, K.E. Bailey, "Regenerative braking system for a hybrid electric vehicle", *Proc. ACC' 2002*, pp. 3129-3134, 8-10 May 2002.
- [12] Y. Jiang, J. Liu, W. Tian, M. Shahidehpour, M. Krishnamurthy, "Energy Harvesting for the Electrification of Railway Stations: Getting a charge from the regenerative braking of trains. A", *IEEE Electrification Magazine*, vol. 2, no. 3, pp. 39-48, Sept. 2014.
- [13] Faludi, R., 2010. *Building wireless sensor networks: with ZigBee, XBee, arduino, and processing*. Ed. O'Reilly Media, Inc.
- [14] (2014). Sitio web de Arduino. [Online] Available: <http://www.arduino.cc>.

Estudio e Implementación de Motorización Solar en Planeador RC

Carlos Catuogno ^{#1}, Guillermo Catuogno [#]

[#] Laboratorio de Control Automático, Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes, Argentina

¹ carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Resumen— La integración de la energía solar en la tecnología moderna de los planeadores ha sido un tema de interés y ha recibido mucha atención de los investigadores durante los últimos años. Algunas de las muchas aplicaciones potenciales de esta tecnología son la posibilidad de un vuelo auto sostenido continuo para fines tales como la transmisión de información, la vigilancia y el monitoreo. En esta propuesta se presenta la construcción de un planeador solar con dos motorizaciones, una principal para que el avión despegue alimentada por batería y una secundaria alimentada únicamente por celdas solares para realizar las pruebas experimentales de vuelo. Se presentan resultados preliminares del dimensionamiento, selección de componentes para la motorización secundaria y primeras pruebas de vuelo.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la capacidad de volar sin utilizar combustibles fósiles convencionales ha tenido un creciente interés, tanto en el punto de vista de la aplicación como en el campo científico, ya que las principales preocupaciones son el aumento del calentamiento global y la disminución de los recursos naturales.

Esto ha impulsado la búsqueda de fuentes de energía alternativas y limpias para aplicación en aviones eléctricos, una de las soluciones más comunes es el uso de la energía solar, debido al área disponible de las alas, en la cual es posible montar paneles solares, para suministrar energía para mantener el vuelo [1]. Otras propuestas también utilizan a la hélice del avión como freno para generar energía y cargar las baterías [2].

Las posibles aplicaciones de planeadores solares o Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) incluyen vuelos de vigilancia militar y clasificada donde los radares detectan con dificultad los aviones pequeños. Las aplicaciones científicas incluyen el monitoreo del ozono y la recopilación de datos para los estudios del clima y el calentamiento global. Las aplicaciones comerciales incluyen topografía aérea, mapeo geológico y topográfico, y enlaces de comunicación.

El UAV con energía solar se puede emplear en muchas de las misiones mencionadas anteriormente debido a su rentabilidad, eficiencia ambiental y también porque es capaz de realizar vuelos de larga duración y no requiere mucho mantenimiento [3].



Fig. 1. Prototipo construido LCA-FICA-X02

Sin embargo, el problema crucial es su alto consumo de energía en comparación con su capacidad limitada de generación solar y almacenamiento de energía. Aumentar el tamaño de la batería o incorporar más baterías aumenta el peso del avión, lo que afecta el tiempo de vuelo del UAV ya que es inversamente proporcional. Entonces, ahora, la capacidad de volar un avión para aumentar el límite de resistencia ha sido un tema clave tanto en los UAV como en la aviación civil.

Por lo general los aviones que utilizan la energía solar para volar, alimentan o cargan la batería principal del avión y estas luego se usan para la alimentación del motor y los sistemas de control.

Esta configuración con baterías de propulsión por lo general nos da una carga alar más elevada del planeador por lo que influye negativamente en el aprovechamiento de las condiciones atmosféricas como el vuelo en corrientes térmicas para ganar altitud. (Regenerative Soaring) [4]

En esta propuesta se propone aplicar en un planeador RC un sistema de motorización secundario que consiste en 10 celdas solares sobre su ala y de un motor eléctrico auxiliar de baja potencia sin baterías, para realizar pruebas de vuelo experimentales de prueba de empuje.

La estrategia de vuelo consiste en que una vez que el planeador haya ganado altura suficiente durante el arranque, el motor principal se detenga y continúe el vuelo utilizando la motorización solar y las favorables características de sustentación de los planeadores RC.

De este modo, solo se utilizaría el motor principal para el despegue y elevación y en caso que se lo requiera por alguna emergencia, de esta forma podemos disminuir el tamaño de la batería del planeador ya que solo se usará para el despegue.

La idea, una vez detenido el motor principal, es lograr ir midiendo la altura de vuelo del planeador propulsado por el motor secundario sólo alimentado por la energía solar, proveniente de las celdas instaladas en el ala.

Durante este trabajo se desarrollan diferentes pruebas para determinar las mejores características en el momento de diseñar el sistema de motorización solar. Se trabaja principalmente con resultados experimentales en dos puntos, el primero la caracterización de la curva V-I del panel solar formado por diez celdas ya que al estar las mismas distribuidas longitudinalmente a lo largo del ala, 6 celdas quedan sobre la parte central horizontal y dos sobre cada una de las punteras de ala que poseen un ángulo de diedro de 25° y el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre las mismas no es uniforme en todas las celdas y el segundo la elección de la hélice de mayor rendimiento para las corrientes y tensiones que genera el panel solar.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, la Sección II presenta la estrategia de control del planeador RC, la Sección III es el aeroplano construido con las características de todos los componentes utilizados, el análisis y resultados preliminares del sistema de motorización solar y primeras pruebas de vuelo son presentados en la Sección IV, finalmente en la Sección V se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

II. ESTRATEGIA DE CONTROL

En esta sección se describe el sistema de control del planeador en tres partes, un control primario que es el encargado de comandar el aeroplano e impulsarlo durante el despegue y un control secundario que se encarga de optimizar el vuelo con el objetivo de prolongarlo. También se describe un

bloque denominado *Telemetría*, que se encarga de transmitir los datos a una PC en tierra.

A. Control Primario (Comandos del Avión)

El control primario consiste en el radio control de 7 canales, cada uno de estos canales tiene un objetivo específico y es transmitido al receptor alojado en el planeador. Los componentes del control primario se representan en la Fig. 2 y se describen en la Sección IV.

B. Control Secundario (Control Motor Auxiliar)

El control secundario consiste en el control del motor propuesto, como se representa en la Fig. 2, este sistema está compuesto por las celdas solares y un motor/inversor de aproximadamente la mitad de la potencia del motor/inversor del control principal.

Este sistema comienza a funcionar cuando se activa uno de los canales del transmisor del radio control primario que utilizará para este fin.

La energía generada por los paneles solares es maximizada con un control MPPT (Seguidor de Punto de Máxima Potencia) que se entrega al inversor trifásico que acciona el motor.

El controlador MPPT utiliza los valores de tensión y corriente a la salida de las celdas solares.

C. Telemetría

Tiene instalado un sistema de telemetría similar al utilizado en el LCA-FICA-X01 [2], con medición de diferentes sensores como la altura, temperatura y velocidad del avión transmitidos a través de un enlace de 900 MHz a la estación de tierra.

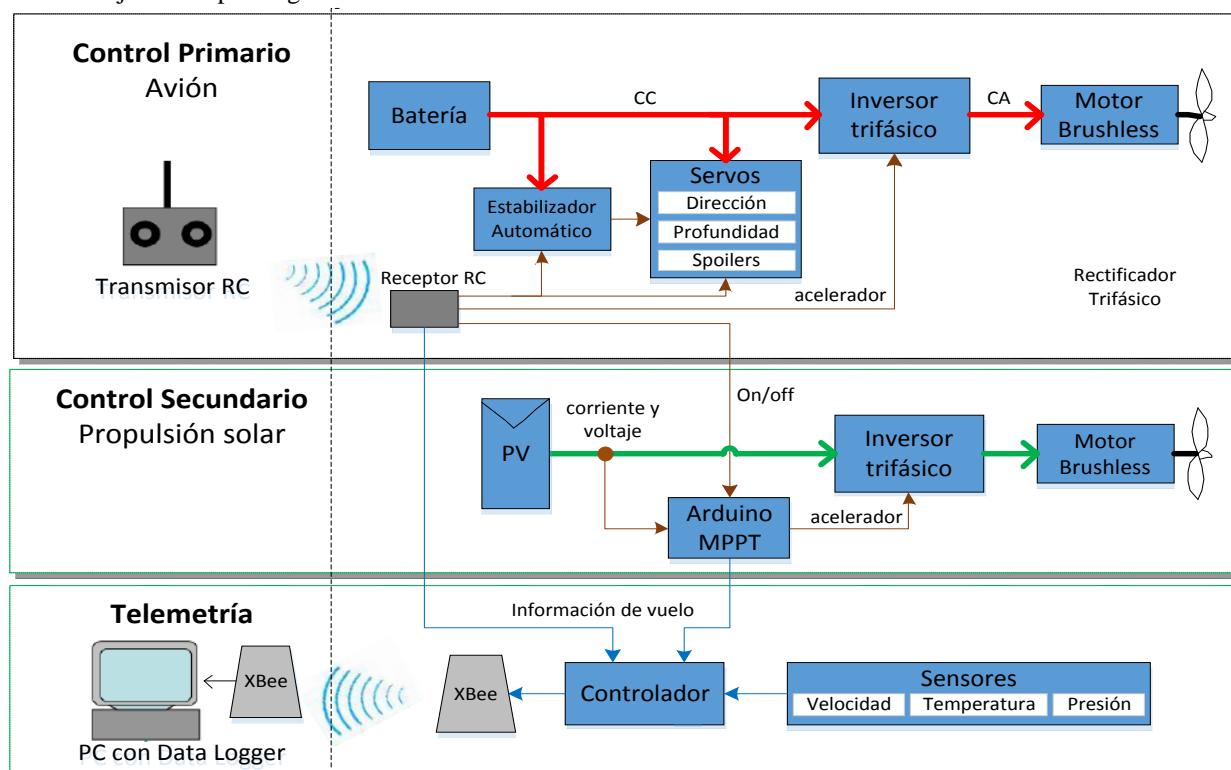


Fig. 2. Diagrama de bloques de la estrategia propuesta

III. ESTUDIOS Y RESULTADOS PRELIMINARES DEL CONTROL SECUNDARIO

A. Determinación de las curvas V-I del ala construida

Con el objetivo de conocer el comportamiento de las 10 celdas solares conectadas en serie que conforman el panel solar, ubicadas en el ala del avión se realizó una caracterización de la curva de V-I del panel solar formado con distintos ángulos de incidencia de los rayos solares.

Las pruebas fueron realizadas en el mes de mayo de 2019 a las 13:00 hs. Estos ensayos se presentan en la Fig. 3.

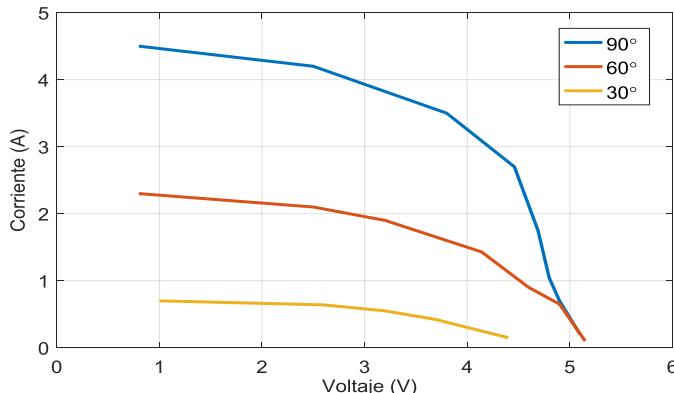


Fig. 3. Caracterización solar del panel solar del LCA-FICA-X02

B. Determinación del máximo empuje estático con hélice de paso variable

El propósito de esta prueba fue optimizar el rendimiento de la hélice con el motor alimentado directamente con el panel solar.

Para esto se construyó un banco de prueba que posee una celda de carga para medir empuje estático y un motor brushless con una hélice de paso variable. El empuje estático se define como la cantidad de empuje producida por una hélice que se encuentra estacionaria en el suelo [6]. En la Fig. 4 se presentan el banco de prueba y sus componentes, los cuales son descriptos en la Tabla I.

TABLA I. COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBA DE EMPUJE

Motor Brushless	AEO C20 1550KV EVP Brushless Motor
Variador	DYS XSD7A
Hélice	4D Metal Variable Pitch + 7inch Prop OM436
Panel Solar	10 x celdas Sunpower conectadas en serie Área: 153cm ² – Pmpp: 3,49W Vmpp: 0,58V
Celda de Carga	Celda De Carga 1kg Amp. HX711 Arduino
Placa de control	Arduino UNO
Data Logger	PC
Servomotor	Micro Servo Tower Pro SG90 9 Grs. 1.8kg Torque

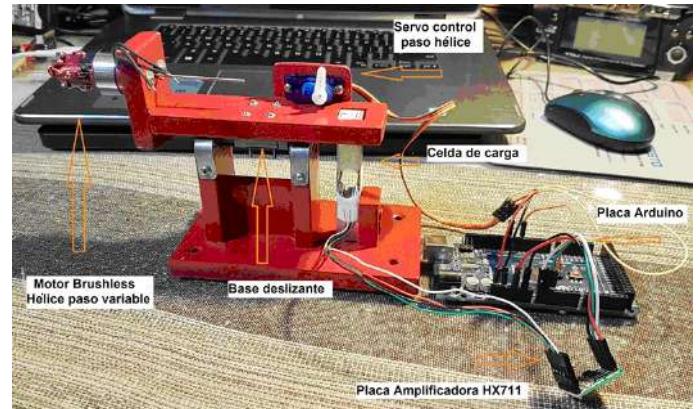


Fig. 4. Banco de prueba de empuje construido

Se realizan pruebas de motor y distintas configuraciones de paso de la helice para obtener el mayor rendimiento con las tensiones y corrientes generadas por el panel solar del ala del avión experimental.

Para esto, el banco de prueba posee un servomotor que cambia el paso de la hélice controlado por un Arduino, que también es utilizado para leer los datos de la celda de carga.

El paso de la hélice es el espacio que recorrería el avión con una vuelta completa de la hélice si el rendimiento de la misma fuese del 100%. Es la cantidad de torsión que tiene cada pala de la hélice como se observa en la Fig. 5.

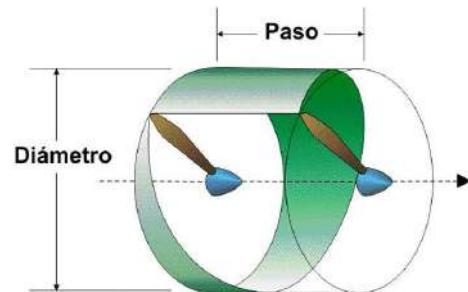


Fig. 5. Paso de una hélice

Las puntas de las palas describen una curva helicoidal sobre la superficie de un cilindro cuya base es un círculo del diámetro de la hélice y la altura es el paso de la hélice. Si desplegamos la superficie de este cilindro obtendremos un rectángulo en el que la curva helicoidal se convierte en una recta tal como se muestra en la Fig. 6.

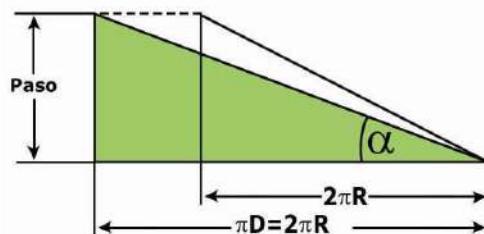


Fig. 6. Superficie de la curva de una hélice

La altura del rectángulo será el paso de la hélice y se puede calcular de la siguiente manera,

$$\tan \alpha = \frac{\text{paso}}{2\pi * \text{radio}} = \frac{\text{paso}}{\pi * \text{diametro}} \quad (1)$$

En la Tabla II se presentan los resultados encontrados durante las pruebas realizadas.

TABLA II. ENSAYOS REALIZADOS EN EL BANCO DE PRUEBA

Voltaje	Corriente	Ángulo Palas(°)	Empuje (grs)	ω (rpm)
3,7	0,6556	3,3°	114	5737,8
3,9	0,6534		129	5838,7
4,1	0,671		135	6150,5
4,3	0,6864		150	6322,1
4,5	0,704		165	6468,8
4,7	0,715		171	6633,8
4,9	0,737		177	6725,5
Voltaje	Corriente		Ángulo Palas(°)	Empuje (grs)
3,7	0,7073	3,9°	135	4571,9
3,9	0,7271		159	4697,7
4,1	0,7436		165	4786,7
4,3	0,7623		165	4885,0
4,5	0,7843		174	5080,2
4,7	0,803		177	5153,5
4,9	0,825		183	5281,9
Voltaje	Corriente		Ángulo Palas(°)	Empuje (grs)
3,7	0,7733	4,5°	75	4054,5
3,9	0,7997		90	4152,7
4,1	0,8184		99	4243,1
4,3	0,8404		102	4334,8
4,5	0,8602		105	4387,2
4,7	0,88		114	4519,5
4,9	0,8976		129	4603,3
Voltaje	Corriente		Ángulo Palas(°)	Empuje (grs)
3,7	0,869	5,2°	75	3890,7
3,9	0,9438		84	3954,9
4,1	0,957		96	3995,5
4,3	0,99		102	4131,7
4,5	1,012		103,5	4163,2
4,7	1,045		111	4283,7
4,9	1,078		123	4338,7

En una primera instancia, lo que se buscó con estas pruebas fue una curva de paso de pala en función de la tensión del panel solar para optimizar el rendimiento. Luego de las pruebas realizadas los mejores valores de empuje fueron encontrados para uno de los pasos seleccionados.

En las Fig. 7-9 se muestran diferentes resultados en base a los valores obtenidos en la Tabla II. De las mismas se observa que para valores de paso grande donde el avance del avión es mayor, la corriente de consumo del motor es elevada y frena al motor reduciendo el empuje. Mientras que para pasos menores

de hélice, se tiene un consumo menor de corriente, y la velocidad del motor aumenta, obteniendo un mayor empuje.

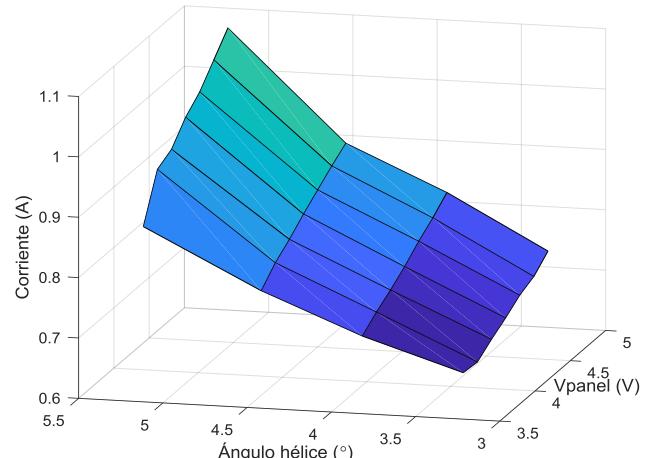


Fig. 7. Corriente en función del paso de hélice y voltaje de las celdas solares.

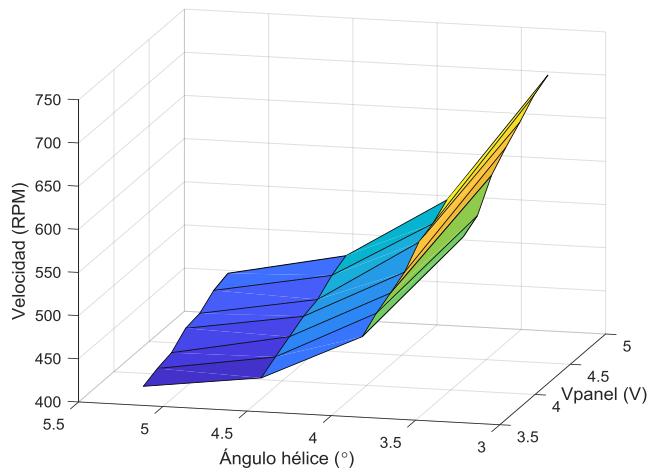


Fig. 8. Velocidad en función del paso de hélice y voltaje de las celdas solares.

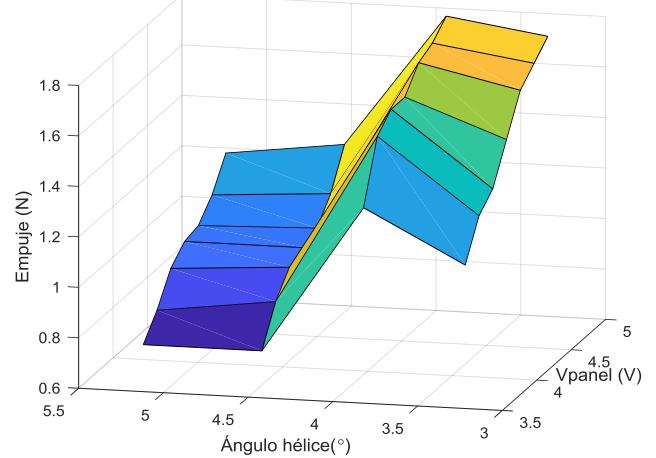


Fig. 9. Empuje en función del paso de hélice y voltaje de las celdas solares.

Finalmente, a partir de los ensayos en el banco de prueba podemos llegar a determinar que el comportamiento adecuado de empuje estático lo obtenemos con un ángulo de paso de 3,9°, por lo que con un diámetro de hélice de 7° obtenemos que

la hélice de paso fija mas adecuada para colocar en el motor auxiliar es una hélice comercial de de paso 7"x3".

En el prototipo LCA-FICA-X02, dicho motor fue montado en una cábana sobre el ala del planeador cerca del centro de gravedad del avión para no interesar con el motor principal del planeador que va alojado en la trompa.

C. Control MPPT de los paneles solares

Se implementa un control MPPT sobre una placa Arduino UNO del tipo perturbación y observación (P&O) [5], para esto, se mide la tensión y corriente de las celdas fotovoltaicas. Además, el algoritmo considera como entrada un canal del receptor de la radio que habilita o no el funcionamiento del motor secundario. La salida optimizada del MPPT se obtiene una señal PWM que es la encargada de controlar (acelerar/desacelerar) el inversor trifásico del motor secundario.

En la Figura 10 se presenta un diagrama en bloques del algoritmo P&O implementado.

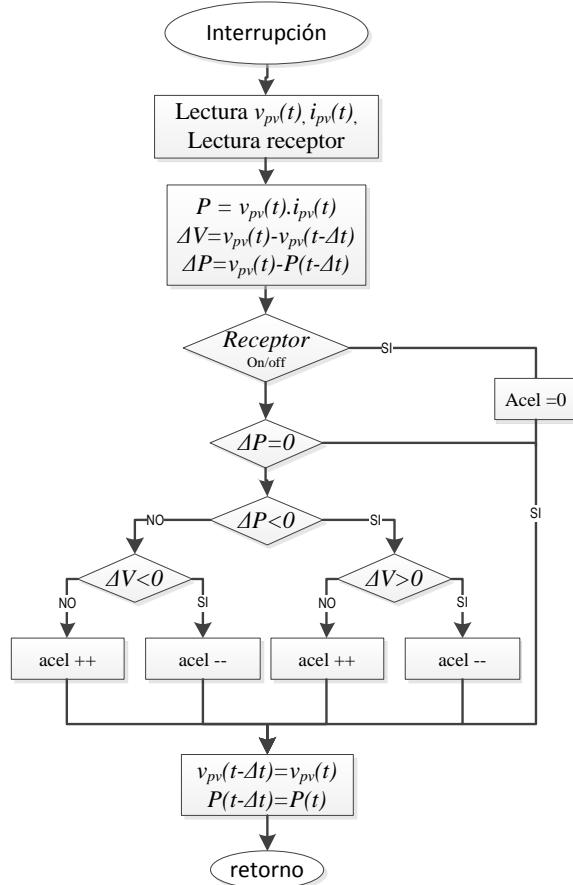


Fig. 10. Diagrama en bloques del algoritmo MPPT.

IV. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

Para este trabajo, se desarrolló y construyó el planeador experimental LCA-FICA-X02 en el Laboratorio de Control Automático a diferencia de trabajos previos donde se utilizó un planeador comercial [2]. El planeador es de construcción convencional de madera balsa y recubierto con film termocontraíble, posee una envergadura de 1.8 mts, un peso en el

orden de vuelo de 1500 grs y una carga alar 25 gr/dm2. La idea del diseño básico se tomó de los planeadores de vuelo libre, donde predomina la gran auto-estabilidad y la reducida velocidad de vuelo, con perfiles de gran sustentación.

El diseño tiene un fuselaje optimizado con cola en V para un vuelo eficiente y para cumplir con los demás requisitos de instalación de sensores se hizo una bodega superior aerodinámica donde se tuvo en cuenta la capacidad de carga útil todo esto para que la potencia necesaria para el vuelo en estado estable sea con un consumo de energía mínimo. [7]

El planeador fue equipado con electrónica acorde a las necesidades para realizar un vuelo estable y permitir en el momento en que el avión entre en planeo sin funcionamiento del motor principal se active la propulsión mediante el motor auxiliar alimentado por el panel solar y poder medir con los sensores instalados en el avión, la velocidad de vuelo, altura y activación de motores tanto principal como auxiliar, datos que serán enviados a la estación de tierra on-line para su análisis y estudio.

Para estandarizar los datos medidos cuando el avión este volando con el motor auxiliar, se instaló en el planeador un estabilizador de vuelo automático que será activado al momento de encender el motor auxiliar para que no existan perturbaciones en el vuelo generados por el piloto en tierra que puedan afectar las mediciones, este mantiene al planeador volando perfectamente nivelado en forma automática.

En la Tabla III se presentan los componentes y características del prototipo.

TABLA III. AVIÓN EXPERIMENTAL LCA-FICA-X02

Control Principal	
Motor Brushless	Motor Turnigy D2836/8 1120KV, 336W, 1130g de empuje.
Hélice	fija plegable de paso 9"x6"
Variador	HobbyKing UBEC 30A
Batería	LIPO 11.1V 2200mA
Radio Control Tx	Specktrum D7
Radio Control Rx	Specktrum Ar6200
Estabilizador	RX3S Orange RX Flight Stabilizer V2
Servomotores	Micro Servo Tower Pro Sg90 9 Grs. 1.8kg Torque
Control Secundario	
Panel Solar	10 x celdas Sunpower conectadas en serie Área:153cm2 – Pmpp:3,49W Vmpp:0,58V
Motor Brushless	AEO C20 1550KV, 78.3W, 405g de empuje.
Variador	DYS modelo XSD7A
Hélice	fija plegable de paso 7"x3"
Controlador	Arduino UNO
Telemetría	
Data Tx-Rx	XBee Pro 900
Velocidad	Air speed Microsensor Eagle Tree
Temperatura y presión	BMP280 Adafruit
Data Logger	Software XCTU

En las Fig. 11 se presenta una imagen del prototipo durante su construcción.



Fig. 11. Prototipo en construcción.

Se realizaron dos pruebas, de dos vuelos cada una. Se estableció hacer un ascenso con motor principal de 30 segundos y luego detenerlo, durante el primer vuelo se activó únicamente el piloto automático con el planeador enfrentado al viento, y el mismo descendió planeando en forma controlada, en el segundo vuelo luego de detenido el motor principal se activó el motor auxiliar y el piloto automático en idénticas condiciones al primer vuelo, el tiempo máximo de vuelo se limitó aproximadamente a 10 minutos.

Primeras Pruebas de Vuelo

Durante el primer vuelo se observa en la Figura 12 que el descenso es controlado y constante, y en el segundo se puede notar que si bien el motor auxiliar ayuda a reducir la tasa de descenso no alcanza para mantener la altura, debido principalmente a la menor generación obtenida de los paneles por el ángulo de incidencia de los rayos solares. (prueba realizada a las 13:15 hs con cielo despejado y 21 °C de temperatura)

Segunda Prueba de Vuelo

En el primer vuelo se observa que el descenso es controlado y constante, y en el segundo (Figura 13) se puede notar que si bien el motor auxiliar ayuda a reducir la tasa de descenso no alcanza para mantener la altura, debido principalmente a la menor generación obtenida de los paneles por el ángulo de incidencia de los rayos solares. (prueba realizada a las 16:37 hs con cielo despejado y 19 °C de temperatura)

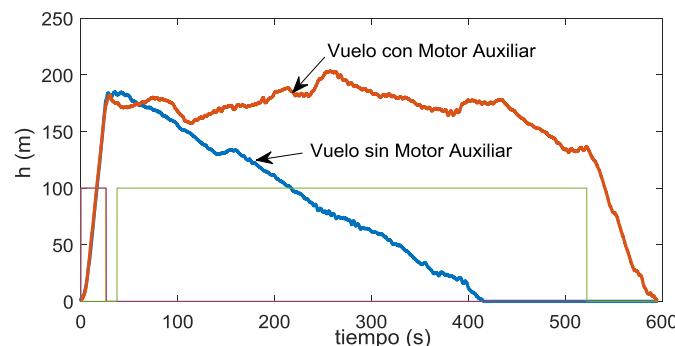


Fig. 12. Primeras pruebas de vuelo.

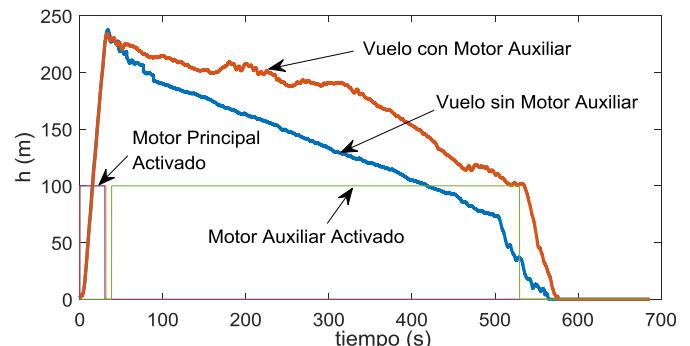


Fig. 13. Segundas pruebas de vuelo.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se presenta un prototipo experimental de planeador con motorización solar auxiliar que sirve de plataforma experimental para hacer ensayos de vuelo.

Se realizan diferentes ensayos con las celdas solares para su caracterización y pruebas de empuje estático para optimizar la selección de hélice adecuada a la energía generada por las celdas solares. También se implementa un algoritmo MPPT para extraer la máxima energía de las celdas solares.

Se hacen dos primeras pruebas experimentales de dos vuelos cada una y se obtienen los resultados experimentales para su análisis.

Como trabajos futuros los autores proponen continuar con avances sobre el prototipo construido e incorporar las siguientes consignas,

- Mejorar el sistema de telemetría para las próximas pruebas de vuelo experimentales, agregando la medición de parámetros eléctricos y poder verificar y ajustar el óptimo funcionamiento del MPPT.
- Volcar la información y los conocimientos adquiridos en el proyecto de avión solar UAV autónomo LCA-FICA-X03 que ya encuentra en proceso de construcción y cuenta con mayor número de celdas solares.

REFERENCIAS

- [1] André NOTH - Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight - DISS. ETH NO. 18010.
- [2] C. Catuogno., I. Blanco., G. Catuogno, "Regenerative Air-Brake in Radio Control Glider" 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Year: 2018, Pages: 1 – 6.
- [3] Symolon W. E., High-altitude, long-endurance UAV's vs. satellites: Potential benefits for US army application, MSc thesis, MIT, 2009. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/54620>, 2009.
- [4] J. Philip Barnes, Pelican Aero Group - Flight Without Fuel - Regenerative Soaring, SAE TECHNICAL-PAPER SERIES 2006-01 -2422.
- [5] G. Frias, M. Asensio, G. Catuogno "Implementation of a Maximum Power Point Follower in a Wind Turbine with DsPIC" 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON) Year: 2018 Pages: 1 – 8.
- [6] E.L. Peponakis, A.G. Paspatis, R.D. Oikonomidis, G.A. Barzegar-Ntovom, K.E. Bampouras - A Simple Low Cost Setup for Thrust and Energy Efficiency Calculation for Small Brushless DC Motors - Conference Paper - April 2016.
- [7] Scott Morton, Ruben D'Sa, and Nikolaos Papanikolopoulos - Solar Powered UAV: Design and Experiments - 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).

Concurso Universitario de Innovación UNSL Xi 2019**FORMULARIO DE PRESENTACIÓN FASE 2 - PRESENTACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO / MODELO DE IMPACTO.****Información obtenida en cada segmento aplicando metodología CANVAS****Denominación del Proyecto**

Plataforma Aérea Autónoma “Ojo de Halcón”

Responsable

Ing. Guillermo Catuogno

1 - Segmentos de clientes / beneficiarios

Actualmente se está desarrollando el tercer prototipo dentro del LCA, para estudiar la problemática específica del Río Nuevo Río Nuevo, con el objetivo de testear el funcionamiento y comportamiento del aeroplano como también el análisis de las imágenes capturadas.

A partir de esta experiencia, y dada las ventajas de cubrir grandes distancias, ser autónomo y de bajo costo, este prototipo puede ser utilizado para diversas funciones como ser,

- Agricultura,
- Catástrofes como terremotos e incendios.

2 - Propuesta de valor

Se propone el uso un avión UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado) autónomo, para monitorear grandes distancias, que vaya transmitiendo en tiempo real imágenes y video como así otros datos relevantes a la estación en tierra y con la particularidad de autoabastecerse por energía solar y aprovechamiento de condiciones atmosféricas (vuelo térmico y dinámico), para aumentar la capacidad de los vuelos a más de 12 horas, recolectando energía de la atmósfera y del sol, mejorando la resistencia y ayudando a que el avión vuele por más tiempo sin cargar más peso en baterías y se pueda monitorear gran parte de la cuenca a diario sin necesidad de reabastecimiento, cubriendo una ruta preestablecida en forma autónoma y a un bajo costo.

3 – Canales

Se prevé ofrecer tres paquetes,

1-Servicio de Imágenes: Los clientes podrán contratar el servicio para el cual se usará prototipo del LCA para el monitoreo de determinada región, frecuencia y tipo de imágenes requeridas (por el momento en zonas cercanas a centro de operaciones en el aeroclub)

2- Venta de aeroplano: Los clientes podrán comprar un aeroplano, pero el análisis de imágenes será realizado por el equipo del LCA. Solo se requerirá de una persona para lanzar el avión y esperar su aterrizaje, no es necesario conocimientos técnicos.

3- Venta de Aeroplano y capacitaciones: Los clientes podrán comprar un aeroplano con el sistema de imágenes que incluye las capacitaciones para realizar los vuelos y análisis de imágenes.

Los posibles canales directos, son ofreciendo el producto en caso de “emergencias y catástrofes” a organismos como Defensa Civil, Bomberos, Municipios, etc. En el caso de Agricultura realizando stands en exposiciones de la Rural.

El canal Indirecto será a través de páginas Web de ventas tipo MercadoLibre, etc.

4 - Relaciones con clientes / beneficiarios

Ya se han hecho contactos vía correo electrónico con Investigadores del INTA y la UNSL que estudian la problemática de la Cuenca del Morro. También se ha hablado personalmente con integrantes de Bomberos Voluntarios y Defensa Civil para ofrecerles el servicio/producto.

5 - Fuentes de ingresos

Las fuentes de ingreso previstas son,

Ingresos por Servicios: Estos son MENSUALES y a cambio del monitoreo de zonas contratadas por clientes con el avión propio u otro.

Ingresos por venta de Aeroplano: Ingreso UNICO por la compra de un aeroplano más la capacitación que podrá realizarse con diferentes medios de pago.

6 - Recursos Clave

Los recursos claves para esta propuesta son:

- Laboratorio de Control Automático
- Aeroclub Villa Mercedes
- Personal técnico
- Plataformas web: Facebook, MercadoLibre, etc.
- Marketing

7 - Actividades Clave

Las actividades claves propuestas son,

- Construcción del prototipo
- Servicio de análisis de imágenes
- Atención al Cliente y asesoría post-venta
- Plataformas Web

8 - Socios Clave

En este aspecto, al igual que se ha estado haciendo énfasis, solo se mencionarán los socios claves relacionados con la temática del Río Nuevo. Dependiendo la tarea para la que sea utilizada el aeroplano pueden surgir nuevos socios claves.

Los socios claves de esta propuesta son:

- **Aeroclub Villa Mercedes:**

- **Defensa Civil:** A través de ellos sabremos en qué zonas realizar los relevamientos y lugares más críticos.
- **INTA:** Al igual que defensa Civil, con los investigadores del INTA se pretende analizar en conjunto las imágenes para detectar posibles focos y avances peligrosos del Río Nuevo.

9 - Estructura de costos

AVION	
Fuselaje fibra de vidrio (TNT models)	\$ 4.500
Filamento 1,75 fibra de carbono	\$ 1.200
Tubos de Carbono largueros ala (x4)	\$ 4.000
Madera Balsa	\$ 750
Recubrimiento alas	\$ 550
Celdas solares	\$ 7.000
ELECTRONICA	
Motor brushless c/ helice	\$ 2.200
Variador	\$ 1.400
Equipo de radio	\$ 3.500
Modulo de potencia RF	\$ 4.000
Camara de video 4K c/zoom	\$ 8.400
Sistema de video RX-Tx	\$ 5.000
Sistema de autoguiado GPS (pixhawk 4)	\$ 5.000
Seguidor de antena	\$ 2.500
Total	\$50000



Guillermo R. Calduogni
Dr. Ing. Electrónica Eléctronica

.....
Responsable del Proyecto



2019-0248

Avión-drone de monitoreo en tiempo real

Aeronave solar no tripulada, de largo alcance y de bajo costo de construcción y operación, para seguimiento mediante video en tiempo real y disparo de alertas de la creciente problemática generada en la Cuenca del Morro (San Luis).

👤 Carlos Catuogno: carloscatuogno105@yahoo.com.ar

🏢 Laboratorio de Control Automático (FICA-UNSL)

📍 San Luis

Ensayos en Motorización Solar de Planeador RC con Supercapacitores

Carlos Catuogno, Guillermo Catuogno
Laboratorio de Control Automático (LCA)
INTEQUI (CONICET - UNSL)
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Jonathan Bosso, Guillermo Garcia
Grupo de Electronica Aplicada (GEA)
IITEMA (CONICET - UNSL)
Villa Mercedes, Argentina
[jnthnbss@gmail.com](mailto:jnthsnbss@gmail.com); garciasapino@gmail.com

Resumen— Los aviones solares son una excelente alternativa para aumentar las capacidades de autonomía de los aviones no tripulados. En este trabajo se presenta la construcción de un planeador solar con dos motorizaciones, una principal para que el avión despegue alimentada por batería, una secundaria alimentada por celdas solares y un banco de supercapacitores para realizar las pruebas experimentales de vuelo. Se presentan resultados preliminares del dimensionamiento, selección de componentes para la motorización secundaria y pruebas de vuelo.

I. INTRODUCCIÓN

Los aviones solares son la plataforma perfecta para aumentar las capacidades de los aviones no tripulados. De hecho, con la gran expansión que han experimentado los Unmanned Aerial Vehicles (UAV) o Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), se ha visto como las capacidades de estas aeronaves son limitadas debido a la poca autonomía que tienen en aplicaciones civiles de bajo costo. Este tipo de avión, combinado con las tecnologías del vuelo solar, puede tener la capacidad de volar durante días sobre una zona, con aplicaciones como la prevención de incendios forestales, el control de tránsito o las comunicaciones en zonas aisladas o misiones científicas.

Los aviones ligeros con grandes alas pueden volar utilizando solamente la energía solar. Esto ha impulsado la búsqueda de fuentes de energía alternativas y limpias para aplicación en aviones eléctricos, una de las soluciones más comunes es el uso de la energía solar, debido al área disponible de las alas, en la cual es posible montar paneles solares, para suministrar energía para mantener el vuelo [1]. Otras propuestas también utilizan a la hélice del avión como freno para generar energía y cargar las baterías [2].

Según el reporte realizado por IDTechEx sobre los aviones eléctricos para los próximos 10 años [3], hay muchas formas de conseguir electrificar los aviones, desde aviones con hasta 30 motores eléctricos, a motores iónicos o pilas de combustible. Las hélices regenerativas, los paneles solares y los supercapacitores serán los que asistirán a estos sistemas.

Las posibles aplicaciones de planeadores solares UAV incluyen vuelos de vigilancia militar y clasificada donde los radares detectan con dificultad los aviones pequeños. Las aplicaciones científicas incluyen el monitoreo del ozono y la recopilación de datos para los estudios del clima y el calentamiento global. Las aplicaciones comerciales incluyen topografía aérea, mapeo geológico y topográfico, y enlaces de comunicación [4].



Fig. 1. Prototipo LCA-FICA-X02

El UAV con energía solar se puede emplear en muchas de las misiones mencionadas anteriormente debido a su rentabilidad, eficiencia ambiental y también porque es capaz de realizar vuelos de larga duración y no requiere mucho mantenimiento [5].

Sin embargo, el problema crucial es su alto consumo de energía en comparación con su capacidad limitada de generación solar y almacenamiento de energía. Aumentar el tamaño de la batería o incorporar más baterías aumenta el peso del avión, lo que afecta el tiempo de vuelo del UAV ya que es inversamente proporcional. Entonces, ahora, la capacidad de volar un avión para aumentar el límite de resistencia ha sido un tema clave tanto en los UAV como en la aviación civil.

Por lo general los aviones que utilizan la energía solar para volar, alimentan o cargan la batería principal del avión y estas luego se usan para la alimentación del motor y los sistemas de control.

Esta configuración con baterías de propulsión por lo general nos da una carga alar más elevada del planeador por lo que influye negativamente en el aprovechamiento de las condiciones atmosféricas como el vuelo en corrientes térmicas para ganar altitud (Regenerative Soaring) [6].

En la propuesta presentada en [7] está basada en un planeador Radio Control (RC) con un sistema de motorización secundario que consiste en 10 celdas solares sobre su ala y de un motor eléctrico auxiliar de baja potencia. La estrategia de vuelo consistía en que una vez que el planeador haya ganado altura suficiente durante el arranque, el motor principal se detiene y continúa el vuelo utilizando la motorización solar y las características de sustentación de los planeadores RC.

La desventaja de esta propuesta presentada en [7] es que en ciertos instantes donde los rayos del sol no inciden de la mejor manera sobre los paneles debido a maniobras del planeador o a las nubes, puede ocasionar que se detenga el motor del control secundario. Ante este inconveniente, se propone incluir un banco de supercapacitores en los bornes de las celdas con el objetivo de entregar la energía necesaria en dichos instantes. De este modo, solo se utilizaría el motor principal para el despegue y elevación y en caso que se lo requiera por alguna emergencia, de esta forma podemos disminuir el tamaño de la batería del planeador ya que solo se usará para el despegue.

La idea, una vez detenido el motor principal, es lograr ir midiendo la altura de vuelo del planeador impulsado por el motor secundario sólo alimentado por la energía solar y la energía almacenada en el banco de capacitores.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, en la Sección II se presenta la estructura del sistema de control del UAV, la Sección III presenta las curvas características de los distintos componentes del control secundario. La Sección IV presenta el prototipo construido y sus especificaciones y los resultados experimentales son mostrados en la Sección V. Finalmente, las conclusiones son presentadas en la Sección VI.

II. SISTEMA DE CONTROL

En esta sección se describe el sistema de control del planeador en tres partes, un control primario que es el encargado de comandar el aeroplano e impulsarlo durante el despegue y un control secundario que se encarga de optimizar el vuelo con el objetivo de prolongarlo. También se describe un bloque denominado *Telemetría*, que se encarga de transmitir los datos a una PC en tierra.

A. Control Primario (Comandos del Avión)

El control primario consiste en el radio control de 7 canales, cada uno de estos canales tiene un objetivo específico y es

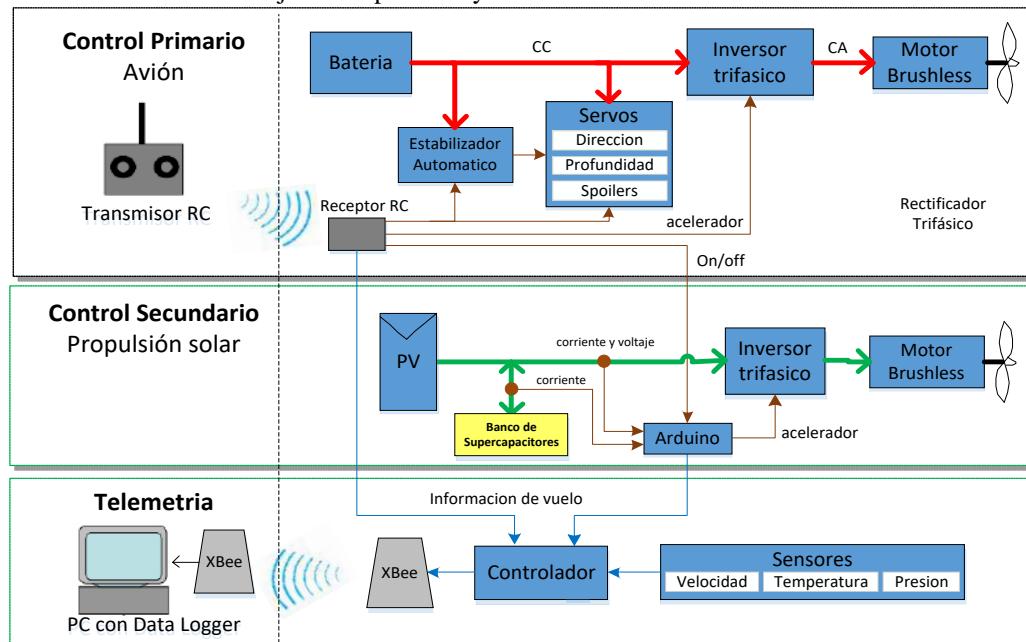


Fig. 2. Diagrama de bloques de la estrategia propuesta

transmitido al receptor alojado en el planeador. Los componentes del control primario se representan en la Fig. 2.

B. Control Secundario (Control Motor Auxiliar)

El control secundario consiste en el control del motor propuesto, como se representa en la Fig. 2, este sistema está compuesto por las celdas solares y un motor/inversor de aproximadamente la mitad de la potencia del motor/inversor del control principal.

Este sistema comienza a funcionar cuando se activa uno de los canales del transmisor del radio control primario que es utilizado para este fin.

La energía generada por los paneles solares es monitoreada con un control de aceleración que es el encargado de ir acelerando o desacelerando el inversor trifásico que acciona el motor de acuerdo al valor de aceleración leído desde la radio y la tensión del panel.

El control implementado sobre la placa Arduino mide los valores de tensión y corriente a la salida de las celdas solares más la entrada de acelerador desde el radio control y la corriente del capacitor.

El control secundario es alimentado por el banco de supercapacitores, que son dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica, ofrecen alta densidad de potencia, ciclos extremadamente altos de trabajo y robustez mecánica.

En esta propuesta se proponen dos bancos de capacitores con diferentes capacidades para comparar su dinámica y respuesta en el tiempo. La caracterización se realiza en la subsección III.B

C. Telemetría

Tiene instalado un sistema de telemetría similar al utilizado en el LCA-FICA-X01 [2], con medición de diferentes sensores como la altura, temperatura y velocidad del avión transmitidos a través de un enlace de 900 MHz a la estación de tierra.

III. RESULTADOS PRELIMINARES DEL CONTROL SECUNDARIO

A. Determinación de las curvas V-I del ala construida

Con el objetivo de conocer el comportamiento de las 10 celdas solares conectadas en serie que conforman el panel solar, ubicadas en el ala del avión se realizó una caracterización de la curva de V-I del panel solar formado con distintos ángulos de incidencia de los rayos solares.

Las pruebas fueron realizadas en el mes de mayo de 2019 a las 13:00 hs en el Aeroclub Villa Mercedes (Latitud -33.6757088 Longitud -65.4578323). Estos ensayos se presentan en la Fig. 3.

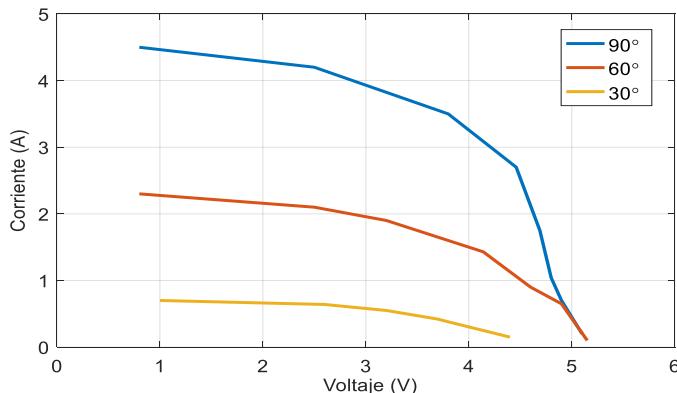


Fig. 3. Caracterización solar del panel solar del LCA-FICA-X02

Tambien a partir de los ensayos realizados en banco de pruebas se determinó que el comportamiento adecuado de empuje estático para el motor auxiliar alimentado con el panel solar del ala, lo obtenemos con un ángulo de paso de 3,9°, por lo que con un diámetro de hélice de 7° obtenemos que la hélice de paso fija mas adecuada para colocar en el motor auxiliar es una hélice comercial de paso 7"x3" [7-8].

En el prototipo LCA-FICA-X02, dicho motor está montado en una cábana sobre el ala del planeador cerca del centro de gravedad del avión para no interferir con el motor principal del planeador que va alojado en la trompa.

B. Calculo y caracterización del banco de supercapacitores

Para estos ensayos se usaron dos bancos de supercapacitores (SC), uno compuesto por un único SC de 1F - 5.5V y el restante por dos SC de 25F - 2,7V conectados en serie. Los parámetros se presentan en la Tabla I y los mismos fueron seleccionados en función de la disponibilidad del laboratorio, priorizando los de mayor capacidad, menor peso y tensión de trabajo adecuada.

Los siguientes pasos de diseño se utilizaron para dimensionar el banco de supercapacitores [9]:

1. La salida de voltaje máximo del panel solar ($V_{max} \sim 5$ VDC) determinó la tensión de carga máxima y, por lo tanto, el tamaño del banco SC basado en la tensión.

Para el supercapacitor de 1F no hace falta calcular la tensión ya que la tensión de trabajo es superior a la de las celdas solares mientras que para los capacitores de 25F se calcula la cantidad

necesaria para obtener el voltaje óptimo, se calcularon utilizando la siguiente expresión,

$$N_{SC-serie} = \frac{V_{max-PV}}{V_{max-SC}} \quad (1)$$

donde $N_{SC-serie}$ es el número de supercapacitores en serie, V_{max-PV} la tensión máxima del array de celdas fotovoltaicas y V_{max-SC} el voltaje máxima del supercapacitor.

2. La cantidad total de carga almacenada determinada por la capacitancia del banco de supercapacitores, C_{banco} , en Faradios (F), se define como,

$$C_{banco} = C_{SC} \times \frac{N_{SC-serie}}{N_{SC-paralelo}}, \quad (2)$$

donde C_{SC} es la capacidad individual (Tabla I) y $N_{SC-paralelo}$ el número de capcitores en paralelo.

3. Se determinan dos tipos de pérdidas asociadas a los SC, las asociadas a la resistencia paralela equivalente (EPR) y la resistencia serie equivalente (ESR). La EPR representa una ruta de fuga actual dentro del supercapacitor que limita las capacidades a largo plazo del dispositivo. La ESR depende del número de células en serie o en paralelo. El aumento de celdas en paralelo reduce la resistencia mientras que más células en serie aumentan la resistencia. Se calculó la resistencia del banco supercapacitores (R_{banco}) utilizando:

$$R_{banco} = ESR \times \frac{N_{SC-serie}}{N_{SC-paralelo}}. \quad (3)$$

4. Para obtener una indicación de la cantidad de tiempo de almacenamiento (Δt) disponible del banco de SC, se utilizó la siguiente expresión,

$$\Delta t = \frac{C_{banco}}{I_{prom}} * (\Delta V - I_{prom} * R_{banco}) \quad (4)$$

donde I_{prom} es la corriente de descarga promedio y ΔV es el voltaje diferencia entre V_{max} (5 VDC) y el voltaje mínimo operativo (2 VDC). Esta ecuación podría usarse para la carga o la descarga. Para los cálculos se utilizó una I_{prom} de 1.5 A.

5. Finalmente, la energía (E) almacenada en el banco de supercapacitores es proporcional al voltaje de carga (V) al cuadrado donde,

$$E = \frac{1}{2} C_{banco} V^2. \quad (5)$$

Por lo tanto, es posible utilizar el 75% de la energía eléctrica almacenada en el banco de supercapacitores descargando a menos de la mitad de su tensión máxima (5 VDC).

Aunque los supercapacitores no tienen umbral de funcionamiento más bajo y se puede descargar a 0 V, la mayoría los convertidores de CC tienen un voltaje mínimo (2 VDC) que limita el uso de energía.

En las Fig. 4 y 5 se realizaron dos ensayos para los dos bancos de SC, con el objetivo de observar los tiempos de carga y descarga de los mismos. Se puede apreciar que se corresponden a los obtenidos en los cálculos realizados en la Tabla I.

TABLA I. ESPECIFICACIONES Y CALCULOS DEL LOS SC

Especificaciones		
Capacidad, C_{SC}	1 (F)	25 (F)
Tolerancia	-10%, +30%	-10%, +30%
Tensión, V_{max-SC}	5.5 (V)	2.7 (V)
ESR	260 ($m\Omega$)	25 ($m\Omega$)
Vida útil @ Temp.	1000 Hrs @ 65°C	1000 Hrs @ 65°C
Dimensiones	17.00 x 8.50 (mm)	17.00 x 27.00 (mm)
Temp. operación	-40°C ~ 65°C	-40°C ~ 65°C
Imagen		
Cálculos realizados		
$N_{SC-serie}$	1	2
$N_{SC-paralelo}$	1	1
C_{banco}	1 (F)	12,5 (F)
R_{banco}	260 ($m\Omega$)	50 ($m\Omega$)
Δt	1,74 (s)	24,37 (s)
E	12,5 (Wh)	126,25 (Wh)

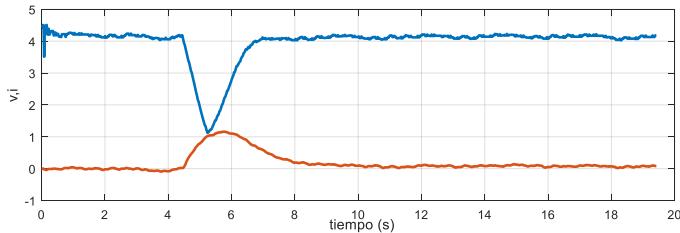


Fig. 4. Caracterización de las curvas de carga y descarga del capacitor de 1F

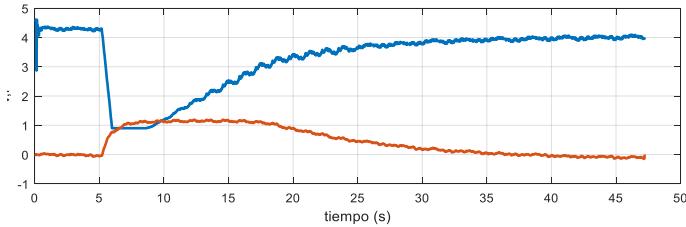


Fig. 5. Caracterización de las curvas de carga y descarga del capacitor de 12,5F

C. Control de aceleración del motor auxiliar

Se implemento un control de aceleración sobre una placa Arduino UNO que mide la tensión y corriente de las celdas fotovoltaicas. Además, el control lee la señal de aceleración del motor proveniente del radiocontrol y luego de hacer una

comparación entre los valores de tensión del panel y el valor mínimo seteado se obtiene una señal PWM que es la encargada de controlar (acelerar/desacelerar) el inversor trifásico del motor secundario. Este valor mínimo se setea en 2 V ya que si la tensión de alimentación del inversor cae por debajo de este valor, el mismo se resetearía y no podría volver a reiniciarse en vuelo.

En la Figura 6 se presenta un diagrama en bloques del control implementado.

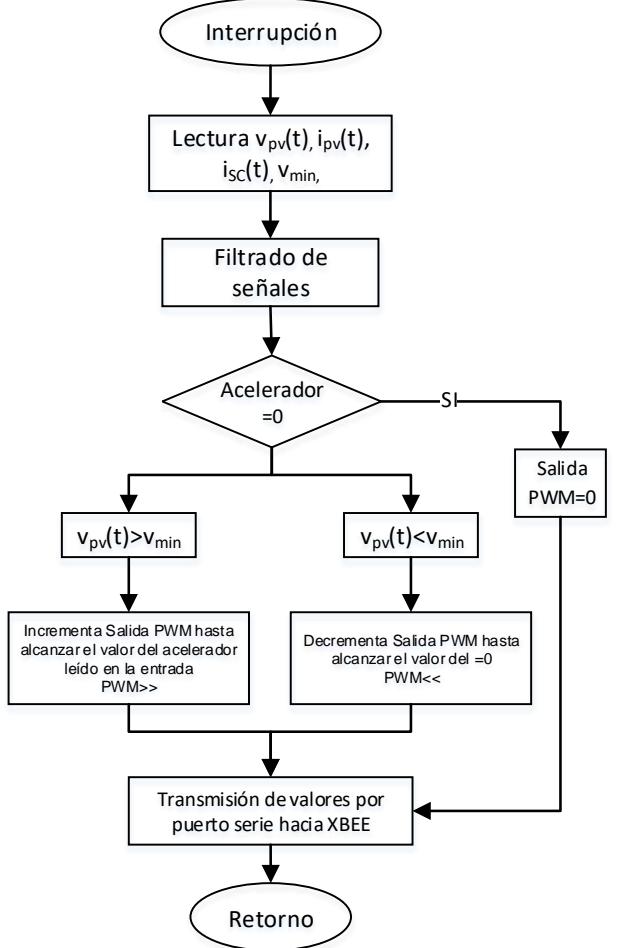


Fig. 6. Diagrama en bloques del algoritmo del control de aceleración.

IV. PROTOTIPO CONSTRUIDO

Para este trabajo, se utilizó el planeador experimental LCA-FICA-X02 que fue desarrollado en el Laboratorio de Control Automático a diferencia de otros trabajos previos donde se utilizó un planeador comercial [2]. El planeador es de construcción convencional de madera balsa y recubierto con film termo contraíble, posee una envergadura de 1.8 mts, un peso en el orden de vuelo de 1500 grs y una carga alar 25 gr/dm². La idea del diseño básico se tomó de los planeadores de vuelo libre, donde predomina la gran auto-estabilidad y la reducida velocidad de vuelo, con perfiles de gran sustentación.

En las Fig. 7 se presenta una imagen del prototipo durante su construcción.

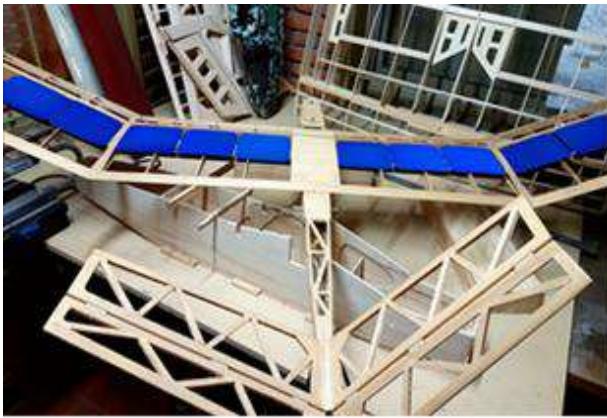


Fig. 7. Prototipo en construcción.

El diseño tiene un fuselaje optimizado con cola en V para un vuelo eficiente y para cumplir con los demás requisitos de instalación de sensores se hizo una bodega superior aerodinámica donde se tuvo en cuenta la capacidad de carga útil todo esto para que la potencia necesaria para el vuelo en estado estable sea con un consumo de energía mínimo.

El planeador está equipado con electrónica acorde a las necesidades para realizar un vuelo estable y permitir en el momento en que el avión entre en planeo sin funcionamiento del motor principal se active la propulsión mediante el motor auxiliar alimentado por el panel solar y poder medir con los sensores instalados en el avión, la velocidad de vuelo, altura y activación de motores tanto principal como auxiliar, datos que serán enviados a la estación de tierra on-line para su análisis y estudio.

V. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se presentan resultados experimentales del prototipo en vuelo. En la Figura 8 se observa un vuelo experimental del planeador realizado con motor auxiliar alimentado solamente por panel solar.

Para nuestros ensayos y para estandarizar los datos medidos cuando el avión este volando con el motor auxiliar, el planeador tiene instalado un estabilizador de vuelo automático que será activado al momento de encender el motor auxiliar para que no existan perturbaciones en el vuelo generadas por el piloto en tierra que puedan afectar las mediciones, este mantiene al planeador volando perfectamente nivelado en forma automática.

Es posible observar las ventajas de utilizar un motor secundario para prolongar el vuelo en UAVs.

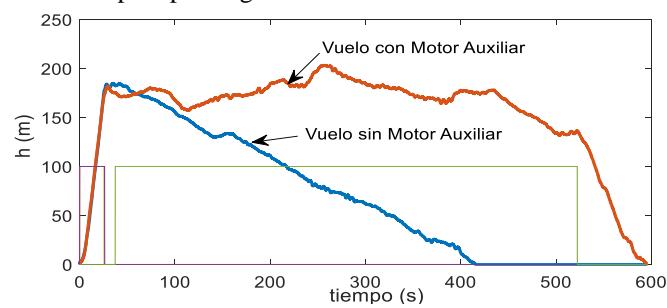


Fig. 8. Prueba de vuelo CON y SIN motor auxiliar.

Por otro lado, se realizaron pruebas del sistema de alimentación secundario sin y con los bancos de capacitores. Estas pruebas se realizaron en tierra para que la comparación sea válida y se estableció un recorrido preestablecido por el campo de vuelo con el avión en la mano simulando turbulencias y cambios de sentido del planeador mayormente con el planeador enfrentado al viento, y se fueron registrando los valores de aceleración del motor, consumo de corriente, tensión del panel y corriente consumido/entregada por los capacitores.

El ensayo consiste en encender el avión y a los 10 segundos llevar la posición del acelerador del control secundario al máximo y mantenerla durante 75 segundos aproximadamente, tiempo que duraba el recorrido establecido.

Primera Prueba sin Capacitor

Durante la primera prueba se puede observar la evolución de la corriente y voltaje del panel, y el voltaje mínimo seteado obtenidos con el sistema sin capacitor.

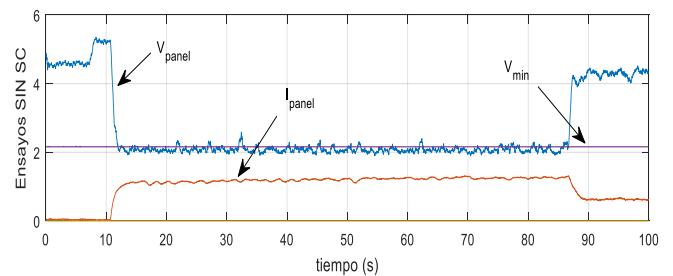


Fig. 9. Ensayos SIN banco de Supercapacitores.

Segunda Prueba con Capacitor 1F

En la segunda prueba con algunos minutos de diferencia con la primera se hace un recorrido idéntico por el campo de vuelo y se obtienen los valores del panel (V-I), la tensión mínima seteada y corriente entregada/consumida por el capacitor. Se observa que en $t=10$ s el SC se descarga ante la aceleración y luego se carga rápidamente.

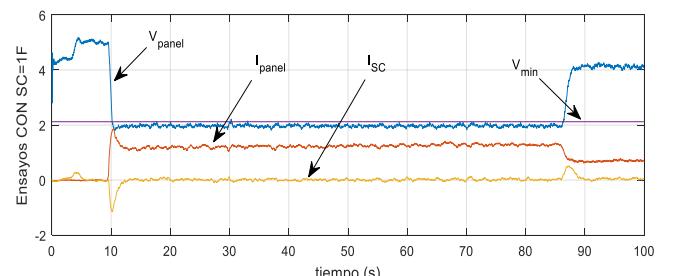


Fig. 10. Ensayos CON banco de Supercapacitores de 1F.

Tercera Prueba con Capacitor 12.5F

En la tercera prueba, antes de comenzar el ensayo se toma la precaución de dejar el sistema un tiempo prudencial de 1 minuto el planeador al sol para permitir la carga completa de los capacitores y luego si recrear el recorrido de las pruebas anteriores con la obtención de los datos generados desde el sistema.

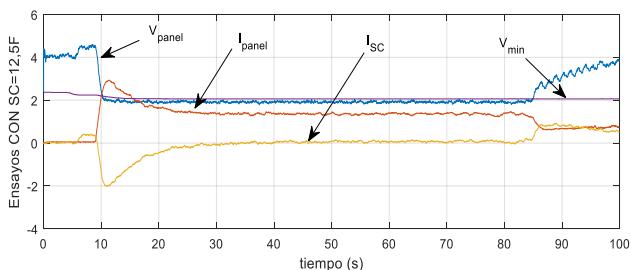


Fig. 11. Ejemplos CON banco de Supercapacitores de 12,5F.

Finalmente en la Figura 12 se presenta la comparación de la salida del bloque acelerador presentado en el diagrama de la Fig. 6 que es proporcional a las RPM desarrolladas en los tres casos.

Se observa que con la mayor velocidad es lograda cuando se utiliza el banco de supercapacitores de 12,5F mientras que la velocidad desarrollada cuando se utiliza el banco de SC de 1F apenas superior a cuando no se utiliza.

Además se observa que los tiempos de respuesta ante la aceleración también son menores con el banco de SC de 12,5F.

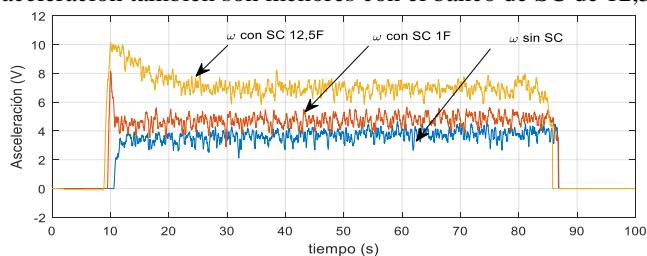


Fig. 12. Comparación de velocidades.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se presenta un prototipo experimental de planeador con motorización solar auxiliar que sirve de plataforma experimental para hacer ensayos de vuelo.

Se realizan diferentes ensayos de caracterización en con las celdas fotovoltaicas y los bancos de supercapacitores.

Se realizan vuelos experimentales que validan los beneficios de utilizar una motorización secundaria sin baterías.

Se compararon diferentes bancos de supercapacitores concluyendo que, con el banco de 12,5F la respuesta y empuje son mayores que con el banco de 1F, pero con la desventaja que los tiempos de carga en el banco de 12,5F son más de 10 veces que en el banco de 1F.

Finalmente se concluye que el uso de SC mejora el desempeño del control secundario y su dimensionamiento debe ser pensado en base al peso, los tiempos de carga y descarga y las dinámicas.

Como trabajos futuros los autores proponen continuar con avances sobre el prototipo construido e incorporar las siguientes consignas,

- Mejorar el sistema de telemetría y de vuelo con piloto automático para las próximas pruebas experimentales, agregando la medición de más parámetros eléctricos y de desempeño en vuelo.
- Volcar la información y los conocimientos adquiridos en los nuevos proyectos de aviones 100% solares UAV autónomos LCA-FICA-X05 1 y 2 que ya encuentran en la

parte final de su proceso de construcción y primeras pruebas, Figura 13.



Fig. 13. Prototipos LCA-FICA-X05 1 y 2.

REFERENCIAS

- [1] André Noth - Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight - Diss. Eth No. 18010.
- [2] C. Catuogno., I. Blanco., G. Catuogno, “Regenerative Air-Brake in Radio Control Glider” 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Year: 2018, Pages: 1 – 6.
- [3] IDTECHEX <https://forococheselectricos.com/2019/06/los-aviones-ligeros-electricos-avanzan-el-futuro-de-la-aviacion.html>
- [4] C. Catuogno, G. Catuogno y G. Garcia; “Autonomous long-range solar plane that mainly provides connectivity to remote areas and / or areas of natural disasters, as well as the possibility of surveying through the transmission of images in real time, opening communication windows in areas compromised by environmental catastrophes”. Eighth Annual International Conference on Sustainable Development (ICSD), Nueva York, 2020, (*aceptado para publicación*).
- [5] Symolon W. E., “High-altitude, long-endurance UAV’s vs. satellites: Potential benefits for US army application”, MSc thesis, MIT, 2009. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/54620>, 2009.
- [6] J. Philip Barnes, Pelican Aero Group – “Flight Without Fuel - Regenerative Soaring”, Sae Technical-Paper Series 2006-01 -2422.
- [7] Catuogno Carlos, Catuogno Guillermo, “Estudio e Implementación de Motorización Solar en Planeador RC”, RPIC 2019
- [8] Scott Morton, Ruben D’Sa, and Nikolaos Papanikopoulos - Solar Powered UAV: Design and Experiments - 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).
- [9] Gavin L. Park , Andrea I. Schäferb, Bryce S. Richards - Renewable energy-powered membrane technology: Supercapacitors for buffering resource fluctuations in a wind-powered membrane system for brackish water desalination

AUTONOMOUS LONG-RANGE SOLAR PLANE THAT MAINLY PROVIDES CONNECTIVITY TO REMOTE AREAS AND/OR NATURAL DISASTER AREAS, AS WELL AS THE POSSIBILITY OF SURVEYING THROUGH THE TRANSMISSION OF IMAGES IN REAL TIME, OPENING COMMUNICATION WINDOWS IN AREAS COMPROMISED BY ANY EVENT CLIMATOLOGICAL, DIFFICULT TO ACCESS OR REMOTE DEPENDING ON THE AREA WHERE YOU ARE MOVING ACCORDING TO THE FLIGHT PLAN.

Carlos Catuogno, Researcher, National University of San Luis.

Guillermo Catuogno, Researcher, INTEQUI (CONICET-UNSL), (corresponding author).

grcatu@ieee.org

+54-9-2657-529706

Av. 25 de Mayo 220

Villa Mercedes, SL 5730

Guillermo Garcia, Professor, IITEMA (CONICET-UNRC).

I. INTRODUCTION

Every year, the world is shaken by the passage of phenomena and events of natural origin whose effects change the daily life of human beings. and they often lead to the unpredictable loss of life and property. Various types of natural disasters, such as geophysical (earthquakes, tsunamis, volcanoes, landslides, avalanches), hydrological (flash floods, debris flow, floods), climatological (extreme temperature, drought, forest fires), and meteorological (tropical storm, hurricanes, sand storms, heavy rains), among others, have caused losses of many lives in addition to increasing material losses.

In the face of mobility, transport and communication adversities caused by these natural events, the use of drones is of great importance thanks to its ability to cover large areas, providing WIFI communication and video in real time.

Currently, the most widespread methods are drone surveys and also satellite images for which there are companies that provide services and commercial aerial monitoring equipment.

On the one hand, drones have the advantage of flying at low altitudes, at times and days specified by the client, they can fly on cloudy days, measurements can be repeated, etc. However, the main disadvantage is that their flight time is short and therefore they are used in small areas.

Contrary to drones, satellite images have great coverage, low cost of images, but with the disadvantage that the frequency in which they are taken is not defined by the user and before cloudy day conditions it is not possible to capture information.

Therefore, a platform that has the advantages of a drone and can cover large when the user has it would be the optimal solution (Boyd, 2020). Currently, there are some experimental drones (Atlantik solar, 2012), and commercial ones (Sunbirds, 2020) that meet these requirements, however, their cost is very high.

In this proposal, a drone plane called "Hawkeye" presented in Fig. 1 is proposed, with autonomous and low-cost flight using solar energy to replenish the charge of its batteries and make long-range flights, with an open source autopilot system necessary for the drone to operate.



Figure 1. Proposed drone aircraft "Hawk Eye" (Ojo de Halcon)

II. SYSTEM DESCRIPTION

The autonomous drone plane mainly uses the energy of the sun to fly, allowing the capacity of flights to be increased to more than 12 hours, improving endurance and helping a drone fly longer without charging more weight on batteries.

Through photovoltaic technology we have an alternative energy available to recharge the batteries during the flight of the drones, added to the possibility that the drone uses energy from the atmosphere to gain altitude (regenerative soaring) and use the same motor as a generator taking advantage of the potential energy of the height gained (Catuogno et al., 2018).



Figure 2. First Prototype LCA-FICA-X03

The controller of the "Hawkeye" consists of the hardware open source controller "Pixhawk 4", which is in charge of carrying out the autopilot with different algorithms that provide guidance, navigation and control of the drone-plane.

In this application, the controller will receive the roadmap previously established on the map and will also receive instructions from the microgrid's energy manager depending on the state of charge of the batteries and available atmospheric conditions as observed in Fig. 3.

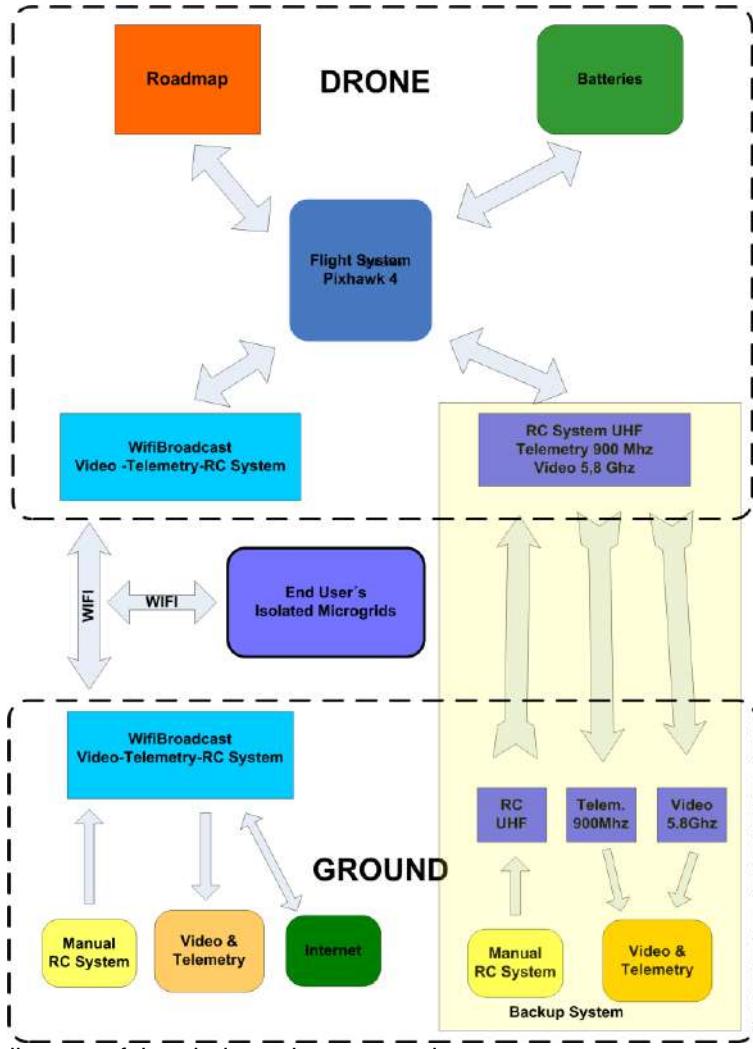


Figure 3. Block diagram of the airplane-drone control.

On the other hand, HD video signals, telemetry and WIFI access point are implemented using opensource wifibroadcast technology, using a raspberry PI. This communication also allows the aircraft-drone to be operated in manual mode, Fig. 4.



Figure 4. Sistema de comunicación del avion-drone

Finally, as seen in Fig. 3, the drone-airplane has redundancy in the flight control system by means of a traditional RC radio, with long-range telemetry and analog video, allowing to have a backup to control the drone-plane in manual/automatic mode in case the wifibroadcast communication goes down.

III. APPLICATIONS

Throughout history, many natural disasters have happened. On these occasions, a high and disproportionate number of losses are generated, both in property and human lives. Likewise, there is a health problem that increases healthcare needs. The introduction of drones in cases of emergencies would speed up and facilitate assistance. These devices are equipped with high-resolution and infrared cameras, which is an important help for the emergency team in the tasks corresponding to the initial sweep of the area, in order to delimit it and facilitate its beaconing, since they provide a new point of view when analyzing the place from the air. Moving around an area on foot or in a vehicle was often a challenge due to debris. Using an aerial technology will facilitate the response to this type of disaster: automated unmanned vehicles (UAVs), commonly called drones. These affordable and portable aircraft can be quickly used in dangerous situations to locate survivors and send information about their location to ground assistance services.

The power of drones

The benefits of these unmanned spacecraft in an emergency are range, speed, safety, and cost. When there is no electricity, a UAV can fly in the dark and transmit live night vision images to people on the ground; your route is automatically programmed so that you don't miss a single site. A mounted infrared camera can detect thermal body signals and pinpoint survivors' locations so rescuers know where to go.

Unlike unmanned helicopters, drones emit low noise and can be equipped with advanced audio devices to detect sounds difficult to hear. They can enter dangerous situations that would pose a risk to pilots or emergency workers on foot.

Disaster response is just one of the uses that public safety agencies can make of drones, and unmanned aircraft have been created specifically to help fire departments gather information during the wildfire season. Thermal imaging can be used to see through smoke, and UAVs can enter areas that would be too dangerous for manned ships.

A. *Initial Application*

The idea of the development of the aerial platform arose as a necessity for the study of the growing problem of the "New River" in the Morro basin (Province of San Luis - Argentina), Fig. 5, which was declared in environmental emergency by the Province in 2016 (Goñi, 2018), where erosion occurs in the form of "sapping", an erosive process generated by groundwater, which causes collapses and causes canyons. In the phenomenon, the water does not dig from the top down, but from the bottom up and where the changes in the basin and canyons formed by the water channel are almost daily, it is essential to keep under constant monitoring these changes that are occurring to be able to act preventively in case of overflows, road cuts, etc.

For this, it was necessary to develop a monitoring platform that could cover large areas, and at a low cost, that would allow online photographic and video surveys to be carried out if necessary.



Figure 5. New River in Argentine (Source: The Guardian)

B. New Applications

The prototype developed was made for a specific purpose, described in the previous subsection, however, as the project progressed and without neglecting the main objective, multiple applications were developed in parallel that can quickly be adapted to the platform for other uses.

a) Natural Disasters

WIFI

When disaster strikes, the most important problem that must be solved is preserving human life. In this context, the first 72 hours after the disaster are the most critical.

Providing Wi-Fi connectivity to remote areas and/or natural disaster areas is vital to keep residents who do not have other types of communication systems in communication.

The drone plane would cover pre-established routes at high altitudes (above the clouds), opening communication windows for the different areas through which it travels.



Figure 6. WIFI service in natural disasters

VIDEO

Possess the ability to make reconnaissance flights with installed cameras that would transmit the information live in real time to users located in the same area where the drone is flying, for monitoring areas of climate disasters, such as floods, fires, etc., as it can see in Fig. 6 and 7.

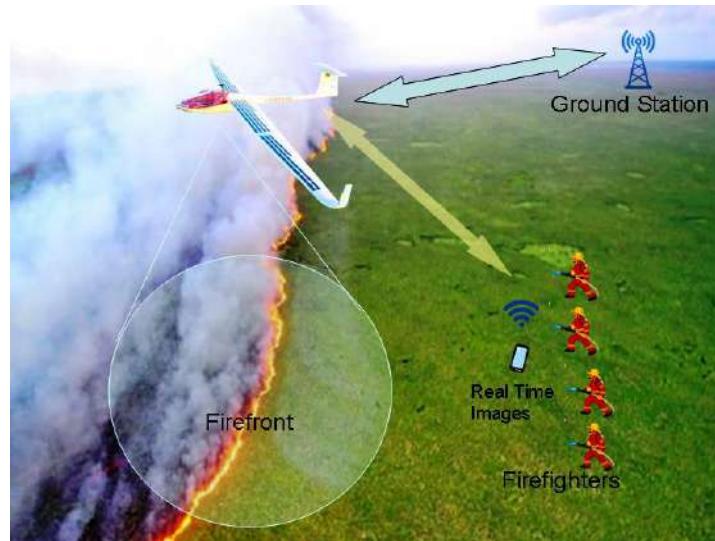


Figure 7. Image and video service in natural disasters

In this case, the drone-plane could descend from the cruising flight height to make flights below the clouds if the situation requires it.

In the specific case of fires, the drones can be equipped with infrared cameras to have a vision through the smoke, as well as sensors to detect the direction of the wind and other climatic variables that influence the spread of forest fires. Their versatility allows them to travel through confined spaces where helicopters or planes cannot fly. Likewise, they move a short distance from the ground, which allows capturing high-resolution images.

Another advantage they provide is the low price per operation. Although we know how expensive drones are, compared to the traditional means used so far, the savings are substantial.

Drones are very useful against incipient fires, since they can help detect other fires in nearby areas early, know the potential of the fire and above all offer information in real time that will allow you to make the best decisions. Thanks to the information and alerts provided by the drones, the emergency services will be able to know what type of operation to send and where to attack the fire. In this way, it reduces the risk of loss of human life.

b) Survey of isolated Microgrids

Use their connectivity to conduct telemetry surveys for isolated microgrids in rural areas with difficult access, as well as for isolated wind generators, Fig. 8.



Figure 8. Service for monitoring and surveying isolated microgrid data

IV. CONCLUSIONS

This work presents the advances in the design and implementation of a low-cost drone aircraft with open source technology that provides solutions to current social problems.

The great strength of this communications platform is that when flying at high altitudes and at low speeds, the communication time windows for remote areas is quite large, which would allow users to use WhatsApp or similar communication programs for time. to send and receive messages and offer in the event of natural disasters to users of the Government, Fire, etc., the sending of images in real time at the place of operations transmitting to the cell phones of users who connect to the air platform that fly over the area at that time recording images and video.

Fig. 9 shows an image of the first prototype LCA-FICA-X03 during the first tests.



Figure 9. Hawk Eye

REFERENCES

- Atlantik solar (2012), url: <http://www.atlantik solar.ethz.ch/>
- Boyd J. (2020) Unmanned Solar Aircraft Aims to Compete Commercially With Satellites and Drones, IEEE Spectrum
- Catuogno C., Blanco I., Catuogno G. (2018) "Regenerative Air-Brake in Radio Control Glider" 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Year: 2018.
- Goñi U., 2018. url: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/01/argentina-new-river-soya-beans>. The Guardian.
- Sunbirds (2020), url: <https://sunbirds.aero/sb4-phoenix-long-range>

Low Cost Open Source Aerial Platform for Humanitarian Applications in Large Coverage Areas

Carlos Catuogno
Automatic Control Laboratory (LCA)
National University of San Luis
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Guillermo Catuogno
Automatic Control Laboratory (LCA)
National University of San Luis
Villa Mercedes, Argentina
grcatu@ieee.org

Guillermo Garcia
Applied Electronic Group (GEA)
National University of Rio Cuarto
Rio Cuarto, Argentina
ggarciasapino@gmail.com

Abstract— This work describes an autonomous long-range solar drone with open source technology that mainly provides connectivity to remote areas and/or areas of natural disasters, as well as the possibility of surveying through the transmission of images in real time, opening communication windows in areas compromised by a weather event, difficult to access or remote depending on the area where it is moving according to the flight plan.

Keywords—drone, natural disasters, WIFI, HD video.

I. INTRODUCTION

Every year, the world is shaken by the appearance of phenomena and events of natural origin whose effects change the daily life of human beings and they often lead to the unpredictable loss of life and property. Various types of natural disasters, such as geophysical (earthquakes, tsunamis, volcanoes, landslides, avalanches), hydrological (flash floods, debris flow, floods), climatological (extreme temperature, drought, forest fires), and meteorological (tropical storm, hurricanes, sand storms, heavy rains), among others, have caused losses of many lives in addition to increasing material losses.

In the face of mobility, transport and communication adversities caused by these natural events, the use of drones is of high importance thanks to its ability to travel large areas, providing WIFI communication and video in real time.

Currently, the most widespread methods are drone surveys and also satellite images for which there are companies that provide services and commercial aerial monitoring equipment.

On the one hand, drones have the advantage of flying at low altitudes, at times and days specified by the customer, they can fly on cloudy days, measurements can be repeated, etc. However, the main disadvantage is that their flight time is short and therefore they are used in small areas.

Contrary to drones, satellite images have great coverage, low cost of images, but with the disadvantage that the frequency in which they are taken is not defined by the user and before cloudy day conditions it is not possible to capture information.



Figure 1. Proposed drone “Ojo de Halcon” LCA-FICA-X03 (Hawk Eye)

Therefore, a platform that has the advantages of a drone and can cover large ones when the user has it would be the optimal solution [1]. Currently there are some experimental drones [2] and also commercial drones [3] that meet these requirements, however, their cost is very high.

This proposal presents a *low-cost, open source*, autonomous flight drone aircraft called the “Ojo de Halcon (hawk eye)” using solar energy to replenish the charge of its batteries and make long-range flights, with a necessary open source autopilot system for drone operation.

II. SYSTEM DESCRIPTION

The autonomous drone-plane mainly uses the energy of the sun to move, allowing to increase the capacity of the flights to more than 12 hours, improving the resistance and helping a drone to fly longer without loading more weight on batteries.

The brain of the “Ojo de halcon” consists of the open source hardware controller “Pixhawk 4”, which is in charge of carrying out the autopilot with different algorithms that provide guidance, navigation and control of the drone-plane.

In this application, the “Pixhawk 4” controller will receive the previously established roadmap on the map and make decisions based on the state of charge of the batteries as shown in Fig. 2.

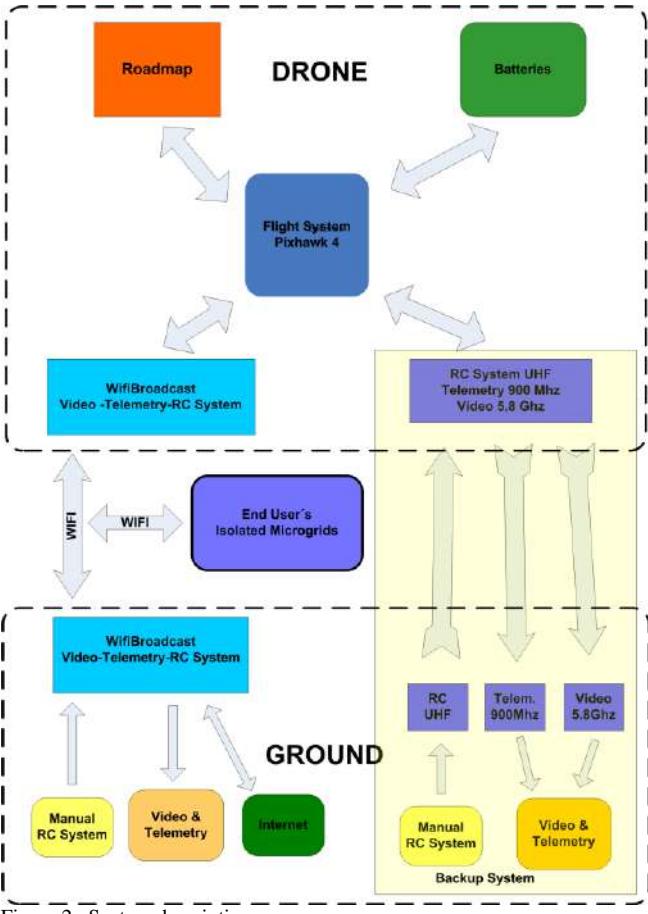


Figure 2. System description

On the other hand, HD video signals, telemetry and WIFI access point are implemented using opensource wifibroadcast technology, using two raspberry PI. This communication also allows the aircraft-drone to be operated in manual mode, Fig. 3.



Figure 3. Opensource wifibroadcast technology.

Finally, as seen in Fig. 2, the drone-plane has redundancy in the flight control system through a traditional RC radio, with long-range telemetry and analog video, allowing to have a backup to control drone-plane in manual/automatic mode in case the wifibroadcast communication goes down.

III. ENERGY SYSTEM OF “OJO DE HALCON”

Small drones usually carry a battery as the sole power source. However, with the rapid development of photovoltaic technology we have available an alternative energy for recharging the batteries during the flight of the drones and the use of supercapacitors for energy storage, it is necessary to design a system with all the energies available and consumed by the drone and the autopilot monitoring them according to the conditions of the climate, height, road map, etc., as it is shown in Figure 4.

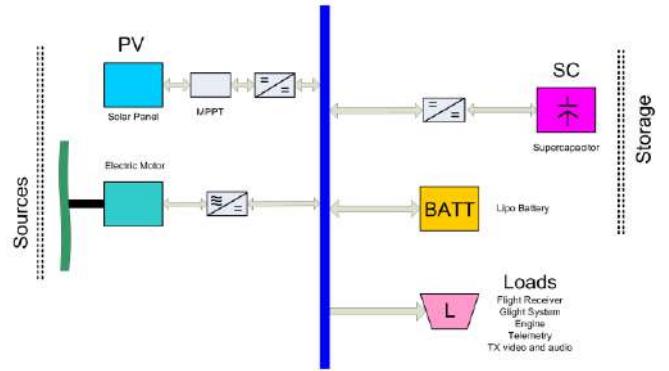


Figure 4. Energy system of “Ojo de Halcon”

A. Sources of generation

a) Photovoltaic panels

Solar panel installed on the wings of the drone plane that would provide sufficient energy for flight and recharge batteries in daylight hours. The solar panel of the test prototype, as it is shown in Fig. 5, consists of 54 SPSC-50 solar cells (STC-Vmpp: 0.57 V, Impp: 5.79 A) serial connection.



Figure 5. First Prototype LCA-FICA-X03

b) Motor

An electric motor is used to drive the drone, which also serves as a generator when used as a regenerative airbrake [4].

B. Storage Systems

a) Battery bank

Bank of storage batteries, which have a balanced charge and discharge circuit, as it is shown in Fig. 6. Lipo Battery 2 x 4S 14.8V 6000 mA 50C maximum discharge are used.



Figure 6. Battery banks.

b) Bank of supercapacitors

Supercapacitor bank for energy storage, as it is shown in Fig. 7. Dynacap capacitor bank 120F 16.2V with load and discharge balancing circuit are used.



Figure 7. Supercapacitors banks.

C. Loads

a) Priority

Flight systems, being a low-cost version, it has a Pixhawk 4 flight controller with speed sensors, gps, drone consumption and automatic stabilization accelerometers.

Control of the main motor, for the first tests a commercial Mistery 80A inverter is used and for the laboratory tests prior to the assembly of the complete system, the Texas development board DRV8302 is used.

Traditional radio configuration (backup system), the RC Signal in automatic or manual mode (accelerator, ailerons, rudder and elevator) and telemetry, through a Tomas Scherrer UHF long-range communication system (100Km.). 5.8GHz analog video links and 900Mhz telemetry, as it is shown in Fig. 8.

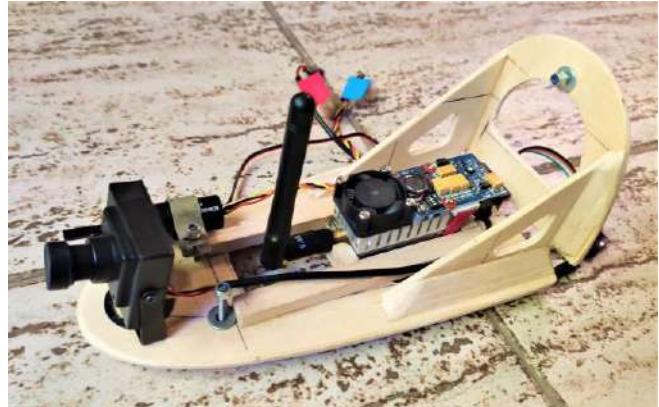


Figure 8. Traditional and back-up telemetry system

The traditional radio configuration (backup system) will only be used in emergencies and has the following advantages:

- No interference between RC and video signals (very robust) Fig. 8 and 9.
- Video at the least used 5.8 GHz frequency results in better video quality compared to 2.4 GHz.
- Available components ready to use and without coding new software (plug and play).



Figure 9. Traditional RC and back-up system.

b) Secondary

The wifi, telemetry and video link (wifibroadcast) could be the most difficult part of this drone project. The one used for this project is the following:

Wifi Broadcast

- Open Source
- Low latency and many km of range
- Lower equipment costs
- Robust and digital HD video
- Implementation of RC control signals
- Custom Android applications that allow images to be downloaded in real time by end users in the event of natural disasters or surveys.

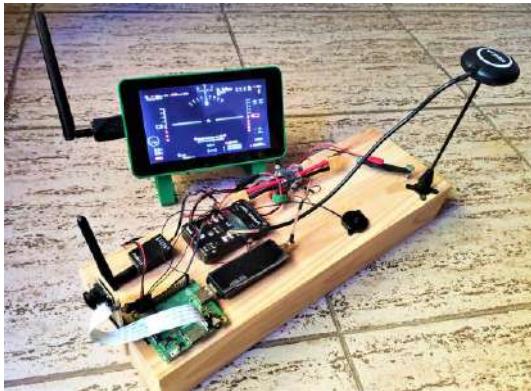


Figure 10: Wifi Broadcast

The system is based on the WiFiBroadcast approach, as it is shown in Fig. 10. A two-way digital radio link is established between two endpoints using standard WiFi hardware. This same WiFi network is the one that users will be able to connect to as the drone flies over the area where they are and thus be able to have the connectivity to send messages, as well as the drone will be able to connect to PLCs with WiFi connectivity installed in isolated microgrids of difficult to access and receive telemetry of the health of it. It is optimized for use in UAV applications. It is intended to be a real alternative to other similar higher cost commercial systems. The heart of the system are two Raspberry Pi boards, one on the ground base and one on the drone, with their corresponding WiFi boards that make the link, c Fig. 11 and 12.

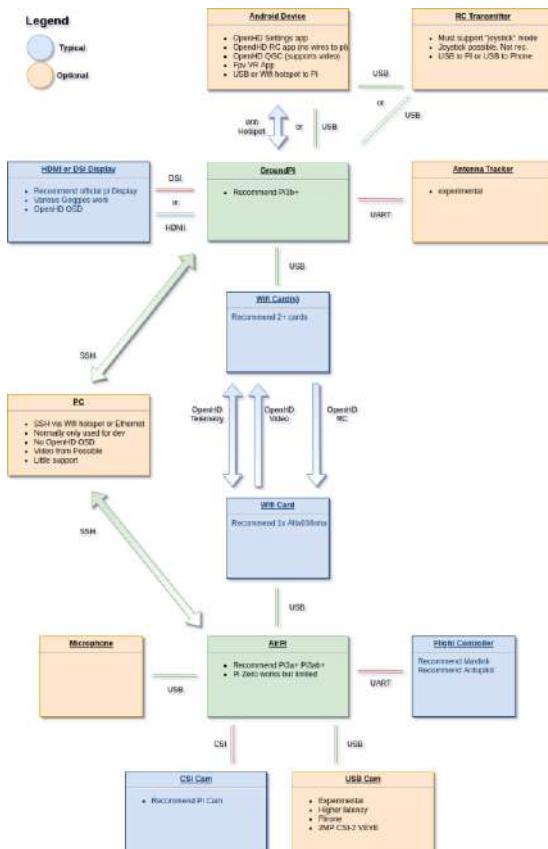


Figure 11. WiFiBroadcast approach (graphic source: OpenHD)



Figure 12. Complete monitoring system.

IV. APPLICATIONS

A. Initial Application

The idea of the development of the aerial platform arose as a necessity for the study of the growing problem of the "New River" in the Morro basin (Province of San Luis - Argentina), as it is shown in Fig. 13, which was declared in environmental emergency by the Province in 2016 [5], where erosion occurs in the form of "sapping", an erosive process generated by groundwater, which causes collapses and causes canyons. In the phenomenon, the water does not dig from the top down, but from the bottom up and where the changes in the basin and canyons formed by the water channel are almost daily, it is essential to keep under constant monitoring these changes that are occurring to be able to act preventively in the event of overflows, road cuts, etc.

For this, it was necessary to develop a monitoring platform that could cover large areas, and at a low cost, that would allow online photographic and video surveys to be carried out if necessary.



Figure 13. New river in Argentine (photo source: [5])

B. New applications

As the project progressed and without neglecting the main objective, multiple applications were developed in parallel that can be quickly adapted to the platform for other uses.

a) WIFI natural disasters

Provide WIFI connectivity to remote areas and/or natural disaster areas to keep residents who do not have other types of communication systems communicated.

The drone-plane would cover pre-established routes at high altitudes (above the clouds), opening communication windows for the different areas through which it travels.



Figure 14. Real time Video and WiFi for natural disasters.

b) Video Video for natural disasters

Possess the ability to make reconnaissance flights with installed cameras that would transmit the information live in real time to users located in the same area where the drone is flying, for monitoring areas of climate disasters, such as floods, fires, etc., as it is shown in Fig. 14 and 15.

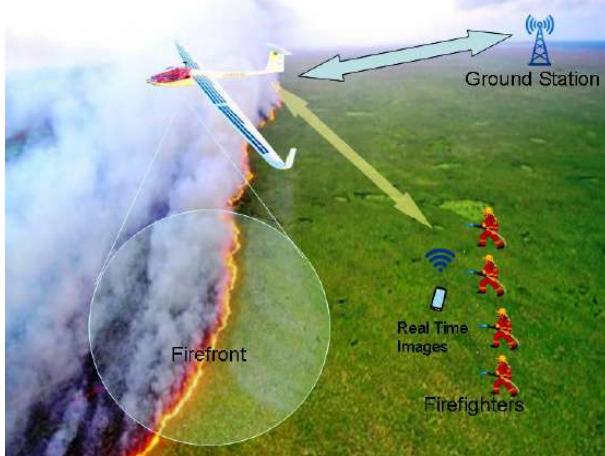


Figure 15. Real time Video for natural disasters

In this case, the drone-plane could descend from the cruise flight height to make flights below the clouds if the situation requires it.

c) Data survey of isolated Microgrids

Use their connectivity to conduct telemetry surveys for isolated microgrids in rural areas with difficult access, as well as for isolated wind generators (Fig. 16).



Figure 16. Wifi and data survey of isolated Microgrids

V. CONCLUSIONS

This work presents the advances in the design and implementation of a low-cost drone aircraft with opensource technology that provides solutions to severals social problems.

The great strength of this communications platform is that when flying at high altitudes and at low speeds, the communication time windows for remote areas is quite large, which would allow users to use WhatsApp or similar communication programs for time, to send/receive messages and offer in the event of natural disasters to users of the Government, Fire, etc., the sending of images in real time at the place of operations, transmitting to the mobile phones of users who connect to the air platform that fly over the area at that time recording images and video.

Most of the advances presented in this work are tested in the first prototype LCA-FICA-X03, with infinityPV Solar Tape solar cells as shown in Fig. 17.



Figure 17 "Ojo de Halcon" LCA-FICA-X03.

REFERENCES

- [1] IEEE Spectrum Magazine, Feb. 2020. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/aerospace/aviation/new-type-of-unmanned-aircraft-aims-to-compete-commercially-with-satellites-and-drones>
- [2] Atlantik solar prototype <http://www.atlantiksolair.ethz.ch/>
- [3] Commercial prototype <https://sunbirds.aero/sb4-phoenix-long-range>
- [4] C. Catuogno., I. Blanco., G. Catuogno. "Regenerative Air-Brake in Radio Control Glider" 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Year: 2018, Pages: 1–6.
- [5] <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/01/argentina-new-river-soya-beans>

Tests on Radio Controlled Aircraft with 100% Solar Propulsion

Carlos Catuogno, Guillermo Catuogno
Laboratorio de Control Automático (LCA)
Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Jonathan Bosso, Guillermo García
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA)
Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Argentina

Summary: Experimental tests are carried out on two prototypes of radio-controlled airplanes built in the Automatic Control Laboratory [1], which have the particularity that they work 100% with solar energy and supercapacitors. An acceleration control was implemented on an Arduino NANO board to avoid the loss of control of the airplanes due to the lack of incidence of the sun in the cells and as an attached work it is developed in conjunction with the Renewable Energy Laboratory of the Faculty, which has with a wind tunnel, the construction of a three-axis sensor for tests and adjustments of one of the prototypes that has the appropriate dimensions so that it can be tested in it.

A low-cost three-axis sensor design from the University of Zagreb [2] is used and built, with the development of an interface with Labview that it did not have.

REFERENCES

- [1] <https://www.rcgroups.com/F5E-RC-Solar-Powered-Aeroplanes> – Ted / Ukanuit's blog
- [2] Itziar Bueno Tintoré, Design of a Three/Axis Wind Tunnel Force Balance, Bachelor Thesis, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, July 2018.



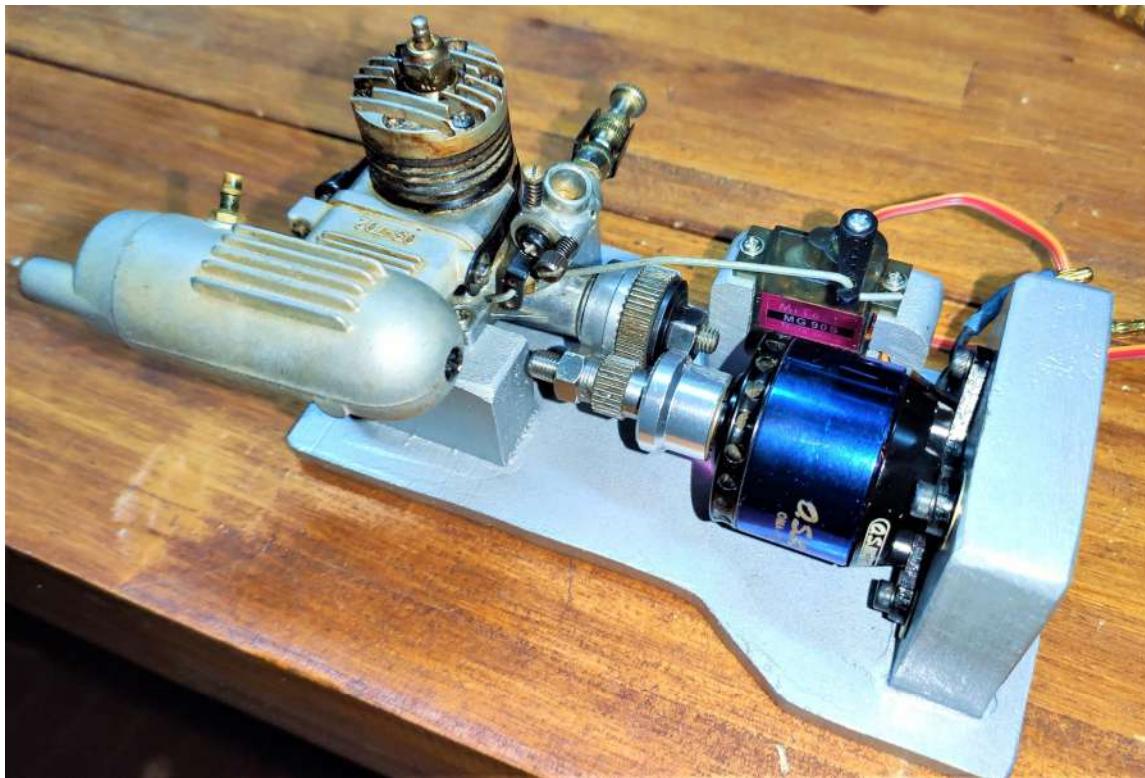
Test of Emergency Generation System for Unmanned Aerial Vehicles

Carlos Catuogno, Guillermo Catuogno
Laboratorio de Control Automático (LCA)
Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Jonathan Bosso, Guillermo García
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA)
Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Argentina

Summary: After the first flight tests of the UAV prototype called LCA-FICA-X03 whose mission is to travel great distances, we saw the need to have an energy microgrid installed in it, with an emergency generation system that It was independent of any condition, be it environmental or the time of day, and a generation system was thought of that is low weight,

low power and low cost that can power the UAV flight for its return home in an emergency. The idea is that the electric motor is used at first as a starter, and once the combustion engine starts, it goes to its function as a generator. A stand for the generator is designed and built and various laboratory tests are done until it can be tested with the UAV in flight.



Avión Solar Autónomo Inteligente de Largo Alcance y Bajo Costo

Ing. Carlos Gustavo Catuogno

Investigador, LCA – Laboratorio de Control Automático

carloscatuogno105@yahoo.com.ar

+54 2657 490694

FICA – Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

UNSL – Universidad Nacional de San Luís – Argentina

Campus Universitario – Ruta Provincial N°55 Extremo Norte

Villa Mercedes – San Luís – CP:5730 - Argentina

I. INTRODUCCION

Todos los años, el mundo se ve sacudido por el paso de fenómenos y eventos de origen natural cuyos efectos trastocan la vida cotidiana de los seres humanos. y a menudo producen la pérdida impredecible de vidas y bienes materiales. Varios tipos de desastres naturales, tales como geofísicos (terremotos, tsunamis, volcanes, deslizamiento de tierra, avalancha), hidrológicos (inundaciones repentinas, flujo de escombros, inundaciones), climatológico (temperatura extrema, sequía, incendios forestales) y meteorológicos (tormenta tropical, huracanes, tormentas de arena, fuertes lluvias), entre otros, han causado pérdidas de muchas vidas además de aumentar las pérdidas materiales.

Ante las adversidades de movilidad, transporte y comunicación provocadas por estos eventos naturales, la utilización de drones es de alta importancia gracias a su capacidad de recorrer grandes áreas proporcionando comunicación WIFI y video en tiempo real.



Figura 1. Avión-drone propuesto “Ojo de Halcón”

En la actualidad, los métodos más difundidos son los relevamientos con *drones* y también por *imágenes satelitales* para lo cual existen empresas proveedoras de servicios y equipos comerciales de monitoreo aéreo.

Por un lado, los *drones* tienen la ventaja, de volar a bajas alturas, en horarios y días especificados por el cliente, pueden volar en días nublados, se puede hacer repetición de mediciones, etc. Sin embargo, la principal desventaja es que su tiempo de vuelo es corto y por lo tanto se utilizan en áreas reducidas.

Al contrario de los *drones*, las *imágenes satélites* tienen gran área de cobertura, bajo costo de las imágenes, pero con la desventaja que la frecuencia en que se toman no es definida por el usuario y antes condiciones de días nublados no es posible capturar información.

Por lo anterior, una plataforma que posea las ventajas de un drone y pueda cubrir grandes áreas en el momento que el usuario lo disponga sería la solución óptima (Boyd, 2020). En la actualidad existen algunos aviones-drones experimentales (Atlantik solar, 2012), y también comerciales (Sunbirds, 2020) que cumplen con estos requisitos, sin embargo, su costo es muy alto.

En esta propuesta se presenta un avión-drone denominado “Ojo de Halcón” presentado en la Fig. 1 , 2 y 3, de vuelo autónomo y de bajo costo usando la energía solar para el reabastecimiento de la carga de sus baterías y hacer vuelos de gran alcance, con un sistema de piloto automático con gestión de vuelo inteligente basado en redes neuronales y tecnología opensource que facilita el cumplimiento de misiones en forma eficiente.



Figure 2. Primer Prototipo LCA-FICA-X03

II. DESCRIPCION DEL SISTEMA

El avión-drone autónomo principalmente utiliza la energía del sol para trasladarse, permitiendo aumentar la capacidad de los vuelos a más de 12 horas, mejorando la resistencia y ayudando a que un drone vuela por más tiempo sin cargar más peso en baterías.

A través de la tecnología fotovoltaica tenemos disponible una energía alternativa para la recarga de las baterías durante el vuelo de los drones, sumado a la posibilidad de que el drone use la energía de la atmósfera para ganar altura (regenerative soaring) y utilizar el mismo motor como generador aprovechando la energía potencial de la altura ganada (Catuogno et al., 2018).

Por todo lo comentado anteriormente son muchas las variables a monitorear y tener en cuenta al momento de planear el plan de vuelo, es por eso que el “Ojo de Halcón” posee un controlador Opensource hardware “Pixhawk 4”, que es el encargado de realizar la adquisición de datos de vuelo y posee las funciones de piloto automático con diferentes algoritmos ya establecidos que proveen guía, navegación y control del avión-drone.

El controlador recibirá el plan de vuelo previamente establecido y/o los cambios que sean necesarios a través de su comunicación con una aplicación de redes neuronales desarrollada en la placa Raspberry Pi que es utilizada además para transmisión de video y control manual del avión. Esta red neuronal será la encargada de gestionar la microrred de energía del drone y modificar en caso de ser necesario el plan de vuelo de acuerdo a condiciones atmosféricas, estado de baterías, como se ve en la Fig. 4.



Figure 3. Ojo de Halcón (LCA-FICA-X03) primeras pruebas de vuelo

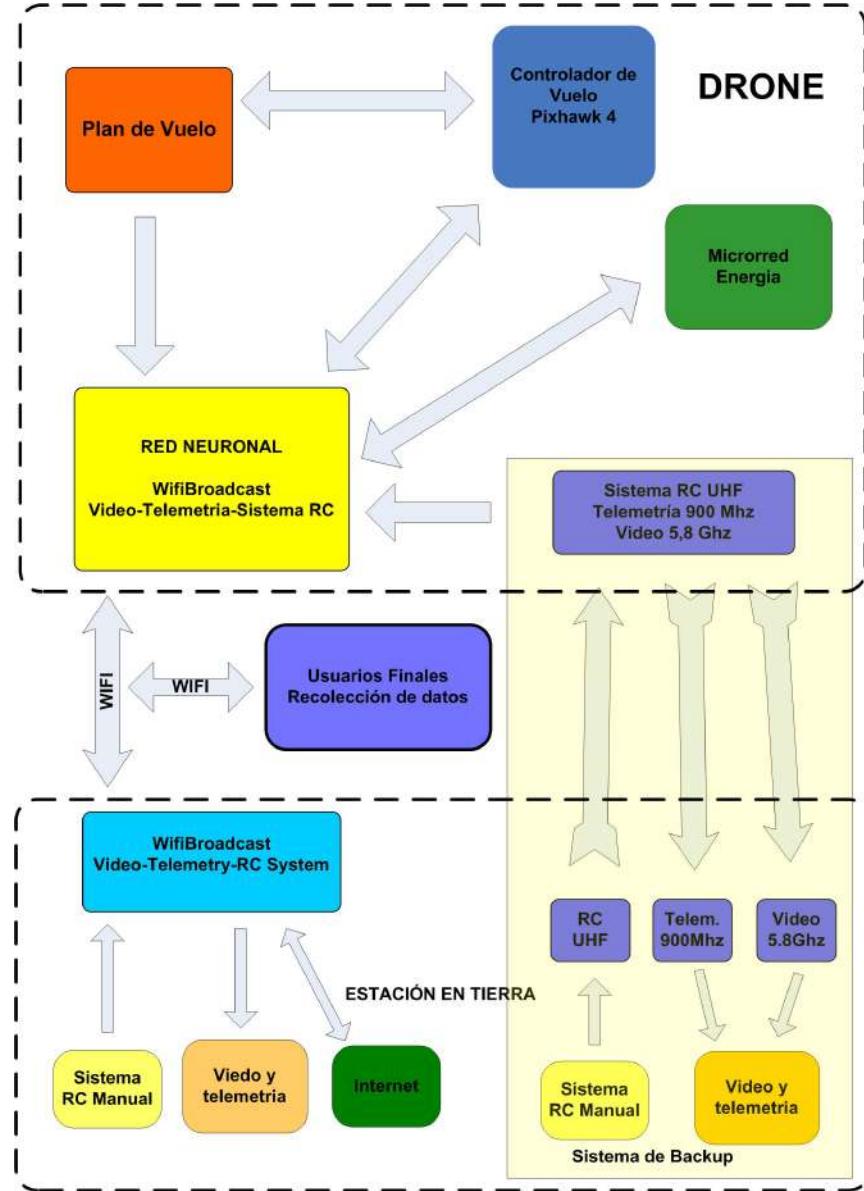


Figure 4. Diagrama en bloque del control del avión-drone.

Por otro lado, las señales de video HD, telemetría y punto de acceso WIFI son implementados mediante tecnología opensource wifibroadcast, mediante la Raspberry PI. Esta comunicación permite también operar el avión-drone en modo manual, Fig.4.



Figure 5a. Sistema de comunicación del avión-drone

Finalmente, como se observa en la Fig. 4, el avión-drone posee redundancia en el sistema de control de vuelo mediante una radio tradicional RC, con telemetría de largo alcance y video analógico, permitiendo tener un backup para controlar el avión-drone en modo manual/automático en caso de que se caiga la comunicación wifi broadcast. En las Fig. 5a y 5b se muestran los sistemas instalados en el Ojo de Halcón.



Figure 5b. Sistema de comunicación del avión-drone

RED NEURONAL DRONE-UAV

Si bien el drone tiene una red neuronal para optimizar el control de vuelo y administración de la microrred interna de energía que provee alimentación al

drone-uav, una gran fortaleza de la misma es que puede ser programada a requerimiento del usuario para fines específicos. Para la implementación de la red neuronal de control de vuelo y administración de energía de la microrred se uso la plataforma Raspberry PI que tenemos disponible en el drone, Fig. 6, ya que la misma también tiene funciones de transmisión de video HD, telemetría, WiFi y control manual RC. El control inteligente es actualmente una de las áreas de investigación y desarrollo ingenieril que más interés ha despertado en la comunidad científica-tecnológica debido a que contribuye en gran manera a la optimización de diferentes procesos, altamente no lineales, ofreciendo ventajas tales como: precisión, adaptabilidad a entornos inciertos, tolerancia a fallas y perturbaciones (Cano Morales, 2016)

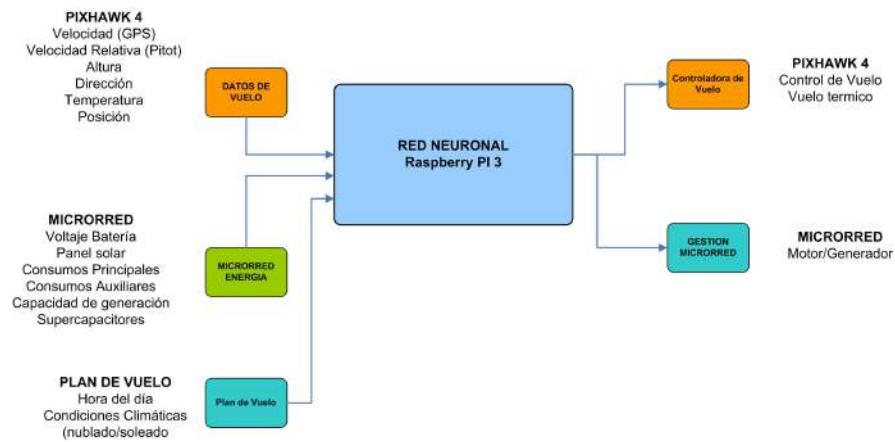


Figure 6. Red neuronal drone-uav

Con la utilización de redes neuronales (ANN) basadas en un aprendizaje profundo (Deep learning) se buscó las siguientes características del UAV,

- control preciso de vuelo,
- adaptabilidad
- conciencia de sí mismo
- planificación.

Mediante esta técnica de control, el dron puede optimizar el rendimiento y eficiencia de vuelo, administrando los recursos de energía y tomando decisiones en el plan de vuelo, teniendo en cuenta condiciones ambientales dinámicas, como el viento, la nubosidad, entre otras, Fig. 7.

La finalidad es que el UAV con la información de los múltiples sensores como altura, estado de carga de las baterías, irradiancia, velocidad del viento, posición del GPS, entre otros y con una hoja de ruta preestablecida, determine y optimice la gestión de energía del UAV.

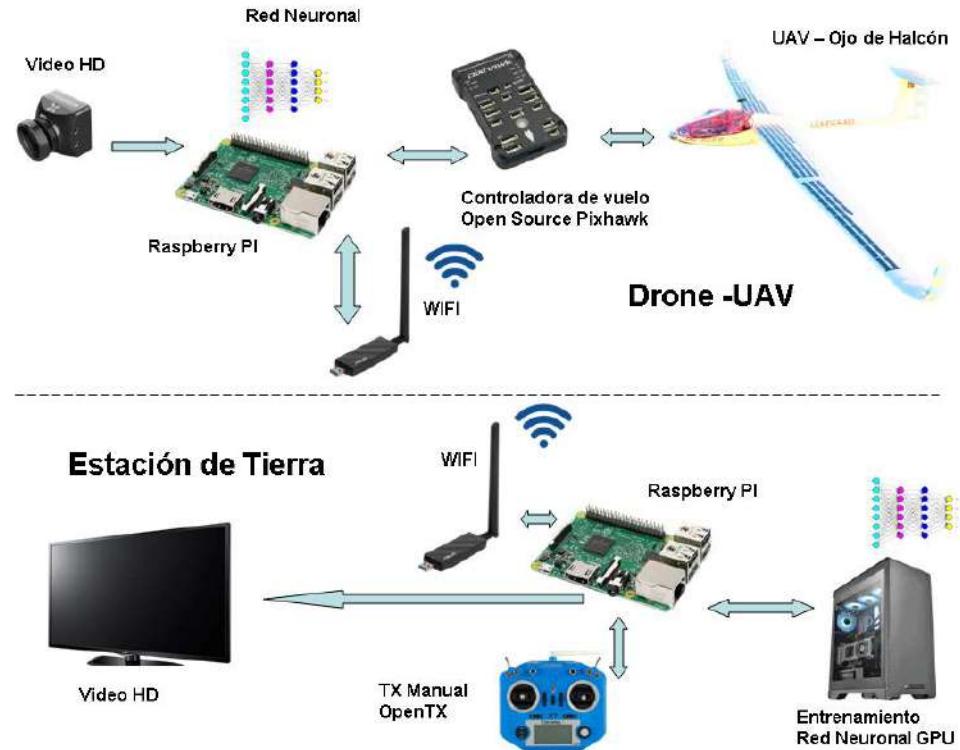


Figure 7. Sistema de comunicación del avión-drone

A pesar de su reducido tamaño, Raspberry Pi ofrece unas aceptables características técnicas para ejecutar el proyecto de Machine Learning y también para crear un entorno de aprendizaje (laboratorio) de bajo costo. También tenemos que tener en cuenta las limitaciones debido sobre todo a la escasa potencia de su GPU, poca memoria RAM y un microprocesador no demasiado potente. Donde la configuración utilizada con Raspberry tiene el mayor problema a la hora de ejecutar tareas de Machine Learning es en la fase de entrenamiento. Por lo que este proceso se realiza con un ordenador un poco más potente (usando GPU). Una vez entrenado Raspberry Pi es totalmente capaz de ejecutar el modelo de Machine Learning para la tarea.

Para la implementación se utilizó Keras, que es una API escrita en Python capaz de ejecutarse junto a TensorFlow la cual ofrece la capacidad de implementar redes neuronales de alto nivel para Deep Learning. Permite por otro lado implementar redes neuronales de una manera rápida, modular y sencilla.

III. APLICACIONES

A lo largo de la historia se han sucedido multitud de desastres naturales. En estas ocasiones se genera un número elevado y desproporcionado de pérdidas tanto de bienes como de vidas humanas. Así mismo se presenta un problema de salud que aumenta las necesidades asistenciales. La introducción de drones en casos de emergencias supondría una agilización y facilitación de la

asistencia. Estos aparatos, están dotados de cámaras de alta resolución e infrarrojas, lo que supone una ayuda importante para el equipo de emergencias en las tareas correspondientes al barrido inicial de la zona, para así delimitarla y facilitar su balizamiento, ya que aportan un nuevo punto de vista al analizar el lugar desde el aire. Muchas veces circular por un área a pie o en un vehículo era un reto, debido a los escombros. Usando una tecnología aérea se facilitará la respuesta a esta clase de desastres: los vehículos no tripulados automatizados (UAV, por sus siglas en inglés), comúnmente llamados drones. Estas aeronaves portátiles y asequibles pueden usarse rápidamente en situaciones peligrosas para localizar a los sobrevivientes y enviar información acerca de su ubicación a los servicios de asistencia en tierra.

El poder de los drones

Los beneficios de estas naves no tripuladas en caso de emergencia son el alcance, la velocidad, la seguridad y el costo. Cuando no hay electricidad, un UAV puede volar en plena oscuridad y transmitir en vivo imágenes de visión nocturna a las personas en tierra; su ruta se programa automáticamente para que no pase por alto un solo sitio. Una cámara infrarroja montada puede detectar señales térmicas de cuerpos y señalizar la ubicación de los sobrevivientes para que los rescatistas sepan a dónde ir.

A diferencia de los helicópteros no tripulados, los drones emiten poco ruido y pueden equiparse con dispositivos avanzados de audio para detectar sonidos difíciles de escuchar. Pueden entrar en situaciones peligrosas que representarían un riesgo para los pilotos o los trabajadores de emergencias que van a pie.

La respuesta a los desastres es solo uno de los usos que las agencias de seguridad pública pueden hacer de los drones y, se han creado aeronaves no tripuladas específicamente para ayudar a los departamentos de bomberos a reunir información durante la temporada de incendios forestales. Las cámaras de imágenes térmicas pueden usarse para ver a través del humo y los UAV pueden entrar en zonas que serían demasiado peligrosas para las naves tripuladas.

A. Aplicacion Inicial

La idea de idea del desarrollo de la plataforma aérea surgió como una necesidad para el estudio de la creciente problemática del “Río Nuevo” en la cuenca del Morro (Provincia de San Luis – Argentina), Fig. 8, que fue declarado en emergencia ambiental por la Provincia en 2016 (Goñi, 2018), donde la erosión se produce en forma de “sapping”, proceso erosivo generado por agua subterránea, que provoca colapsos y provoca cañones. En el fenómeno, el agua no cava desde arriba hacia abajo, sino desde abajo hacia arriba y donde los cambios en la cuenca y cañones formados por el cauce de agua es casi diario, resulta imprescindible mantener bajo monitoreo constante estos cambios que se van produciendo para poder actuar en forma preventiva en caso de desbordes, cortes de rutas, etc.

Para eso se necesitaba desarrollar una plataforma de monitoreo que pudiera cubrir grandes áreas, y a un bajo costo, que permitiera hacer relevamientos fotográficos y de video online en caso de ser necesario.



Figure 8. Río Nuevo en Argentina (Fuente: The Guardian)

B. Nuevas Aplicaciones

El prototipo desarrollado fue realizado con un fin específico, descripto en la subsección anterior, sin embargo, a medida que el proyecto fue avanzando y sin descuidar el objetivo principal se fueron desarrollando paralelamente múltiples aplicaciones que pueden rápidamente adaptarse a la plataforma para otros usos.

Algunas de estas aplicaciones e mencionan a continuación.

a) Agricultura de precision y control de plagas

Una de las aplicaciones mas utilizadas por los drones es la agricultura de precision y el control de plagas, la plataforma provee diferentes configuraciones de camaras que pueden ser instaladas para realizar controles en forma autonoma de capos, sembrados y control de plagas.Fig. 9.

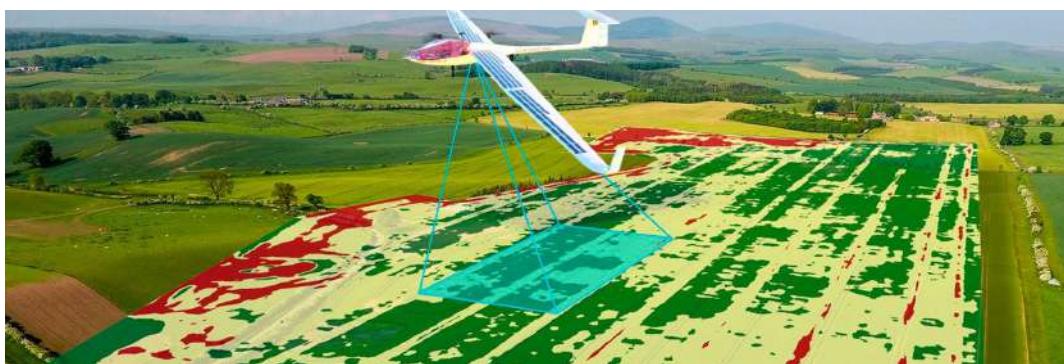


Figure 9. Sistema de comunicación del avión-drone

b) Desastres Naturales

WIFI

Cuando ocurre un desastre, el problema más importante que debe resolverse es preservar la vida humana. En este contexto, las primeras 72 h después del desastre son las más críticas.

Proveer conectividad wifi a zonas remotas y/o zonas de desastres naturales es vital para mantener comunicados a los habitantes que no poseen otro tipo de sistemas de comunicación.

El avión-drone cubriría rutas preestablecidas a grandes alturas (sobre las nubes) abriendo ventanas de comunicación para las diferentes zonas por las que se desplaza. Fig. 10.



Figure 10. Servicio de WIFI en desastres naturales

VIDEO

Poseer la capacidad de hacer vuelos de reconocimiento con cámaras instaladas que transmitirían en vivo la información en tiempo real a los usuarios ubicados en la misma zona donde este volando el avión-drone, para monitoreo de zonas de desastres climáticos, como inundaciones, incendios, etc, Fig. 11.

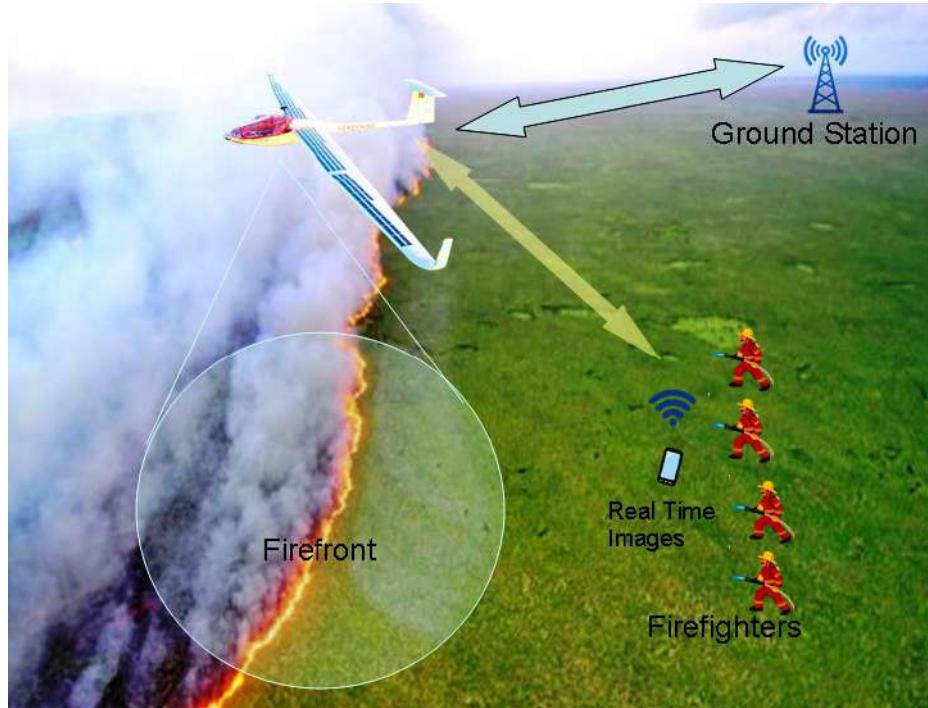


Figure 11. Servicio de imagen y video en desastres naturales

Para este caso el avión-drone podría descender de la altura de vuelo crucero para hacer vuelos por debajo de las nubes en caso que la situación lo requiera.

En el caso específico e incendios, Los drones se pueden equipar con cámaras infrarrojas para tener una visión a través del humo, así como sensores para la detectar la dirección del viento y otras variables climáticas que influyen en la expansión de los incendios forestales. Su versatilidad les permite transitar por espacios reducidos donde helicópteros o aviones no pueden volar. Así mismo, se desplazan a corta distancia de suelo, lo que permite capturar imágenes de alta resolución.

Otra de las ventajas que aportan es el bajo precio por operación. Aunque sabemos lo costosos que son los drones, si se comparan con los medios tradicionales utilizados hasta ahora el ahorro es sustancial.

Los drones son de gran utilidad frente a incendios incipientes, ya que pueden ayudar a detectar de forma temprana otros incendios en áreas cercanas, saber el potencial del fuego y sobre todo ofrecer en tiempo real información que va a permitir tomar las mejores decisiones. Gracias a la información y las alertas aportadas por los drones, los servicios de emergencias podrán saber qué tipo de operativo enviar y por dónde atacar el fuego. De esta manera, disminuye el riesgo de pérdida de vidas humanas.

c) Relevamiento de Microrredes aisladas

Utilizar su conectividad para hacer relevamiento de telemetría para microrredes aisladas en zonas rurales de difícil acceso, como así también de generadores eólicos aislados, Fig. 12.



Figure 12. Servicio de supervisión y relevamiento de datos de microrredes aisladas

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los avances del diseño e implementación de un avión-drone de bajo costo con tecnología opensource que da soluciones a problemáticas sociales actuales.

La gran fortaleza de esta plataforma de comunicaciones es que al volar a grandes alturas y a bajas velocidades las ventanas de tiempo de comunicación para las zonas remotas es bastante grande lo que permitiría a los usuarios el uso de programas de comunicación tipo WhatsApp o similares les de tiempo a enviar y recibir mensajes y ofrecer en caso de desastres naturales a los usuarios del Gobierno, Bomberos, etc., el envío de imágenes en tiempo real en el lugar de operaciones transmitiendo hacia los celulares de los usuarios que se conecten a la plataforma aérea que sobrevuela la zona en ese momento registrando imágenes y video. En la Fig. 13, 14 y 15 se muestran imágenes del primer prototipo LCA-FICA-X03 durante las primeras pruebas.



Figure 13. Ojo de Halcón



Figure 14. Ojo de Halcón primeras pruebas de vuelo



Figure 15. Ojo de Halcón primeras pruebas de vuelo

V. PARTICIPACIÓN EN CONCURSOS DE INNOVACIÓN Y PREMIOS OBTENIDOS

- Tercer puesto en concurso de Innovación UNSL Xi de la Secretaría de Vinculación Tecnológica y Social SVTS de la Universidad Nacional de San Luís UNSL. Proyecto avión-drone Ojo de Halcón – Resolución Rectorado UNSL R-R-1680.

<http://svts.unsl.edu.ar/wp-content/uploads/2019/10/Res-1680-UNSL-Xi.pdf>

<http://svts.unsl.edu.ar/wp-content/uploads/2020/04/08-Proy.-Plataforma-Ojo-de-Halco%CC%81n.pdf>

- Participación concurso de innovación INNOVAR 2019. RESOL-2019-396-APN-SGCTEIP#MECCYT -Avión-drone de monitoreo en tiempo real - 2019-0248

http://www.innovar.mincyt.gob.ar/catalogos/catalogo_innovar_2019.pdf

REFERENCES

- Atlantiksolar (2012), url: <http://www.atlantiksolar.ethz.ch/>
- Boyd J. (2020) Unmanned Solar Aircraft Aims to Compete Commercially With Satellites and Drones, IEEE Spectrum
- Catuogno C., Blanco I., Catuogno G. (2018) "Regenerative Air-Brake in Radio Control Glider" 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Year: 2018.
- Goñi U., 2018. url: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/01/argentina-new-river-soya-beans>. The Guardian.
- Sunbirds (2020), url: <https://sunbirds.aero/sb4-phoenix-long-range>
- Cano Morales (2016), url: <https://www.researchgate.net/publication/318834946>

Predicción de corrientes térmicas para vuelo de drones autónomos con Inteligencia Artificial

C. Catuogno, G. Catuogno

Línea de Electrificación Aislada Sostenible
INTEQUI (CONICET-UNSL)
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

D. De Yong, F. Magnago

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Argentina

J. Bosso, G. Garcia

Grupo de Electrónica Aplicada
IITEMA (CONICET-UNSL)
Río Cuarto, Argentina

Resumen—En este paper se presenta la propuesta de un método de predicción de corrientes térmicas por medio de redes neuronales, para facilitar la toma de decisiones en el vuelo de los drones autónomos que utilizan esta forma de energía para cumplir sus misiones. Está basado en la medición experimental durante el vuelo de parámetros ambientales, ubicación geográfica, hora y velocidad.

Palabras Claves—red neuronal; corrientes térmicas; keras, scikit-learn; support vector machine, drones autónomos

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de la energía necesaria para cubrir grandes distancias de vuelo, sin depender del motor alimentado por las baterías, dependen del ascenso en "térmicas", que simplemente es una corriente convectiva ascendente de pequeña escala. El drone utilizará para ganar altura las células convectivas locales y permanecer en ellas suficiente tiempo como para vencer el descenso normal, así como también, para recuperar la altura que se transformará en energía potencial, que puede ser usada tanto para desplazarse, como para generación de energía usando el frenado aerodinámico. El drone realiza, generalmente círculos a baja velocidad relativa dentro de la térmica asistido por el piloto automático y luego se lanza como una flecha en línea recta hacia la próxima térmica con dirección hacia el punto de destino del vuelo.



Fig. 1. Drone Ojo de Halcón

Las térmicas de rápido ascenso cubren, generalmente, un pequeño porcentaje del área convectiva, mientras que las corrientes descendentes más lentas predominan sobre la parte restante del área.

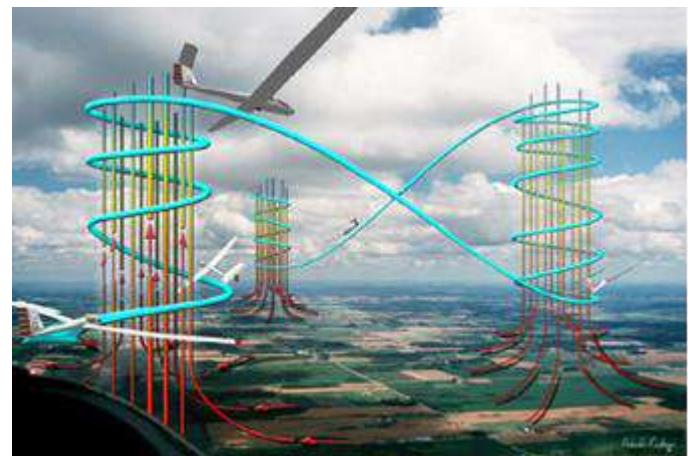


Fig. 2. Corrientes térmicas [1]

Como las térmicas dependen del calentamiento del sol, el vuelo térmico está virtualmente limitado a las horas en que hay luz solar y en especial en aquéllas de máxima insolación. El aire tiende a estabilizarse durante la noche, debido al enfriamiento producido en capas bajas por la radiación terrestre que produce a menudo una inversión de temperatura cercana a la superficie. El aire estable impide la convección y las térmicas no se forman hasta que esa inversión se destruya o se eleve lo suficiente como para permitir el vuelo térmico debajo de la misma [2]. El proyecto Ojo de Halcón (Figura 1) que es un drone de tipo planeador con motor eléctrico y paneles solares en sus alas fue desarrollado específicamente como un drone de largo alcance para monitorear, haciendo relevamiento fotográfico y en video, de la problemática ambiental del "Río Nuevo" en San Luis Argentina, que abarca una gran área de 370 mil hectáreas aproximadamente [3].

En este trabajo se propone el análisis de diferentes variables ambientales, geográficas y de tiempo para su procesamiento y análisis mediante algoritmos de inteligencia artificial para predecir térmicas y optimizar la duración de los vuelos.

II. VUELO EN CORRIENTES TÉRMICAS

En este tipo de drones, es de mucha importancia para control de vuelo el aprovechamiento de las corrientes térmicas, ya que aumentan la autonomía lo suficiente como para hacer los vuelos de larga distancia requeridos en el monitoreo. El drone a través de su piloto automático está preparado para aprovechar la elevación por corrientes térmicas de dos maneras, la primera es ganar altura y luego desplazarse hacia el siguiente waypoint asignado planeando sin encender el motor y la segunda si la fuerza de ascensional de la térmica lo permite usar el motor de propulsión como generador y ayudar a cargar las baterías Fig. 2.

El control del drone cuenta con una placa raspberry pi 4 y un piloto automático pixhawk [4] con sus sensores de vuelo, sensores de porcentaje de carga de batería, sensores de corriente de carga de paneles solares, etc. y en función de la distancia a recorrer entre los distintos waypoint seteados desde la estación de tierra va calculando si la misión puede realizarse o debe retornar a la base porque no tiene la energía suficiente para completarla sin riesgos.

Al ser la energía obtenida de las corrientes térmicas una parte muy importante de la alimentación del drone, sería deseable cuando los recursos energéticos del drone son escasos y antes de decidir si el drone debe abortar la misión, saber cuál es el porcentaje de probabilidad de que el drone encuentre térmicas para ganar energía (ganancia de altura o regenerativa) y así seguir volando en la misión. La detección o predicción de las corrientes térmicas es algo muy complejo con muchos factores para tener en cuenta, como la meteorología actual, la meteorología anterior, la orografía, la proximidad mar/lagos, el material del suelo, el suelo de alrededor, la hora, el día del año, la altitud, la brisa de valle, la comarca/país, el gradiente de temperatura, el gradiente de viento, etc. [5]

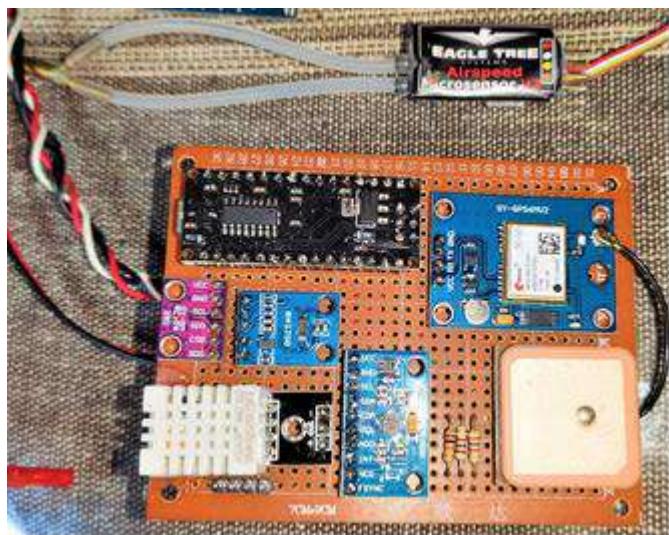


Fig. 3. Plataforma de sensores

Hay algunos estudios sobre la predicción de las corrientes térmicas con el uso de la inteligencia artificial mediante el uso de redes neuronales de Aprendizaje Reforzado, utilizando el piloto automático Pixhawk y todas sus fortalezas, desarrollando ciertas “habilidades” leyendo con cámaras térmicas el suelo y otros factores [6], [7].

Se propone otro enfoque con la medición de parámetros ambientales según la ubicación del drone e ir generando un historial de las condiciones climáticas que son propicias para vuelo térmico y las que no lo son, para toda la trayectoria de relevamiento que debe realizar el drone normalmente. Una vez obtenidos los datos históricos de vuelo del drone se utilizarán para entrenar en un principio redes neuronales Scikit-learn MLPClassifier, Keras Tensorflow y Support Vector Machine que luego en un futuro serán implementadas en una Raspberry Pi 4, una vez entrenadas la de mejor rendimiento se utilizará para predecir durante el vuelo del avión si el drone está volando en un clima propicio para la aparición de corrientes térmicas o no.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Como primer paso se diseñó un sistema de sensores que utilizamos para registrar los datos durante el vuelo, que son altura de vuelo, radiación solar, hora del día, mes del año, humedad relativa, viento y posición de GPS. Como dato de salida a todas las variables medidas tendremos si se logra o no, ganar altura cuando el piloto automático detecta alguna térmica.

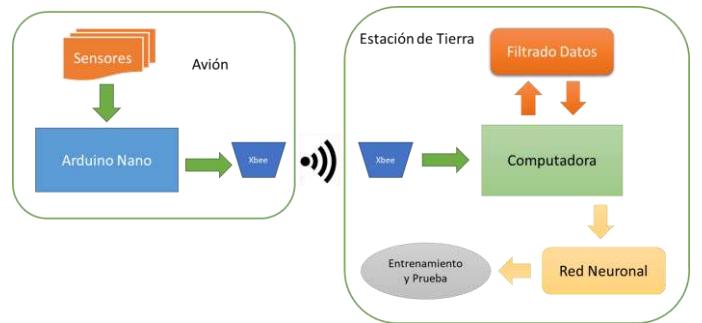


Fig. 4. Sistema de recolección de datos

El sistema de sensores se conecta a una plataforma Arduino Nano que nos permite registrar las variables a medir durante el vuelo del drone. Se seleccionó la placa Arduino Nano por su reducido tamaño y facilidad de programación, este desarrollo es presentado en las Fig. 3 y 4.

A. Sistema de Sensores

Los sensores instalados en la plataforma comandados por una placa Arduino Nano son:

- Sensor de GPS GPS6MV2
- Acelerómetro y Magnetómetro Mpu-9250
- Sensor de Temperatura y Presión BMP280
- Sensor de velocidad del aire Eagle Tree V3
- Sensor de luminosidad Bh-1750
- Sensor Humedad Relativa y Temperatura Dht-22

B. Sistema de recolección de datos

En una primera etapa del desarrollo los datos registrados por los sensores durante el vuelo se transmiten a la base en tierra a través de un módulo de comunicaciones XBee de 900 MHz [8] y los mismos son registrados por una computadora que irán generando una base de datos, estos primeros datos son necesarios para entrenar la red neuronal la primera vez. Para eso se diseñó un soporte para la placa de sensores y modulo transmisor y se montó sobre el planeador de pruebas. (Fig. 5)

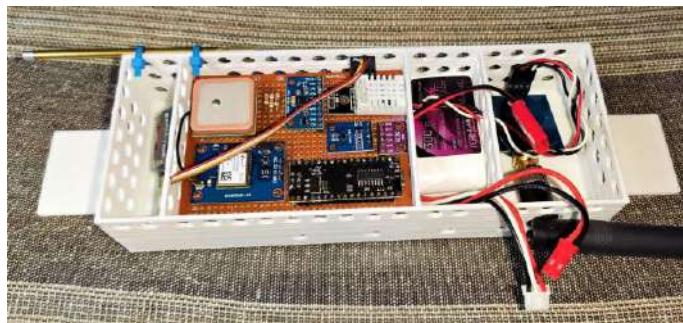


Fig. 5. Plataforma de sensores en soporte para montaje en planeador

C. Vuelos de recolección de datos

El sistema de sensores en la primera etapa de desarrollo fue instalado en el fuselaje de un planeador radiocontrolado de alto rendimiento modelo Infinity de 3500 mm de envergadura y 1250 gramos de peso [9]. (Fig. 6) Los vuelos se realizaron a distintos horarios del día y se fueron registrando los valores obtenidos de los sensores. El planeador se eleva mediante un motor hasta una altura entre 100 y 200 metros y luego se apaga el motor y comienza su planeo donde se comienza a registrar los datos en la estación de tierra. Debido a la restricción del organismo competente sobre el uso de drones en zonas prohibidas, todas las pruebas se realizaron dentro del predio del Aeroclub Villa Mercedes (San Luis), donde se cuenta con autorización para hacerlo, sin superar los 200 metros de altura.

D. Filtrado de datos

Los datos obtenidos se analizan y se convierten al formato .csv para que puedan ser leídos por los programas de Inteligencia Artificial IA. Un punto importante es que de los sensores instalados pueden obtenerse muchos datos, de acelerómetros, magnetómetros, etc. que por el momento no serán tenidos en cuenta para la predicción del fenómeno de corrientes térmicas que estamos buscando. Los datos por seguridad quedan alojados en la nube.[10] Las variables medidas y que sirven para el primer análisis son: Presión atmosférica, Temperatura, Altitud, Velocidad Relativa, Humedad Relativa, Lux, Latitud, Longitud, Hora, Velocidad de Gps y como Salida se tiene que: es un 0 si el planeador va perdiendo altura durante su planeo y un 1 si el mismo comienza a ganar altura durante el vuelo de planeo.

E. Red Neuronal

Las redes neuronales implementadas actualmente son MLPClassifier de Scikit-learn, Keras Tensorflow [11] y una Support Vector Machine [12]. Aunque se utilizaron estos tipos de redes neuronales el sistema es abierto a implementar cualquier otro tipo de red neuronal que se crea conveniente ensayar. La que produzca mejor rendimiento luego del entrenamiento será la usada en la predicción en tiempo real de la detección de condiciones de vuelo térmico. El lenguaje de implementación de la red neuronal es el *Python* que es un lenguaje de alto nivel, interpretado y de propósito general que se puede utilizar para una amplia variedad de tareas y sobre todo porque es uno de los lenguajes más fáciles de aprender y, de hecho, la mayoría de las aplicaciones de IA se crean con *Python* y herramientas relacionadas con el lenguaje. Hay muchas razones para esto, pero principalmente interesa porque Python es fácilmente compatible en todas las plataformas y se puede implementar en casi cualquier lugar, en nuestro caso en un futuro se implementará en una Raspberry Pi 4.



Fig. 6. Planeador Infinity con plataforma de sensores

El siguiente algoritmo es para la lectura del archivo con los datos y el acondicionamiento para su utilización en las redes *Scikit-learn MLPClassifier* y *Keras Tensorflow*.

```
import csv
import pandas as pd
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore") #suprimo alertas
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from tensorflow.keras import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
# agrego nombres de encabezados
headers='PresAtm','Temp','Altitud','VelRel','HumRel',
'Lux','Latitud','Longitud','Hora','VelGps','Salida']
termica_df      =      pd.read_csv('data-bp.csv',      sep=';', names=headers)
```

```

#convierto las entradas en matrices numpy
X = termica_df.drop(columns=['Salida'])

y_label = termica_df['Salida'].values.reshape(X.shape[0], 1)

#separo datos en datos de entrenamiento y prueba
Xtrain, Xtest, ytrain, ytest = train_test_split(X, y_label,
test_size=0.3, random_state=2)

#estandarizo los datos
sc = StandardScaler()
sc.fit(Xtrain)

Xtrain = sc.transform(Xtrain)
Xtest = sc.transform(Xtest)

```

A. Red neuronal de 2 capas con Scikit-learn

Se usa Scikit-learn de Python que es una biblioteca de aprendizaje automático de código abierto que admite el aprendizaje supervisado y no supervisado. También proporciona varias herramientas para el ajuste de modelos, preprocesamiento de datos, selección y evaluación de modelos y muchas otras utilidades.



Fig. 7. Chequeo pre-vuelo planeador con sensores

Se implementa una red neuronal de 2 capas con *scikit-learn*, para eso se utiliza la herramienta *MLPClassifier* que viene en el paquete *scikit-learn* y contiene una implementación de una red neuronal. Para su utilización, primero es necesario importarlo de la *sklearn. neural_network* e inicializar la arquitectura:

```

from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score
sknet = MLPClassifier(hidden_layer_sizes=(8),
learning_rate_init=0.001, max_iter=1000)

```

Solo se especifica el número de nodos ocultos cuando se utiliza *MLPClassifier*; el tamaño de la característica de entrada se infiere de la dimensión de los datos de entrada. Además, es necesario determinar la tasa de aprendizaje y el número de iteraciones. Se utilizan varias combinaciones de nodos ocultos, una tasa de aprendizaje de 0,001 y distinta cantidad de

iteraciones como parámetros. Entrenamos esta red y calculamos su precisión para cada conjunto de valores:

```

sknet.fit(Xtrain, ytrain)
preds_train = sknet.predict(Xtrain)
preds_test = sknet.predict(Xtest)
print("Precisión con datos de entrenamiento de la red neuronal sklearn: {}".
format(round(accuracy_score(preds_train, ytrain),2)*100))
print("Precisión datos de prueba de la red neuronal sklearn: {}".
format(round(accuracy_score(preds_test, ytest),2)*100))

```

B. Red neuronal de 2 capas con Keras

Keras es una biblioteca de aprendizaje profundo de código abierto escrita en *Python*. Fue diseñada para hacer que la experimentación con bibliotecas de aprendizaje profundo sea más rápida y sencilla. Se utilizó la implementación de *Tensorflow de Keras* (*tf.keras*). Para crear el modelo de red neuronal en *tf.keras*, importamos los módulos *Sequential*, *Layers* y *Dense*. Vemos que el módulo *Sequential* puede aceptar una serie de capas apiladas una encima de la otra.

```

from tensorflow.keras import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
# definimos el modelo
model = Sequential()
model.add(Dense(8, input_shape=(10,)))
model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))

```

En el código anterior, se creó un modelo *Sequential*, esto le dice a *Keras* que se van a crear pilas de capas. A continuación, se agregan dos capas *Dense*, la primera capa *Dense* tiene una forma de entrada de 10 y se evalúa con distinta cantidad de nodos ocultos, mientras que la segunda capa *Dense*, que es la salida, tiene un solo nodo y se utiliza la función de activación sigmoidea. Se compila el modelo pasando la función de pérdida y un optimizador que le dice a la red cómo aprender y una métrica a calcular:

```

opt = Adam(learning_rate=0.001)
model.compile(optimizer=opt, loss='binary_crossentropy',
metrics=['accuracy'])

```

Hay muchos tipos de optimizadores entre los que se puede elegir y cada uno puede afectar el rendimiento de la red. Se usa el optimizador de *Adam* y una función de pérdida de entropía cruzada binaria, dado que se está trabajando en una tarea de clasificación binaria. Luego se hace el entrenamiento de la red y se evalúa:

```

model.fit(Xtrain, ytrain, epochs=1000, verbose=0)
train_acc = model.evaluate(Xtrain, ytrain, verbose=0)[1]
test_acc = model.evaluate(Xtest, ytest, verbose=0)[1]

```

```

print("Precisión con datos de entrenamiento de la red
neuronal keras: {}".format(round((train_acc * 100), 2)))
print("Precisión con datos de prueba de la red neuronal keras:
{}".format(round((test_acc * 100),2)))

```

C. Support Vector Machine SVM

Por ultimo. Se implementa una red neuronal con SVM, para esto se utiliza SVM que viene en el paquete *Scikit-learn* y contiene una implementación de una red neuronal. A continuación, se presenta el programa.

```

#Importar paquetes de Python
import numpy as np
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
# Importar funcion train_test_split
from sklearn.model_selection import train_test_split
#Importar modelo svm
from sklearn import svm
#Importar el módulo de métricas de scikit-learn para calcular
la precisión
from sklearn import metrics
from sklearn.metrics import confusion_matrix
#Importar datos
data = pd.read_csv("data.csv")
#Separa la matriz Features y la matriz objetivos
x = data.drop('target',axis = 1)
y = data.target
# Dividir el conjunto de datos en un conjunto de entrenamiento
y un conjunto de prueba
x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(x, y,
test_size=0.3,random_state=109)
# tenemos el 70% de datos de entrenamiento y 30% prueba
#Crear un svm Classifier
ml = svm.SVC(kernel='linear') # Kernel lineal
#Entrenar el modelo usando los conjuntos de entrenamiento
ml.fit(x_train, y_train)
#Predecir la respuesta para el conjunto de datos de prueba
y_pred = ml.predict(x_test)
# Precisión del modelo: determinamos con qué frecuencia es
correcto el clasificador
ml.score(x_test,y_test)
print(precision)

```

```

resultado = confusion_matrix(y_test,y_pred)
print(resultado)

```

IV. RESULTADOS

Una vez que estuvo todo el sistema armado, se realizaron 20 vuelos en tres días distintos, uno por la tarde y dos antes del mediodía. Si bien el momento del año para buscar corrientes térmicas no es el óptimo, debido a que se realizaron en invierno pudieron detectarse varias corrientes térmicas los días que se voló durante la mañana. (Fig. 7) En el primer día de vuelos el 22 de julio de 2021 pudieron realizarse 4 vuelos durante la tarde y no se registró actividad térmica, el segundo día de vuelos fue el 24 de julio por la mañana y pudieron realizarse 10 vuelos con una leve actividad térmica que permitió ganar altura y registrar los datos y el último día de vuelo fue el 25 de julio por la mañana donde la actividad térmica había mejorado y pudieron realizarse 6 vuelos en muy buenas condiciones.

En la Fig. 8 se muestran algunos de los datos obtenidos para un vuelo el día 25 de julio.

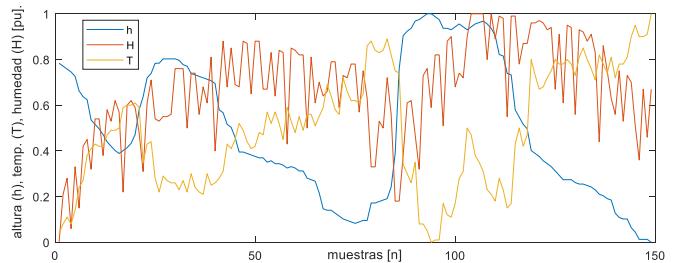


Fig. 8. Datos de altura, temperatura y humedad de un vuelo

Una vez que fueron procesados los datos se procedió al filtrado de estos y quedaron 415 muestras, de las cuales se utilizaron el 70% de las mismas para entrenamiento y el 30% restante para pruebas de las redes analizadas.

Por eso, en función de los datos de entrada y la variación de altitud que es la variable de salida, los resultados determinan la precisión con la que es posible encontrar térmicas durante el vuelo, obteniéndose los siguientes resultados:

A. Resultado de la red Scikit-learn y Keras

Los resultados con varios números de iteraciones y varios números de neuronas en la capa oculta se muestran en la siguiente Tabla 1 y en forma gráfica en las siguientes Figura 9 y 10.

Tabla. 1. Resultados de Sklearn y Keras

i/n	Red Sklearn				Red Keras			
	8	9	10	11	8	9	10	11
1000	82	83	82	82	81,6	80	84,8	80,8
2000	83	82	80	80	84	80	83,2	81
3000	82	81,2	81	81	84	81	83,2	83
5000	85	83	80	80	82,4	80	83,2	82

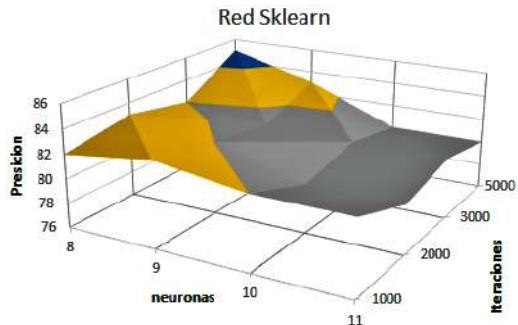


Fig. 9. Resultados precisión Red Sklearn

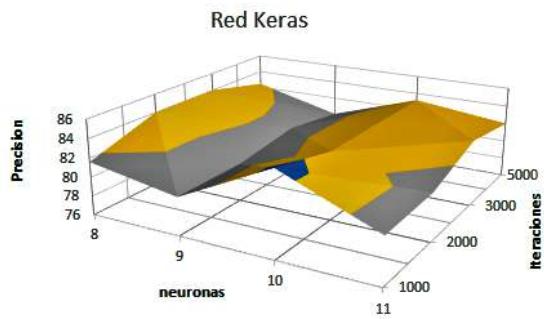


Fig. 10. Resultados precisión Red Keras

B. Resultado SVM

En la siguiente Figura 11 se muestran los resultados de SVM con distintos kernels.

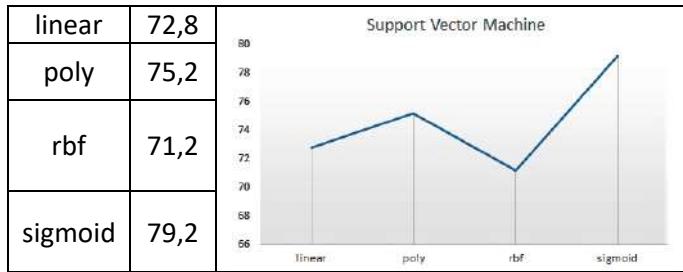


Fig. 11. Resultados precisión SVM

Se pueden observar los resultados para las distintas configuraciones de parámetros. Esta precisión se seguirá evaluando para determinar el comportamiento de las distintas redes neuronales cuando se posean más datos y se puedan incluir más entradas al sistema.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se presentó una plataforma para la medición y adquisición de diferentes variables necesarias poder determinar la presencia de corrientes térmicas. Dichos datos fueron procesados y analizados con diferentes redes neuronales, donde se concluye que la red scikit-learn y keras pueden predecir con un porcentaje mayor al 84% la presencia de térmicas. Como trabajos futuros, se seguirán realizando vuelos para incrementar la base de datos del set de entrenamiento y prueba, una vez que se cuente con más información se podrá ir agregando más entradas a la red

neuronal, por ejemplo, se podría agregar el día y mes del año que se estima puede ser beneficioso a la predicción. Luego se avanzará con la instalación de la plataforma de sensores en el drone solar Ojo de Halcón que tendrá todo el sistema de predicción de corrientes térmicas a bordo de este y que junto con el piloto automático Pixhawk y el control del estado de la microrred de energía del drone tomará las decisiones de continuidad de la misión o retorno a casa. En esta futura instalación los valores obtenidos de los sensores serán enviados a través del puerto USB del Arduino Nano mediante comunicación serie a la placa Raspberry Pi 4 que los almacenará y que luego la red neuronal implementada en esta usará para hacer la predicción en tiempo real. Fig. 12.

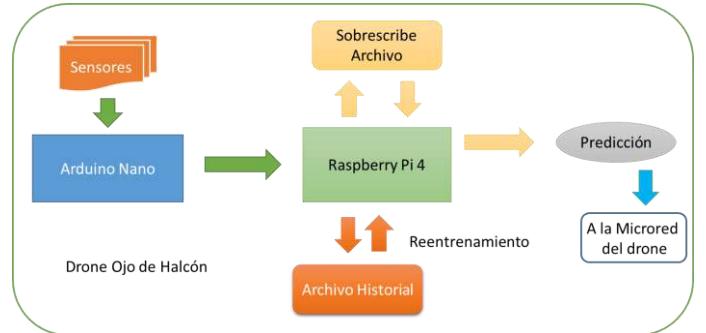


Fig. 12. Sistema de detección a instalar en drone Ojo de Halcón

RECONOCIMIENTOS

Un especial agradecimiento al grupo de investigación Línea de Electrificación Aislada Sostenible – LEAS de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina, a la Agrupación de Aeromodelistas Villa Mercedes – AAVM que gentilmente nos cedieron el predio para hacer las pruebas de vuelo.

REFERENCIAS

- [1] Foto-www.mansfieldct.org/Schools/MMS/staff/hand/flightglider.htm
- [2] Condiciones meteorológicas para el vuelo a vela. El tiempo - Tutiempo Network,S.L. <https://www.tutiempo.net/meteorologia/condiciones-vuelo-a-vela.html>
- [3] La lupa sigue sobre la Cuenca del Morro | El Diario de la República. <https://www.eldiariodelarepublica.com/nota/2019-6-23-8-51-0-la-lupa-sigue-sobre-la-cuenca-del-morro>
- [4] Ardupilot Plane Home <https://ardupilot.org/plane/>
- [5] Paragliding thermals basic concepts. Parapente térmicas conceptos básicos – Kiko Reynoso <https://www.youtube.com/watch?v=uvefB0VmCeo>
- [6] Andrey Kolobov, Iain Guilliard, Rick Rogahn, Debadeepa Dey - Project Frigatebird: AI for Autonomous Soaring
- [7] Samuel Tabor, Iain Guilliard, Andrey Kolobov ArduSoar: an Open-Source Thermalling Controller arXiv:1802.08215v2 [cs.RO] 21 Aug 2018
- [8] Digi XBee Ecosystem Wireless modules, developer tools, and software libraries <https://www.digi.com/xbee>
- [9] Infinity Models <https://www.infinity-f5j.com/infinity-series/>.
- [10] Datos <https://github.com/cgcatuogno/ocio-de-halcon>
- [11] Rising Odegua GDE in Machine Learning, Software Engineer, Data Scientist, Technical Writer, OSS, Advocacy <https://medium.com/@risingdeveloper>
- [12] Venugopal Ade - Kaggle <https://www.kaggle.com/adevenugopal>

Autonomous, open source, low-cost and long-range solar plane for monitoring environmental phenomena.

C. Catuogno¹, G. Catuogno², J. Bosso³, G. Garcia⁴.

^{1,2,3} Automatic Control Laboratory, National university of San Luis

⁴ Applied Electronics Group, National University of Rio Cuarto

Background

Given the growing problem of the "New River" in the Morro basin (San Luis Province), which was declared an environmental emergency by the province in 2016, where erosion occurs in the form of "sapping" (It is an erosive process generated by underground water, which causes collapses and causes canyons (In the phenomenon, the water does not dig from the top down, but from the bottom up) and where the changes in the basin and canyons formed by the water channel is almost daily. The coverage area of the "new river" phenomenon is approximately 400 km², which is why it is necessary to have a long-range survey vehicle.

Research Question

Counting on a periodic aerial photographic survey can be of great help for professionals of the National Institute of Agricultural Technologies (INTA) and professionals of the National University of San Luis (UNSL) specialists in soil, who for several years have been studying the evolution of the



phenomenon. and help in the prediction of the future development of new canyons and basins that complicate the operation of the affected fields and productive farms and prevent or alert in case there is any bifurcation towards the southern neighborhoods of the city of Villa Mercedes that were seriously affected with floods in 2016.

Hypothesis

It is proposed to use an aircraft-drone with UAV technology, powered by solar energy, to increase the capacity of the flights to more than 12 hours, helping the drone to fly for longer without loading more weight on batteries and can monitor all the basin on a daily basis, covering a pre-established route autonomously and at a low cost. The original idea is for it to transmit high-quality live video image to the base and to cell phones close to the drone-plane flyover zone. Also at the same time, he would do a photographic survey of the studied area so that later the specialists analyze and generate a history of the changes in the affected area..



Future Work

Future works are the implementation of a software that can take the image in real time transmitted by the aircraft-drone and upload them to the network so that researchers from different agencies can follow them in real time without leaving their workplaces and it also serves as early warnings in the event of an overflow of any of the New River channels, which has already caused flooding in the most southeastern neighborhoods of the city of Villa Mercedes - San Luis - Argentina. It could also be used for other purposes, such as large area fire control, rail and pipeline monitoring and inspection, crop inspection, and search and rescue.

Methodology

For the development of the autonomous solar plane-drone, it was started with two basic premises, the first is that it should be low-cost, consisting of a nationally manufactured commercial fiber and epoxy fuselage and wings with a structure built with a 3D printer where the solar cells are housed. that feeds the plane and second that the technology used was open source, both in the HD video system that has cameras for surveying and in the electrical microgrid for energy management of the aircraft-drone. Several experimental prototypes were built up to the final prototype to begin field testing

Results

Currently the final prototype called LCA-FICA-X03 (Automatic Control Laboratory - Faculty of Engineering and Agricultural Sciences) is doing the validation tests, video transmission tests, range and duration of the flights, under a controlled environment in order to obtain the corresponding certifications from the ANAC (National Civil Aviation Administration) so that once the licenses are obtained, they can begin with the first survey flights of the New River area in the Morro Basin.

Bibliography

When nature says 'Enough!': the river that appeared overnight in Argentina

<https://www.theguardian.com/world/2018/apr/01/argentina-new-river-soya-beans>

"Río Nuevo": un documental sobre la extraña formación de cursos de agua en San Luis

<https://www.conicet.gov.ar/rio-nuevo-un-documental-sobre-la-extrana-formacion-de-cursos-de-agua-en-san-luis/>

Río Nuevo: la naturaleza desafía a la ciencia y a los gobiernos en San Luis

<https://www.telam.com.ar/notas/201608/157862-rio-nuevo-san-luis-naturaleza.html>

Sistema de seguimiento de antena para UAV

Carlos Catuogno, Guillermo Catuogno
Lab. de Tecnologías Apropriadas (LabTA)
Universidad Nacional de San Luis
Villa Mercedes, Argentina
carloscatuogno105@yahoo.com.ar

Jonathan Bosso
Universidad Nacional de Villa Mercedes
CONICET
Villa Mercedes, Argentina

Guillermo Garcia
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA)
Universidad Nacional de Río Cuarto
Río Cuarto, Argentina

Resumen—Este trabajo propone el desarrollo de un sistema automático de seguimiento de antena para un vehículo aéreo no tripulado (UAV). Este sistema, en acción conjunta con el uso de antenas direccional, permite aumentar el rango de comunicación (video y telemetría) entre el UAV y su estación de monitoreo en tierra. Los resultados experimentales permiten corroborar el correcto funcionamiento del sistema de seguimiento y los enlaces de comunicación.

Palabras claves-UAV, rastreador de antena, OpenHD, antena omnidireccional, antena direccional.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas aéreos no tripulados (UAS) se han convertido en una herramienta versátil para diferentes aplicaciones relacionadas con la monitorización y una exploración de amplias áreas abiertas. UAS es un más completa definición que el tradicional vehículo aéreo no tripulado (UAV) ya que encierra no sólo el vehículo volador, sino también el enlace de comunicación, el sistema de control, la carga útil y la estación base terrestre [1], [2].

Por lo tanto, un UAS consta de diferentes subsistemas donde el UAV es solo uno de ellos. Todos los subsistemas son importantes porque afectan el funcionamiento normal del vehículo aéreo. Los componentes principales de un UAS son el UAV, la estación base y el sistema de comunicación. El vehículo aéreo no tripulado se encarga de transportar la carga útil de la misión que es, por ejemplo, el sistema de cámaras para obtener imágenes durante un vuelo. La estación terrestre es el control central de toda la misión que ayuda al usuario a monitorear el rendimiento del vehículo y todos los demás subsistemas durante vuelo, siempre priorizando la seguridad de la operación. El tercer y principal componente de un UAS, el sistema de comunicación que proporciona el enlace inalámbrico entre la estación terrestre y la antena de la plataforma para transferir datos de telemetría y comandos de control [3].

Cuanto mayor sea la distancia de vuelo del UAV, se necesita un mayor presupuesto energético de potencia de transmisión que se puede lograr aumentando la potencia del transmisor, aumentando la sensibilidad del receptor o aumentando la ganancia de la antena. Sin embargo, el diseño de sistemas de comunicaciones en una plataforma voladora está limitado por las siguientes restricciones. El transmisor, el receptor y la antena deben ser compactos, livianos y de bajo consumo de energía para ahorrar batería en el vehículo. Aunque la antena no influye directamente en el consumo de energía de la batería, un aumento en la ganancia de la antena generalmente requiere un aumento de la dimensión de la antena que provoca un mayor peso o reduce la aerodinámica. Por lo tanto, la forma más eficiente de aumentar el balance del enlace es modificando la antena en el GCS [4].



Figura 1. UAV utilizado en este trabajo.

Las antenas se utilizan para enviar y recibir información de forma inalámbrica. Las antenas omnidireccionales no necesitan ser apuntadas una con la otra, pero no tienen un alcance tan largo como antenas direccionales. Las antenas direccionales también permiten tasas de datos más altas, pero usarlos para UAV requiere un montaje de seguimiento para mantener la antena apuntando al objetivo [5].

Desafortunadamente, por lo general, el área de la misión de monitoreo es muy amplia, mientras que el uso de una antena omnidireccional en la misión de monitoreo de desastres estará limitando el alcance máximo del UAV. Por lo tanto, se necesita una antena direccional de alta ganancia. Sin embargo, la antena direccional tiene la desventaja de que tiene que estar siempre dirigida al objetivo. Para resolver este problema, existen los rastreadores de antena que están hechos para rastrear los UAVs continuamente para que la antena direccional siempre pueda estar orientada hacia el UAV [6].

El sistema de seguimiento de antenas de vehículos aéreos no tripulados (UAV) es un componente electromecánico diseñado para rastrear y dirigir los haces de señales desde la estación de control terrestre (GCS) hasta el UAV para una alineación óptima de la señal. En un sistema de seguimiento, una antena continuamente rastrea un objetivo en movimiento y registra su posición. Un sistema de antena de seguimiento de UAV es susceptible a la pérdida de señal si la antena omnidireccional se implementa como el diseño preferido. Por lo tanto, para lograr una mejor comunicación a distancias más largas, existe la necesidad de una antena direccional de alta ganancia. Se sabe que las antenas direccionales enfocan la energía de su señal en una dirección particular y su patrón de radiación se concentra en una dirección de azimut particular. Desafortunadamente, una antena direccional está limitada por el ángulo, por lo tanto, siempre debe estar dirigida al objetivo [7].

En este trabajo se propone un sistema de seguimiento de un sistema automático de seguimiento para el UAV que permite aumentar el rango de comunicación (video y telemetría) entre el UAV y su estación de monitoreo en tierra.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, la Sección II presenta los diferentes tipos de antenas, el sistema

aéreo no tripulado diseñado y ensamblado por el LabTA y se describe el sistema de comunicación original del sistema. La Sección III detalla el sistema rastreador desarrollado, la estructura mecánica y el control del seguimiento. Las pruebas y resultados del seguimiento del UAV durante las pruebas experimentales se muestran en la Sección IV. Finalmente, la Sección V presenta las conclusiones finales.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Las antenas omnidireccionales proporcionan un patrón de radiación en forma de rosquilla, es decir, 360° para proporcionar la más amplia cobertura de señal en aplicaciones inalámbricas de interior y exterior (Fig. 2).



Figura 2. Antenas Omnidireccionales

Si se observa las radiaciones en la Fig. 3, esta antena no emite en forma de una bola, muchas veces se cree que la omnidireccional emite en todos los sentidos, pero no es así, emite a 360° en horizontal, pero a unos 180° en vertical. Una de las ventajas de las antenas omnidireccionales es que nos dan cobertura a 360° en horizontal, esto significa que si la ponemos en el centro dará señal a todo el mundo que esté a su alrededor.

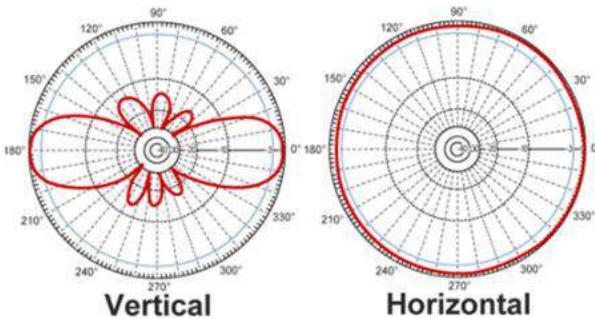


Figura 3. Radiaciones de una antena omnidireccional

Las antenas direccionales (Fig. 4), como su nombre indica, la señal inalámbrica se centra en una dirección específica que tiene lugar en un área de cobertura limitada.

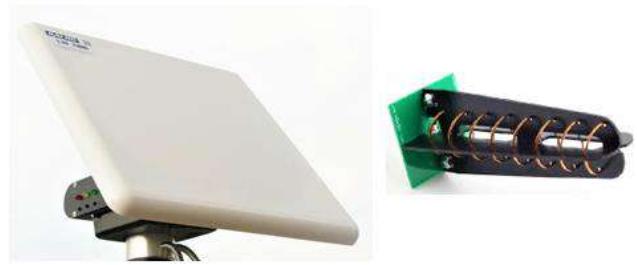


Figura 4. Antenas direccionales

Como se observa en la Fig. 5, el patrón de ganancia de las antenas direccionales lo que hacen a nivel horizontal es concentrar la energía en vez de repartirla en todos los sentidos.

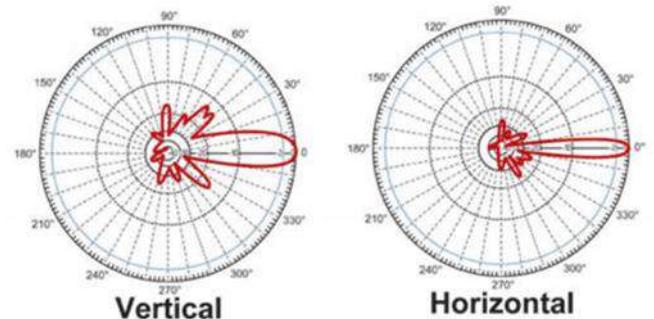


Figura 5. Radiaciones de una antena direccional

Si lo que se quiere es dar cobertura en grandes áreas a muchos usuarios lo lógico es hacer una red con un punto central, que en este caso sería el UAV con una antena omnidireccional, y los usuarios en cada nodo se conectan mediante antenas direccionales.

Las antenas direccionales de alta ganancia son opciones obvias para muchas configuraciones de comunicaciones inalámbricas donde el rendimiento está optimizado en función de diseños de sistemas de RF punto a punto. En la mayoría de los casos son económicos y fácilmente disponibles en muchas configuraciones. Usando una antena direccional permite que la energía sea dirigida y recibida desde una ubicación conocida, lo que podría minimizar los efectos negativos de las fuentes de energía competidoras fuera el patrón de antena [8].

En el caso del vuelo de un UAV tenemos visibilidad directa lo que es ideal para un par de antenas direccionales que concentren la señal en un punto tan pequeño que recibiremos muchas menos interferencias. En el caso de las antenas direccionales es importantísimo que las mismas estén muy bien orientadas las antenas entre ellas [9].

El UAV que se utiliza en las pruebas experimentales es el prototipo LabTA-X04 y se presenta en la Fig. 1 y 6, es un drone de ala fija bimotor de 2.6 metros de envergadura, que posee gran autonomía y es comandado por un piloto automático Pixhawk.



Figura 6. prototipo LabTA-X04

Para el sistema tradicional (Fig. 9) de enlace de comunicaciones el UAV opera con OpenHD, un sistema FPV digital de código abierto que es fácilmente configurable con Raspberry Pi y adaptadores WiFi económicos disponibles comercialmente, sin embargo, no los opera en el modo WiFi estándar, lo que no es adecuado para la transmisión de video de baja latencia o de muy larga distancia. En cambio, Open.HD configura el adaptador WiFi de una manera similar a una transmisión simple, muy similar al hardware de transmisión de video analógico. Las señales de video de alta definición, telemetría UAV bidireccional, audio y control RC se pueden enviar a través de un solo enlace de radio [10].

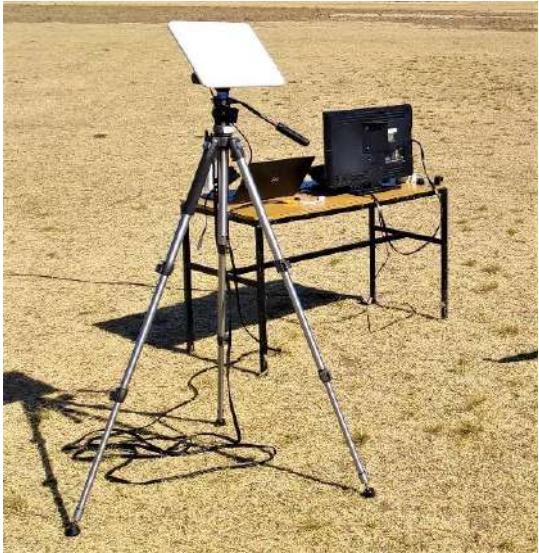


Figura 7. Estación de tierra



Figura 9. Sistema Tradicional con antena Omnidireccional en UAV.

La configuración inicial del sistema de enlace es una placa WiFi Asus AC56 en el lado aire o lado UAV es la siguiente, la frecuencia de transmisión es de 5.8 GHz con una antena tipo hoja de trébol de tres lóbulos (clover leaf) de 3 dbi de ganancia.

Estas antenas son omnidireccionales como las antenas dipolo (Fig. 14), pero son circularmente polarizadas y proporcionan mejor recepción, siendo al tiempo menos susceptibles al multipathing, de modo que puedes volar entre árboles y paredes con buena calidad de vídeo [11].

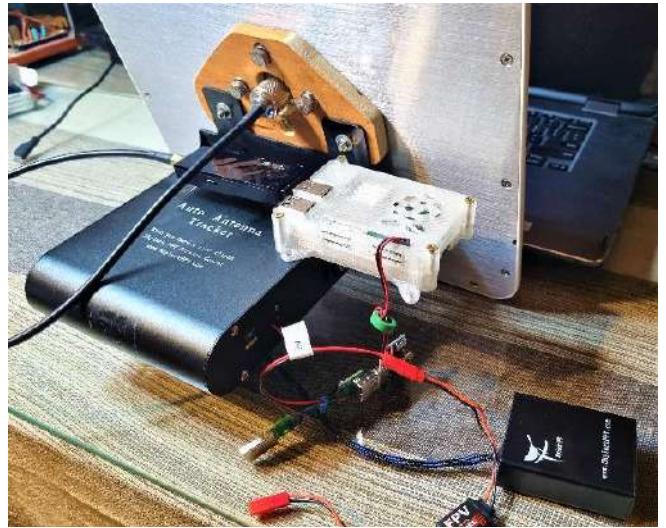


Figura 8. Antena con rastreador Skylark de la estación de tierra

Para el lado tierra o estación de control del sistema de enlace, este posee también una placa WiFi Asus AC56 con una antena direccional de 5,8 GHz, de panel plano de alta ganancia 23 dbi, montada sobre un rastreador de antena Skylark Tracker como se puede observar en las Figuras. 7 y 8).

III. SISTEMA PROUESTO

Teniendo en cuenta que en este trabajo no se analizará las antenas en sí mismas, sino que lo que se trata de determinar es la mejora obtenida si se usan antenas direccionales (enlace punto a punto) en reemplazo de antenas omnidireccionales, siempre utilizando antenas standard.

Sabiendo que la configuración inicial del sistema tradicional de enlace RF que está constituido por una antena omnidireccional tipo hoja de trébol en el UAV y una antena

direccional de panel plano montada sobre un rastreador comercial Skylark se propuso diseñar un sistema de seguimiento de antena de muy bajo peso y reducido tamaño que pudiera ser montado sobre el UAV y pudiéramos reemplazar la antena omnidireccional original por una antena

Consta de un mecanismo de rotación y de inclinación accionados por dos servomotores SG90 de 9 gramos de peso cada uno y ángulo máximo de rotación de 180 grados.

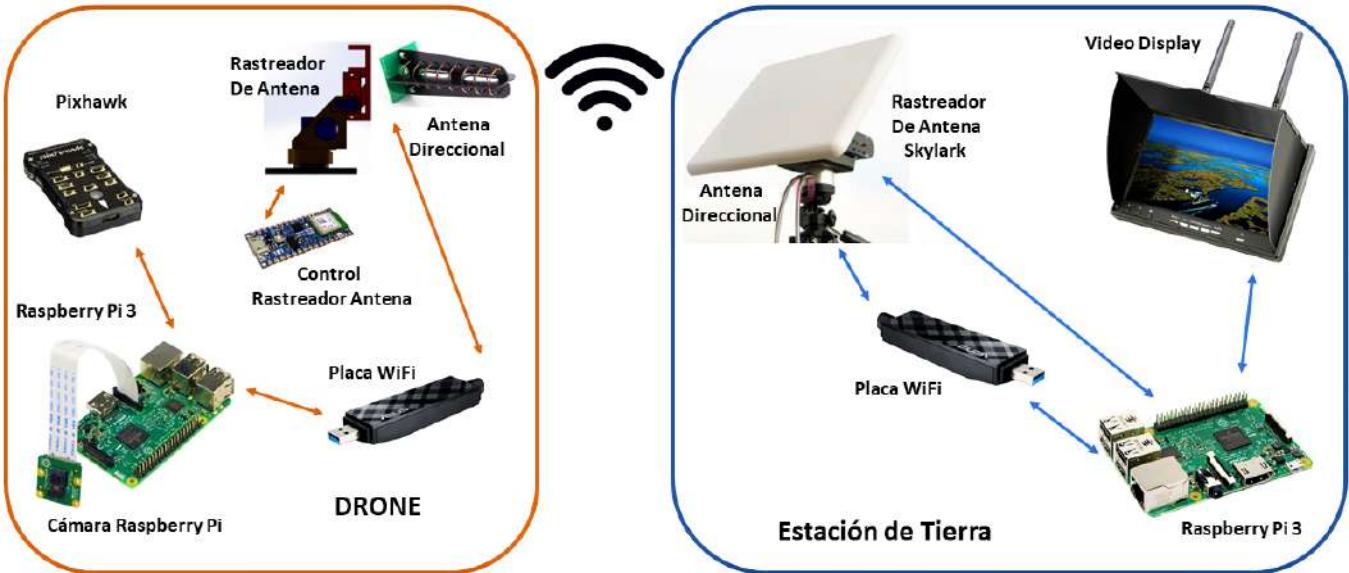


Figura 10. Sistema Propuesto con Antena Direccional en UAV.

tipo direccional helicoidal de 12 dbi de ganancia. Este sistema se presenta en la Fig. 10. De esta forma el sistema de enlace RF propuesto pasaría a estar compuesto por dos rastreadores de antena y dos antenas direccionales formando un enlace punto a punto.

La placa Arduino está conectada a un GPS NEO-6M GY-GPS6MV2 que provee al sistema de rastreo de la ubicación exacta del UAV en todo momento.

La parte electromecánica del rastreador que es la encargada de soportar la antena y proveer del movimiento a la misma, fue construida mediante impresión 3d y se usa un modelo que ya está desarrollado en Thingiverse (Fig. 11) y que el uso original es de seguidor de cabeza (head tracking) muy utilizado en vuelo de drones para controlar el movimiento de la cámara del UAV con el movimiento de la cabeza del operador [12].

Una de las premisas del diseño del rastreador que se usa en las pruebas experimentales de enlace fue que debía estar fuera de todo sistema electrónico que el UAV ya posee instalado, o sea es un rastreador autónomo sin interferir en ninguna aplicación interna del UAV. El diseño está basado sobre una placa Arduino Nano 33 BLE Sense que tiene un microcontrolador nRF52840 que contiene un potente Cortex M4F, además trae incorporado una unidad de medición de inercia (IMU) de 9 ejes, sensores de temperatura, presión, humedad, luz, color e incluso gestos y un micrófono [13].



Figura 11. Rastreador impreso en 3D

El sistema de control del rastreador de antena que va instalado en el UAV debe realizar un seguimiento de un punto fijo que está en el suelo y es un punto conocido, por lo que la posición de "inicio" se establece a partir de la carga de las coordenadas GPS de la antena de la estación de tierra mientras

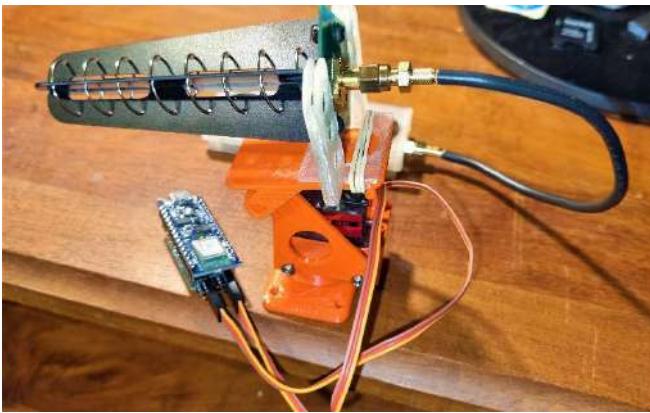


Figura 12. Rastreador del UAV con antena direccional

la nave está en reposo antes del despegue. La orientación del rastreador instalado en el UAV en relación con el mundo exterior, para que nuestros cálculos internos apunten correctamente la antena de la estación de tierra se determina mediante los magnetómetros internos de la placa Arduino Nano 33 Sense y el GPS instalado. En la Fig. 12 se presenta el rastreador construido.

Para la inicialización del sistema se coloca el UAV está a unos metros de distancia de la estación de tierra, utilizando la posición fija de la antena de tierra y la posición del UAV en el espacio tridimensional, se calcula la dirección (acimut) y la elevación entre ellas, usando ecuaciones matemáticas.

Al calcularse por primera vez los valores de acimut y elevación, el paso siguiente es inicializar los servos de acimut y elevación, variando la modulación de ancho de pulso (PWM) con los pulsadores del Arduino (para acimut y para elevación) de modo que la antena conectada al sistema de rastreo quede apuntando directamente a la antena de la estación de tierra y queda el sistema listo para el uso. (Fig.13)

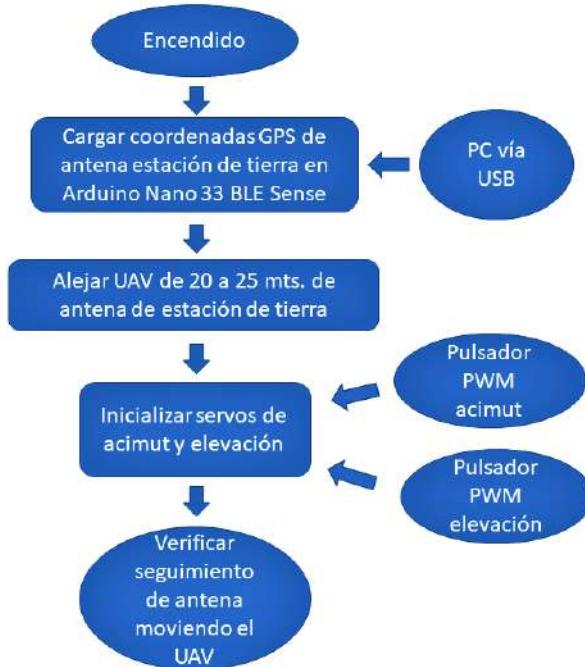


Figura 13. Algoritmo del rastreador.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los ensayos experimentales se desarrollaron en dos partes, la primera con pruebas de medición del enlace RF del sistema OpenHD en tierra y la segunda con la medición del enlace en vuelo.



Figura 14. Antena omnidireccional del sistema tradicional.

La primera prueba experimental se realiza ubicando la estación de tierra con su antena direccional y a 100 metros, en campo abierto, se ubica el UAV a la misma altura que la antena de la estación de tierra (1.7 metros) con el sistema de transmisión de WiFi donde se realizan pruebas experimentales con antena omnidireccional primero y luego con el rastreador (que en este caso permanece fijo) con la antena direccional. Ambas pruebas se realizan con una duración de 5 minutos y los datos del enlace se registran automáticamente por el sistema OpenHD. Los resultados obtenidos se presentan en la Fig. 15, donde puede verse que hay una mejora de casi 10 dBm de recepción del sistema con antena direccional en el UAV.

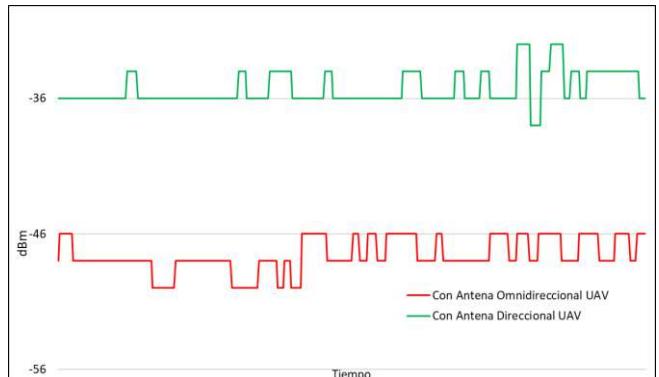


Figura 15. Prueba experimental en tierra

La segunda prueba se realiza con el UAV en vuelo, para este caso se programa en el piloto automático del UAV una misión en la cual el drone vuela en círculos de 100 metros de radio y a 70 metros de altura y en el centro del círculo definido para la misión de vuelo estará colocada la antena de la estación



Figura 16. Antena direccional con rastreador del sistema propuesto.

de tierra. (Fig.17) Se opta por este tipo de misión debido a la limitación que tenemos actualmente en el sistema rastreador de antenas del UAV, el cual no posee un servo de rotación de 360 grados ni tampoco tenemos un sistema de conexión de anillos rozantes que nos permite hacer giros sin terminar enredando los cables de los servos y de la antena, en este caso la antena solo deberá apuntar siempre para el mismo lado, sin tener que rotar, solo hacer pequeñas correcciones. (Fig.16)

La prueba experimental de medición de enlace se realiza en el Aeroclub Villa Mercedes y una vez cargada la misión en el piloto automático se procede a hacer un vuelo con transmisión de sistema OpenHD con antena omnidireccional y luego la prueba con el rastreador instalado.

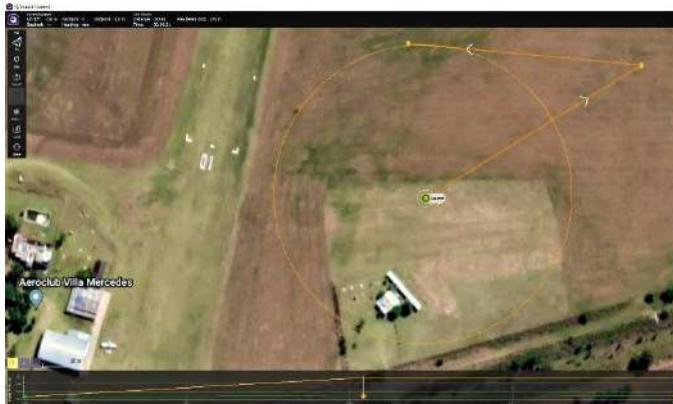


Figura 17. Imagen del circuito de vuelo del UAV durante la prueba 2

Ambas pruebas tienen 5 minutos aproximadamente y una vez aterrizado el UAV se procede a la obtención de los datos registrados. Los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 18, donde puede verse también con el sistema en vuelo una mejora de 10 dBm aproximadamente en el sistema con antena direccional y rastreador en el UAV.

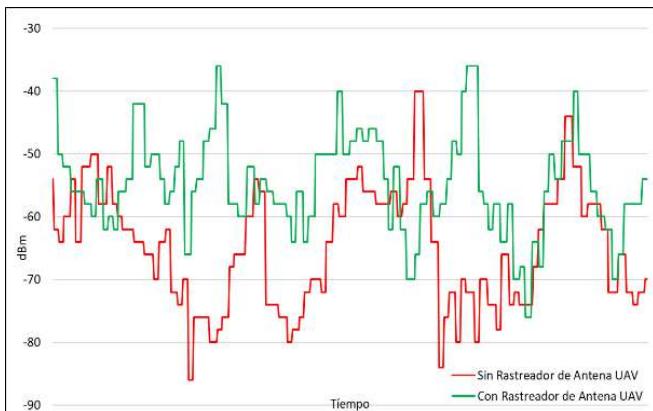


Figura 18. Prueba experimental en vuelo

V. CONCLUSIONES

Una vez que el sistema de rastreo de antena fue montado se procede a pesar todos los componentes agregados al UAV y medición de la potencia consumida con el sistema en funcionamiento. Se agregan sólo 107 gramos más al UAV, que son despreciables dentro del peso del UAV de aproximadamente 4 kilogramos y una suciedad aerodinámica que por ahora no hemos determinado y será motivo de futuros trabajos en túnel de viento, sin embargo, se logra una mejora en el sistema de enlace de RF del OpenHD que nos permite obtener mayores distancias de vuelo con la misma potencia en la placa transmisora de WiFi.

Esta mejora en la distancia de vuelo con la misma potencia de transmisión WiFi también ayuda a reducir el consumo de energía del UAV, ya que en caso de usar la antena standard para lograr un aumento de señal deberíamos aumentar la potencia de transmisión de WiFi, con el consiguiente aumento de consumo del transmisor.

Para trabajos futuros se hará el estudio de la energía que se puede ahorrar en la transmisión de WiFi del UAV usando el rastreador, usando el UAV para cubrir la misma distancia de vuelo, ya que el rastreador nos permitiría bajar la potencia de emisión de la placa WiFi (fácilmente configurable desde la estación de tierra en el sistema OpenHD) y esto beneficiaría la autonomía del UAV.

En caso de que el rastreador se instalará en alguno de los planeadores experimentales que cuenta el LabTA y teniendo en cuenta que los mismos poseen un sistema de control y sensores para detectar térmicas (placa Arduino Nano, sensor de GPS GPS6MV2, acelerómetro y magnetómetro Mpu-9250, entre otros) se podría adaptar el control del sistema rastreador en esta placa Arduino y no generar más consumo de energía ni peso en componentes. [14]

REFERENCIAS

- [1] S Gupta, S. G., Ghonge, D., & Jawandhiya, P. M. (2013). Review of unmanned aircraft system (UAS). International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume, 2.
- [2] Austin, R. (2011). Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment. John Wiley & Sons.
- [3] Changoluisa, I., Barzallo, J., Pantoja, J., Cayo, S., Navarro-Méndez, D. V., & Cruz, P. J. (2019, October). A Portable UAV Tracking System for Communications and Video Transmission. In 2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC) (pp. 1-6). IEEE.
- [4] Iswandi, I., Suryamanggala, A. R., Wicaksono, D., & Rahayu, E. S. (2019). Design and comparative study among antennas of GCS for telemetry communication system of UAV. IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering), 3(4), 99-105.
- [5] Evan Kaiser - Auto – Tracking Antenna Design UAS in the NAS Project - NASA DFRC, RF Branch
- [6] Nugroho, G., & Dectaviansyah, D. (2018). Design, manufacture and performance analysis of an automatic antenna tracker for an unmanned aerial vehicle (UAV). Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, 9(1), 32-40.
- [7] Kelechi, A. H., Alsharif, M. H., Oluwole, D. A., Achimugu, P., Ubadike, O., Nebhen, J., ... & Uthansakul, P. (2021). The Recent Advancement in Unmanned Aerial Vehicle Tracking Antenna: A Review. Sensors, 21(16), 5662.
- [8] Bauer, S. G., Anderson, M. O., & Hanneman, J. R. (2005). Unmanned aerial vehicle (UAV) dynamic-tracking directional wireless antennas for low powered applications that require reliable extended range operations in time critical scenarios (No. INL/EXT-05-00883). Idaho National Lab.(INL), Idaho Falls, ID (United States).
- [9] WiFi: Tipos de antena - SYSADMIT
<https://www.sysadmit.com/2016/06/wifi-tipos-de-antena-buenas-practicas-capitulo-5.html>
- [10] Open.HD - <https://openhd.gitbook.io/open-hd/>
- [11] Lo que hay que saber para elegir la antena FPV para un cuadricóptero <https://www.prometec.net/elegir-antena-fpv-para-dron/>
- [12] Mobius Pan & Tilt with 9gram servos <https://www.thingiverse.com/thing:1401116>
- [13] Arduino Nano 33 Ble Sense <https://arduino.cl/producto/arduino-nano-33-ble-sense/>
- [14] Catuogno, C., Catuogno, G., De Yong, D., Magnago, F., García, G., & Bosso, J. (2021, November). Prediction of thermal currents for autonomous drone flight with Artificial Intelligence. In 2021 XIX Workshop on Information Processing and Control (RPIC) (pp. 1-7). IEEE.

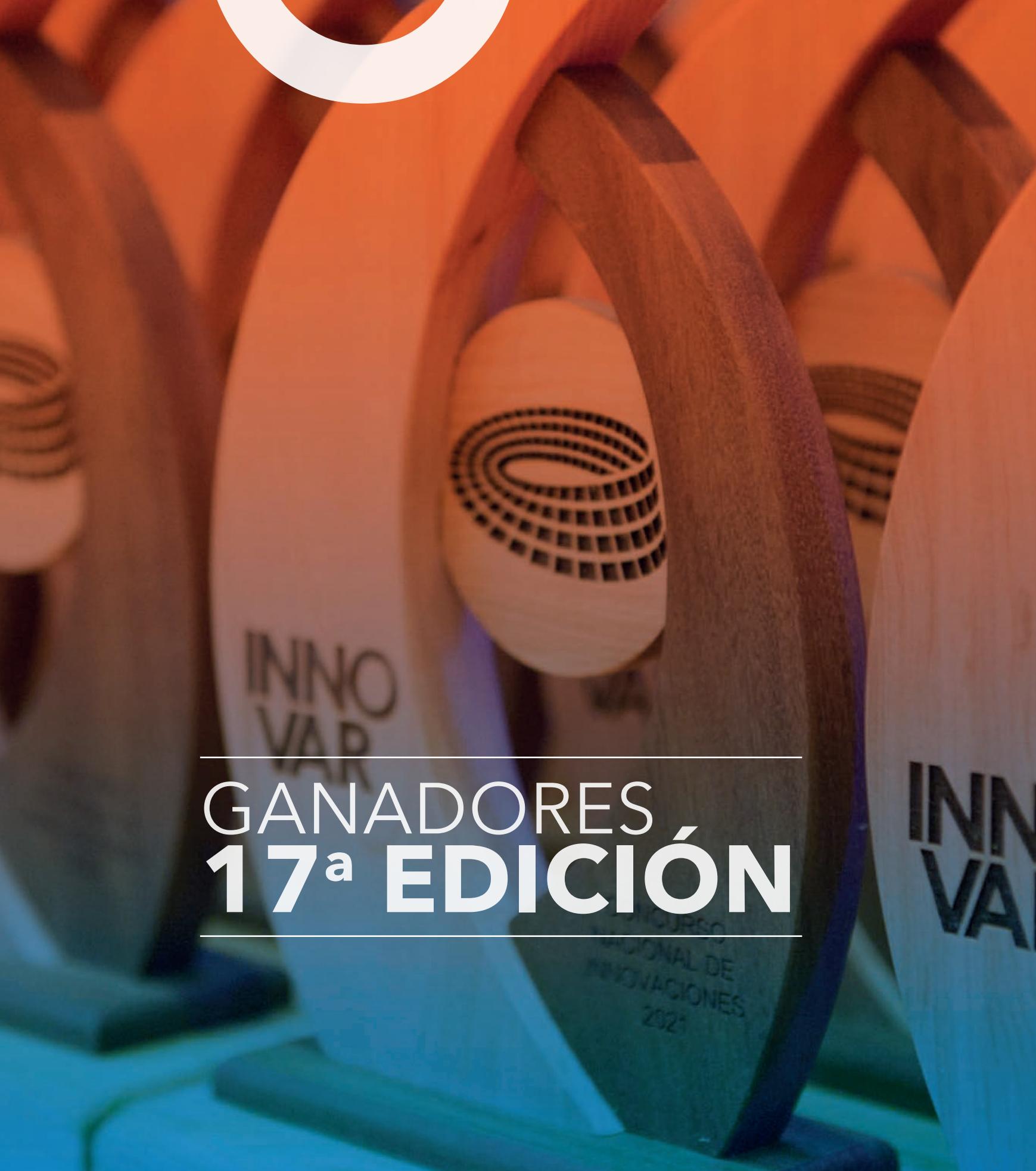
#17

INNOVAR

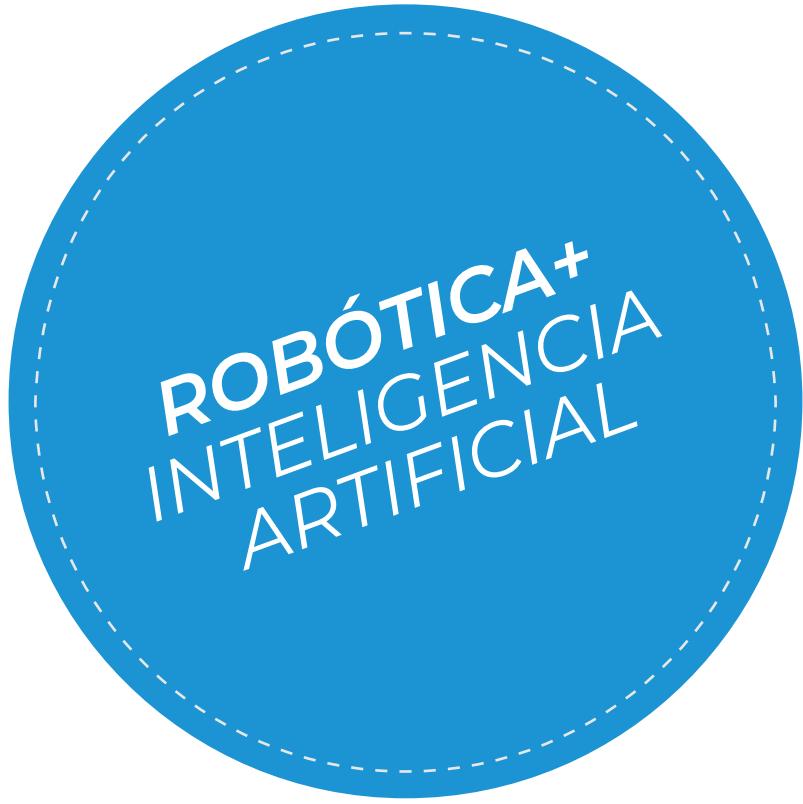
CONCURSO NACIONAL
DE INNOVACIONES



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Argentina



GANADORES 17^a EDICIÓN



ROBOTS Y MÁQUINAS CON
PROTOTIPOS DESARROLLADOS,
EN ESTADO PROYECTUAL, Y
SOFTWARE AVANZADO DISEÑADO
PARA USO EN ROBÓTICA Y/O
INTELIGENCIA ARTIFICIAL.



RAT Robot Argentino Teleoperado

ID-22664

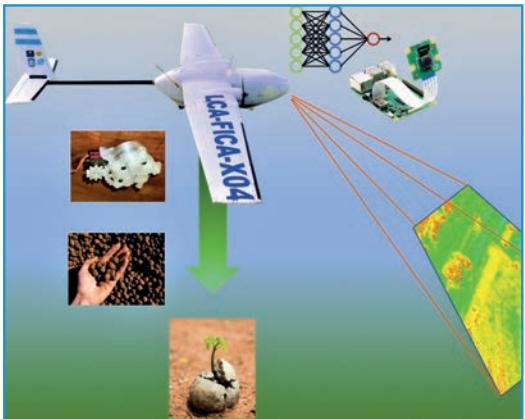
Distinción monetaria: \$400.000.-

El sistema RAT consiste en un robot e interfaz que permite a una persona manipular objetos a distancia incluyendo su sentido táctil. Cada usuario/a es ayudado mediante un software avanzado para controlar el robot de forma segura y poder ver, escuchar y sentir el entorno del robot.

👤 Emanuel Slawiński: slawinski@inaut.unsj.edu.ar

🏛️ Instituto de Automática (CONICET - UNSJ)

📍 San Juan



Proyecto Ojo de Halcón Sustentable

ID-23046

Distinción monetaria: \$400.000.-

Reforestación Inteligente: se plantea una propuesta para revertir la deforestación en la zona de la Cuenca del Morro (San Luis), gracias a la biotecnología, semillas inteligentes, drones autónomos y estrategias que involucran a la inteligencia artificial.

👤 Carlos Gustavo Catuogno: carloscatuogno105@yahoo.com.ar

🏛️ Universidad Nacional de San Luis

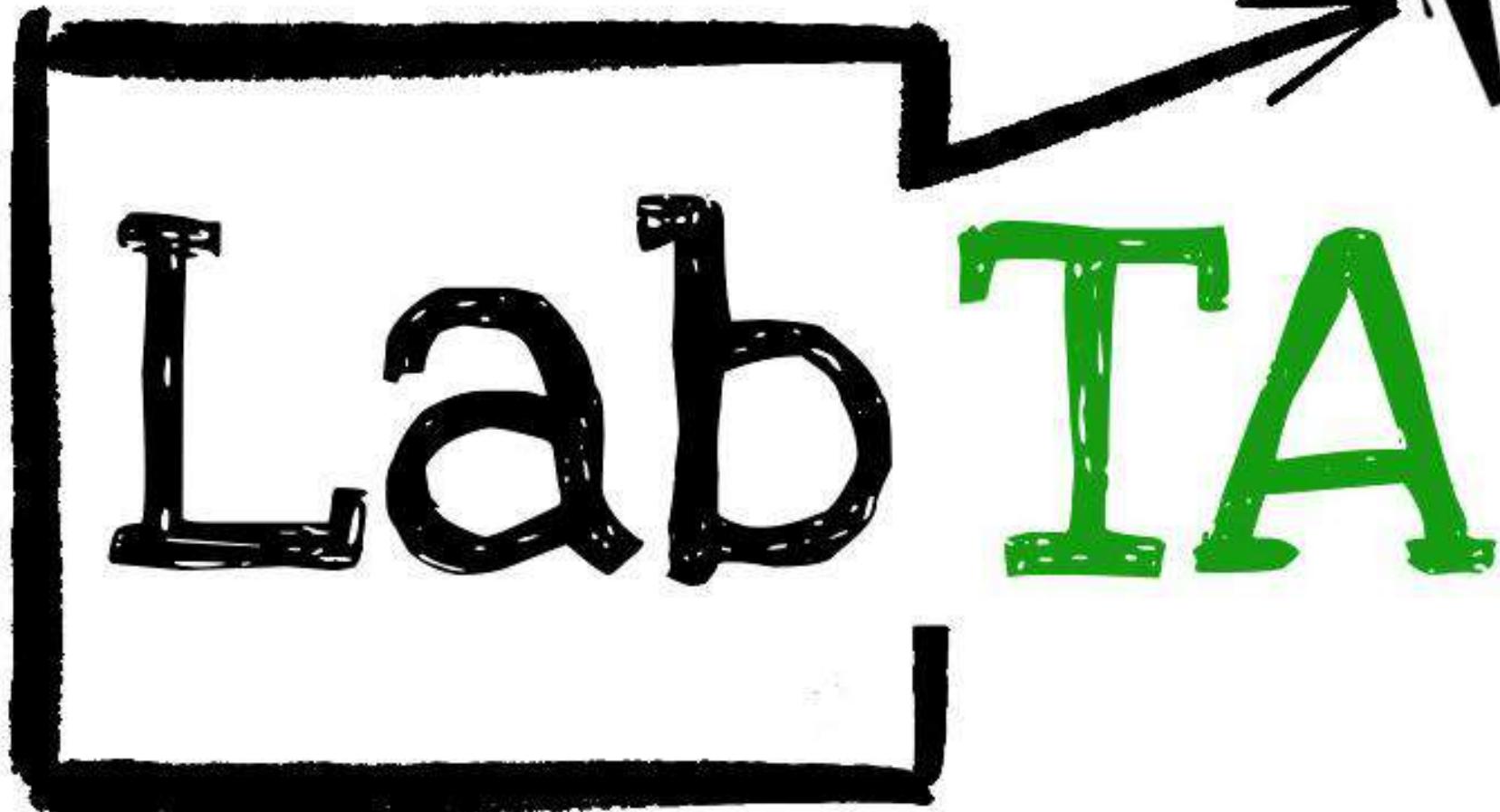
📍 San Luis

[www.
innovar
.gob.ar](http://www.innovar.gob.ar)



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Argentina

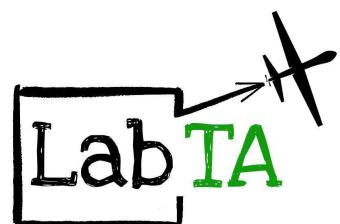
Proyecto Ojo de Halcón

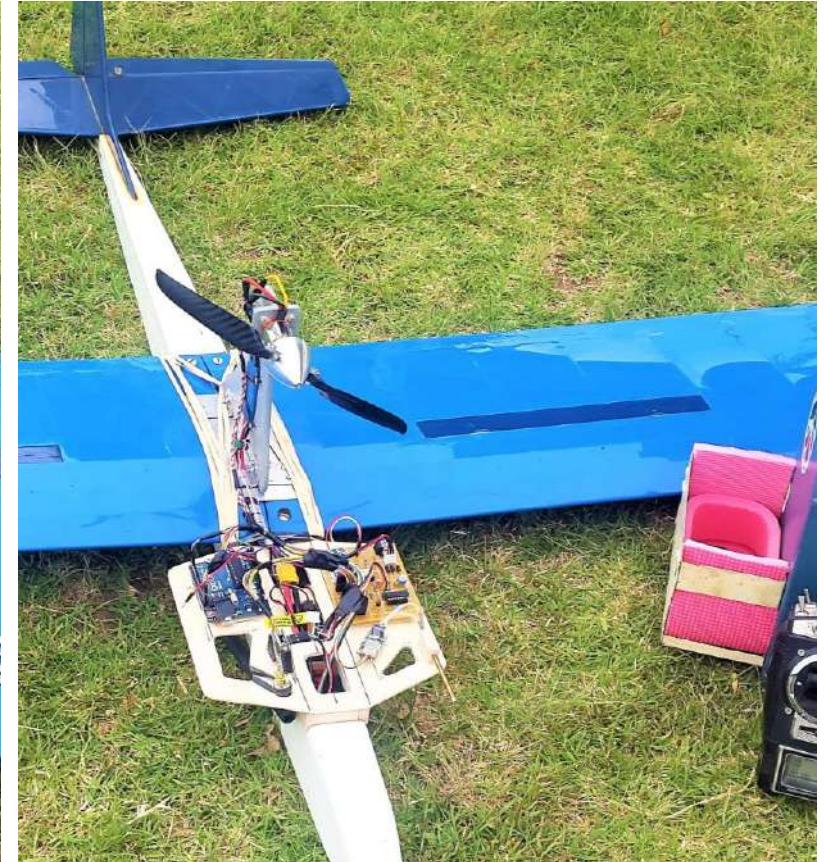


Universidad
Nacional de
San Luis

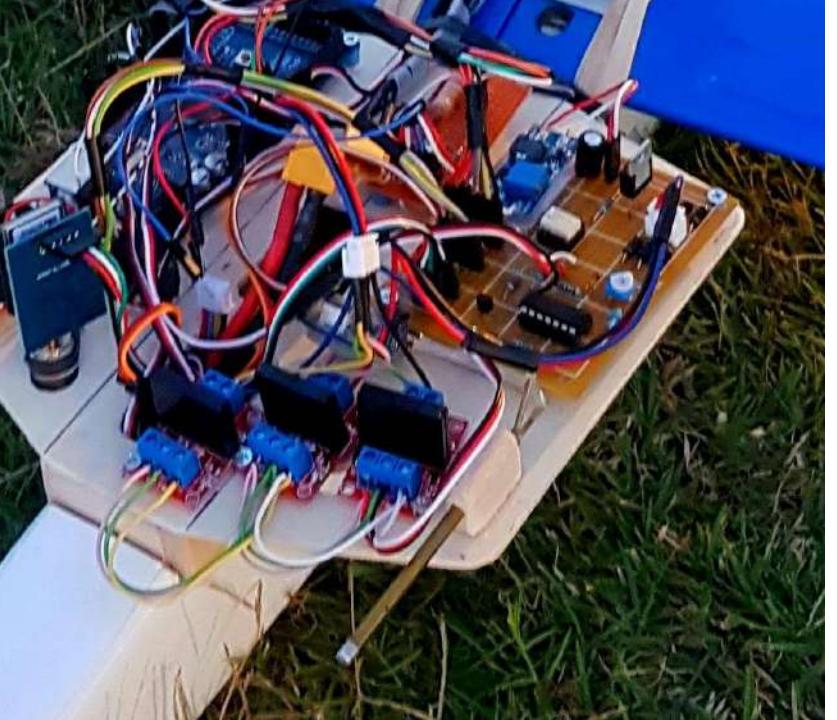
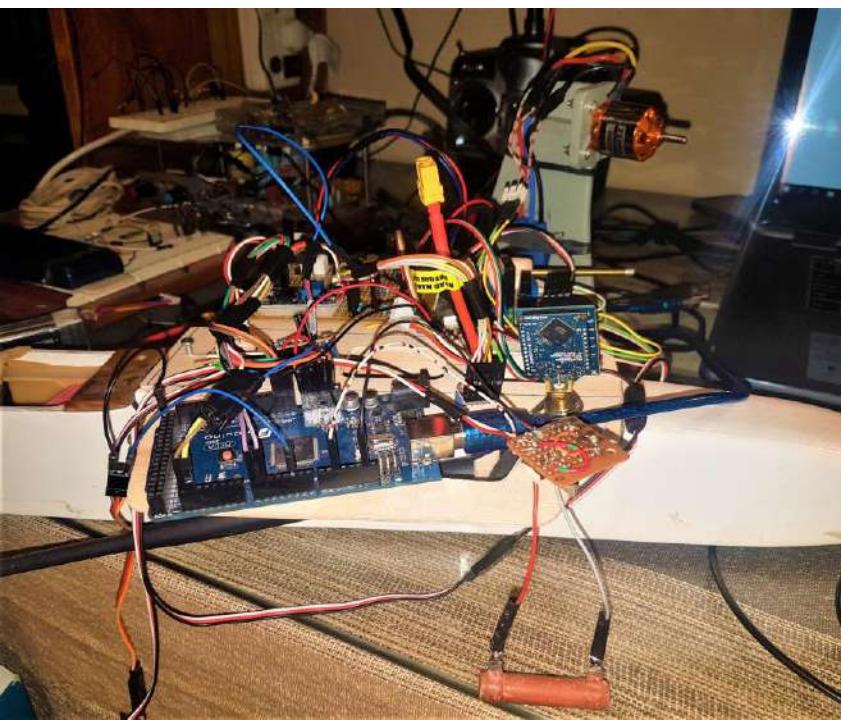
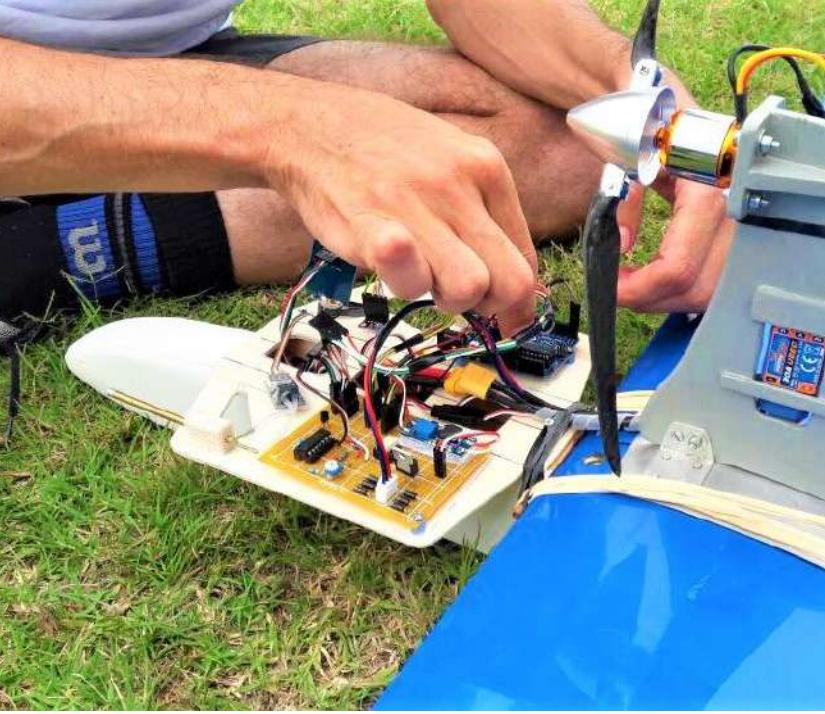
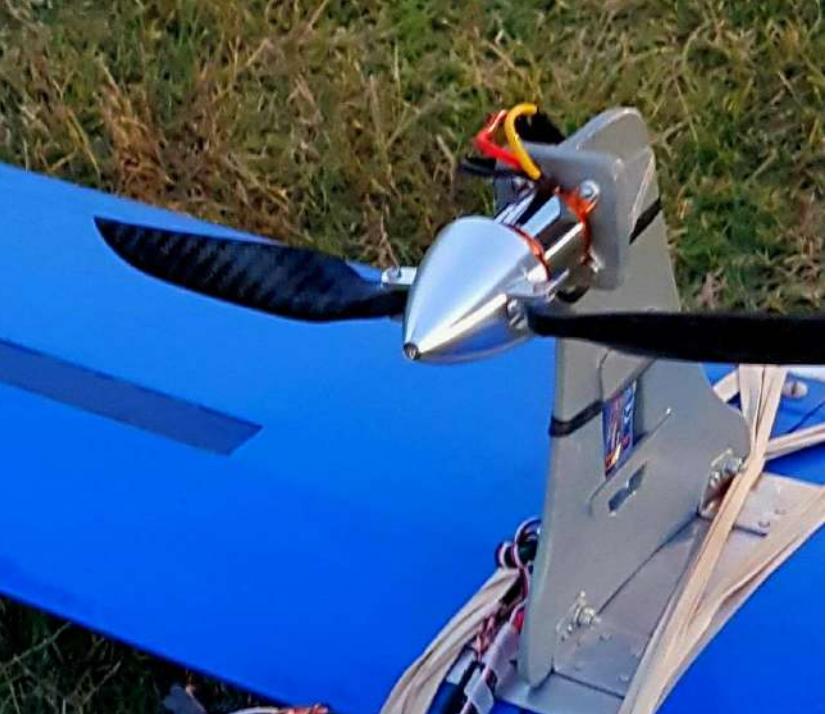
Proyecto Ojo de Halcón

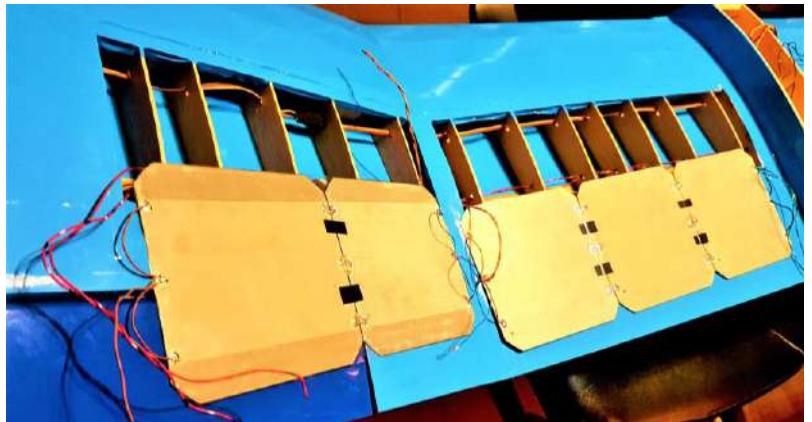
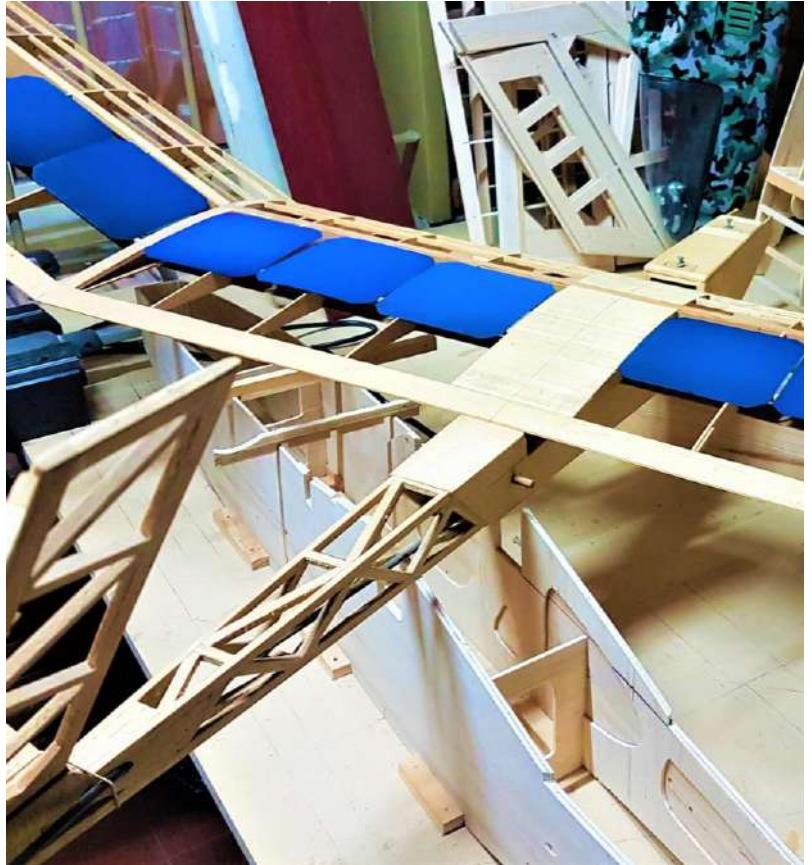
Prototipos
Experimentales
2017-2022



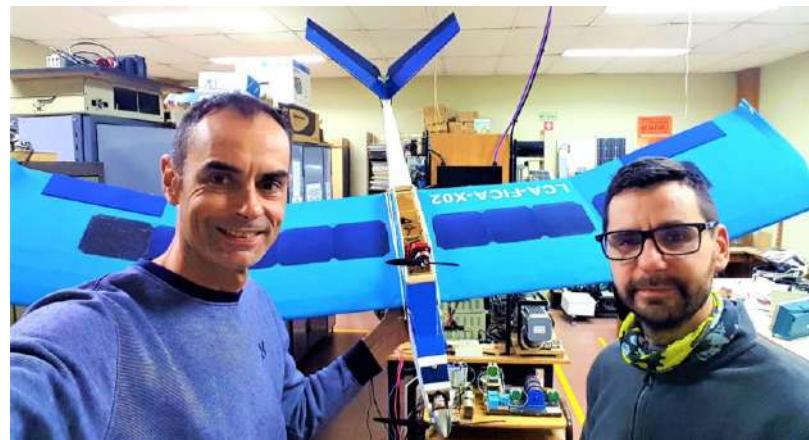
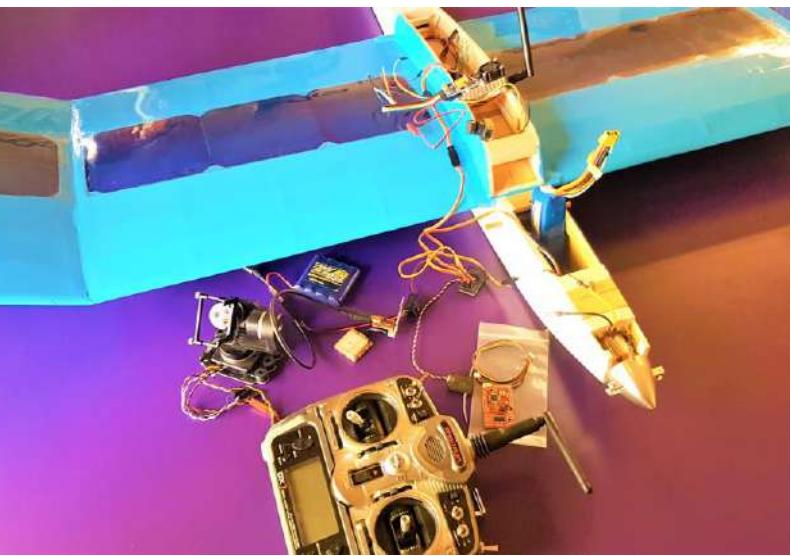
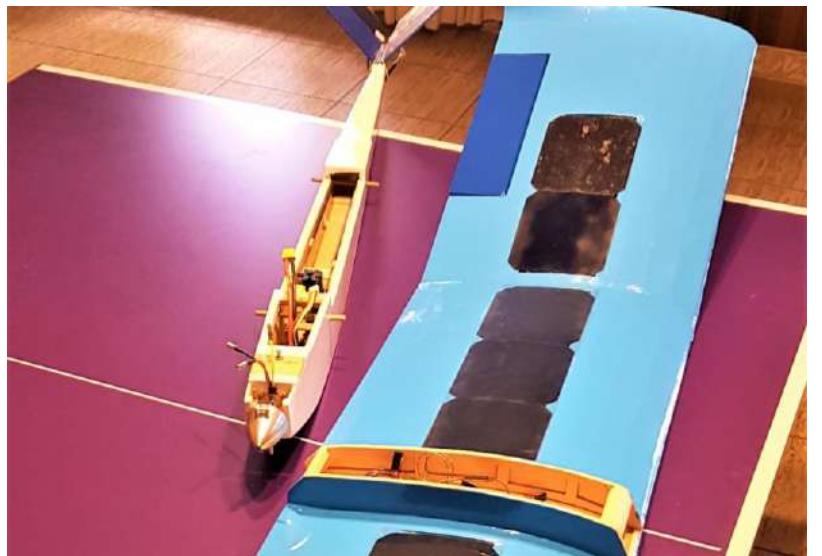


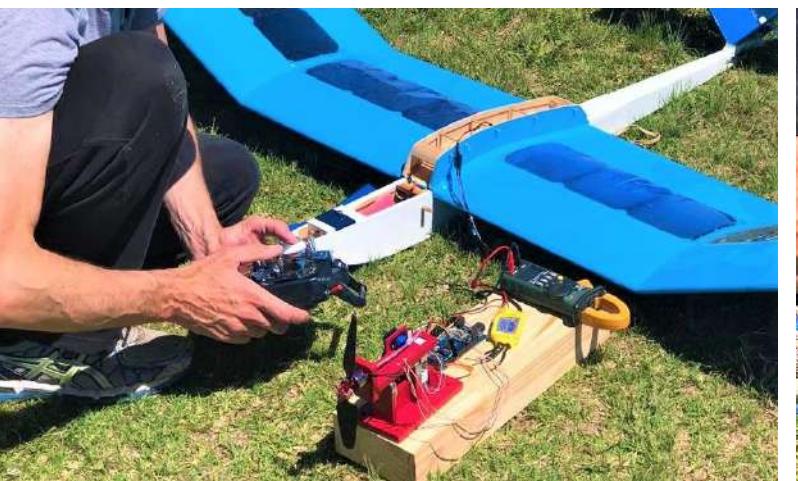
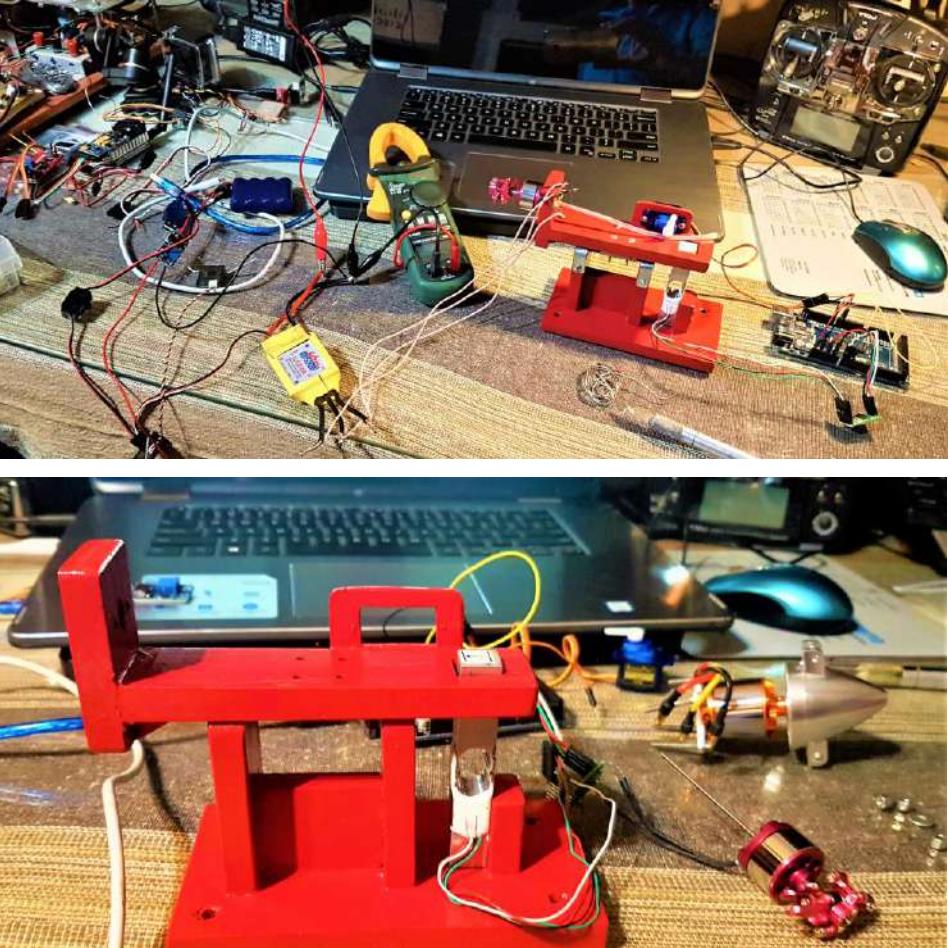
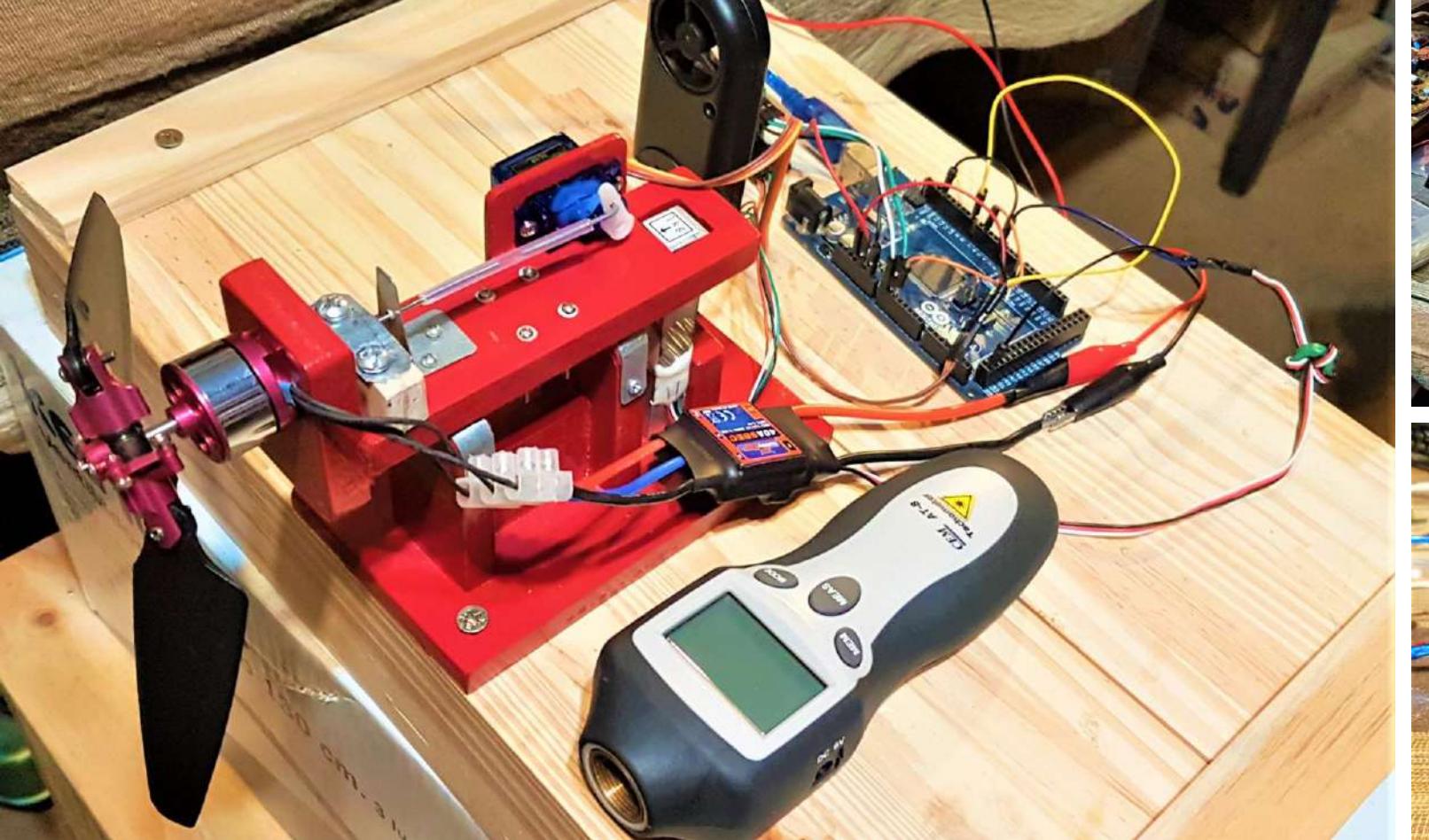
Prototipo LabTA-X01





Prototipo LabTA-X02

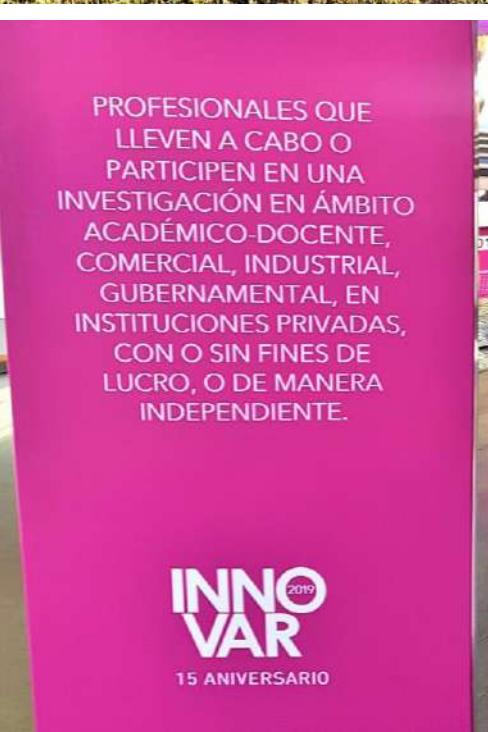




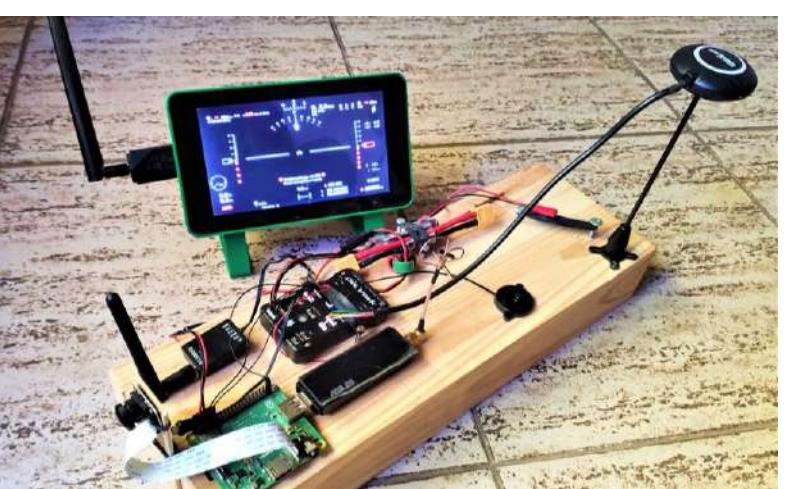


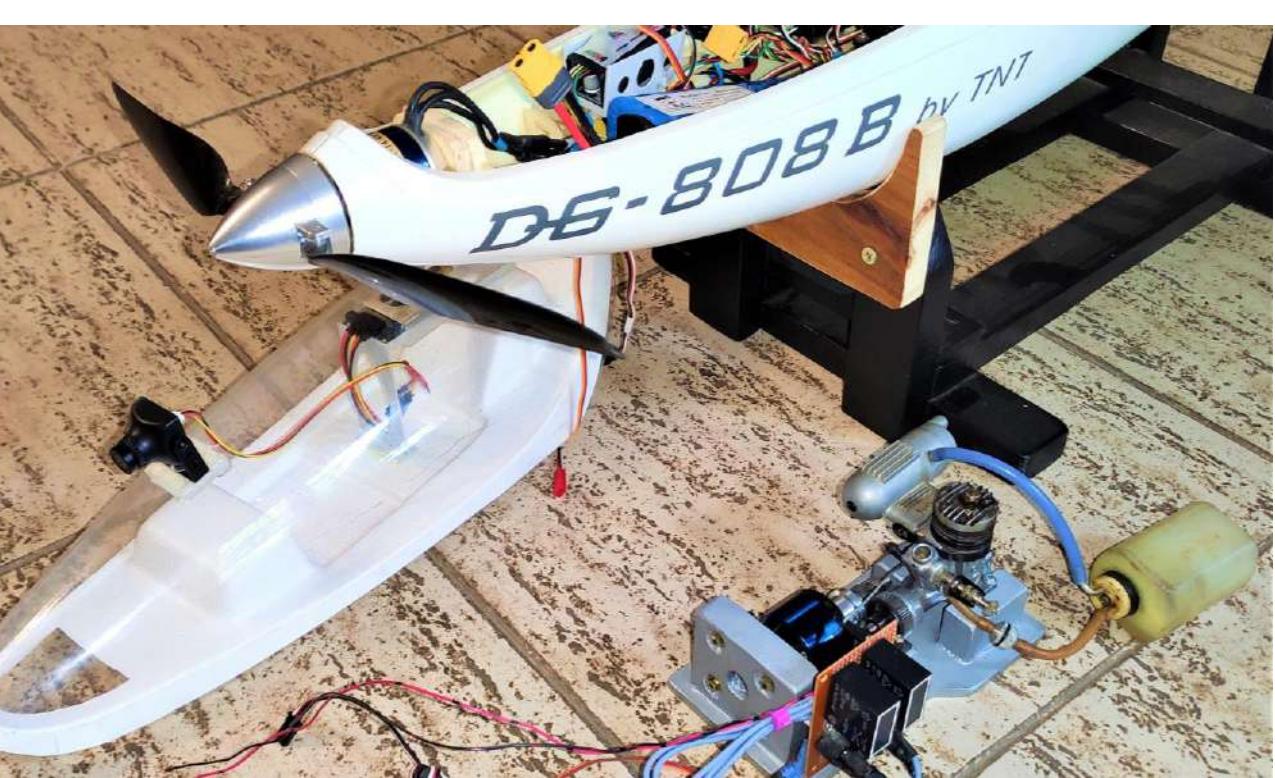
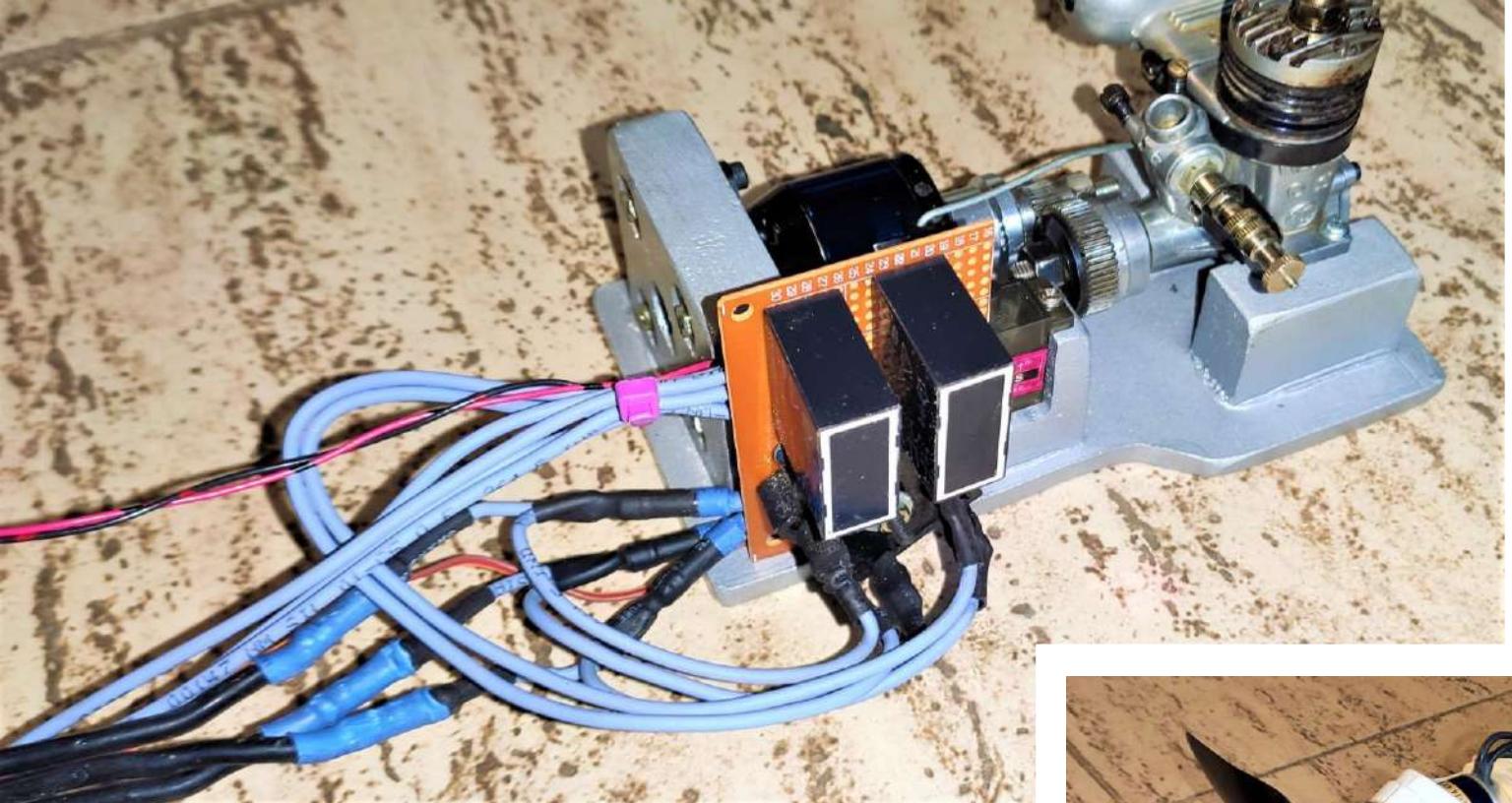


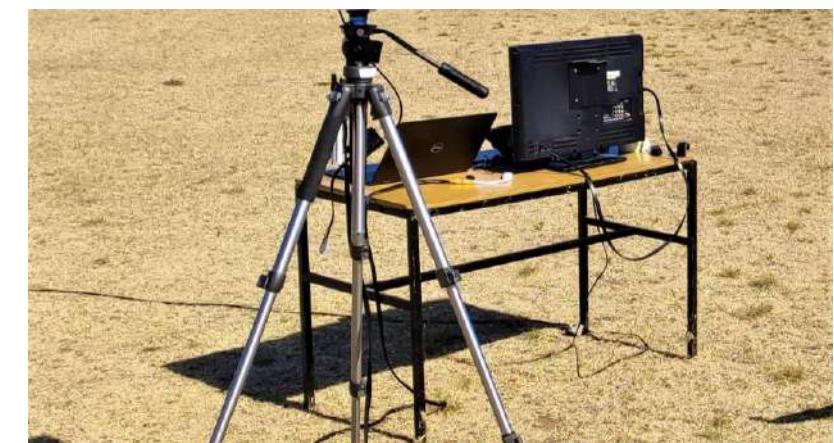
Prototipo LabTA-X03

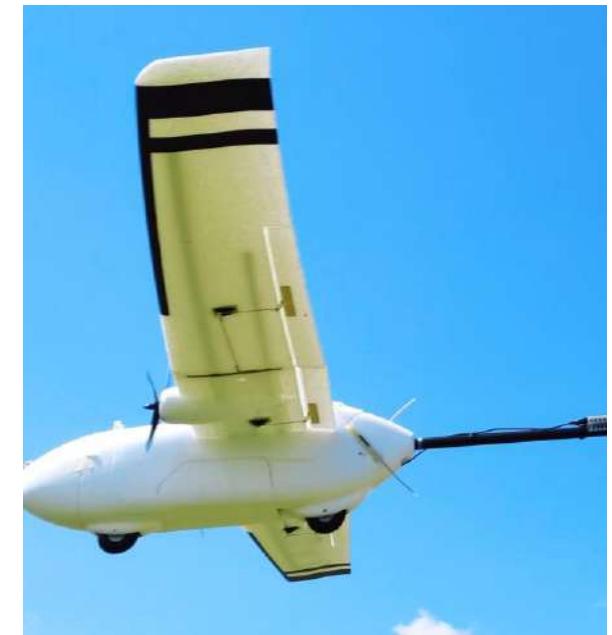




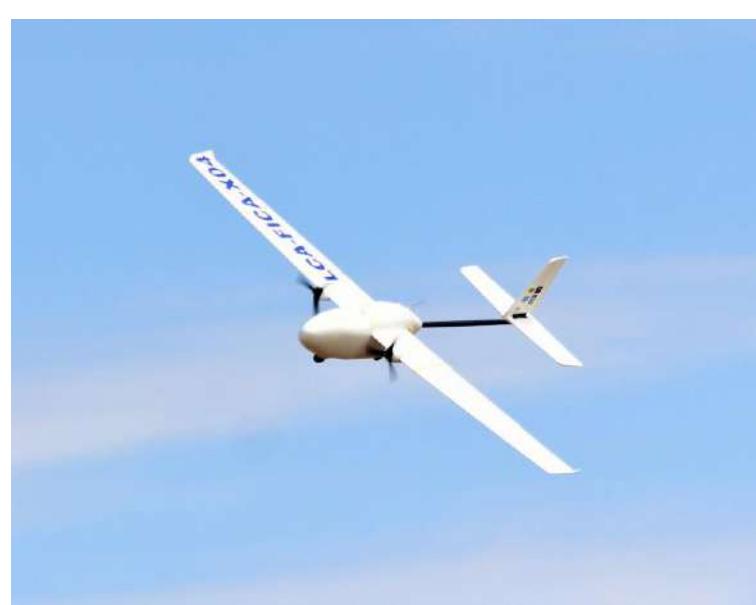




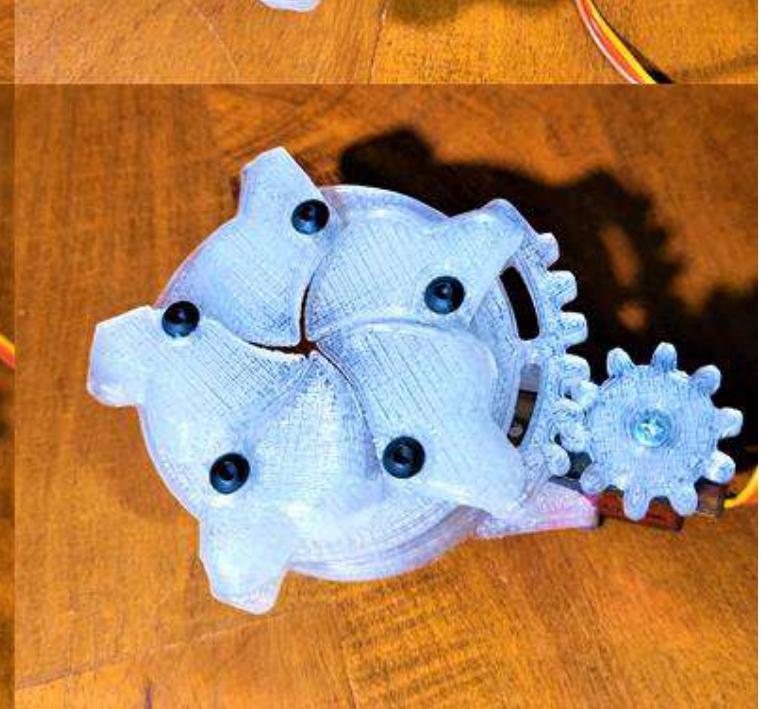
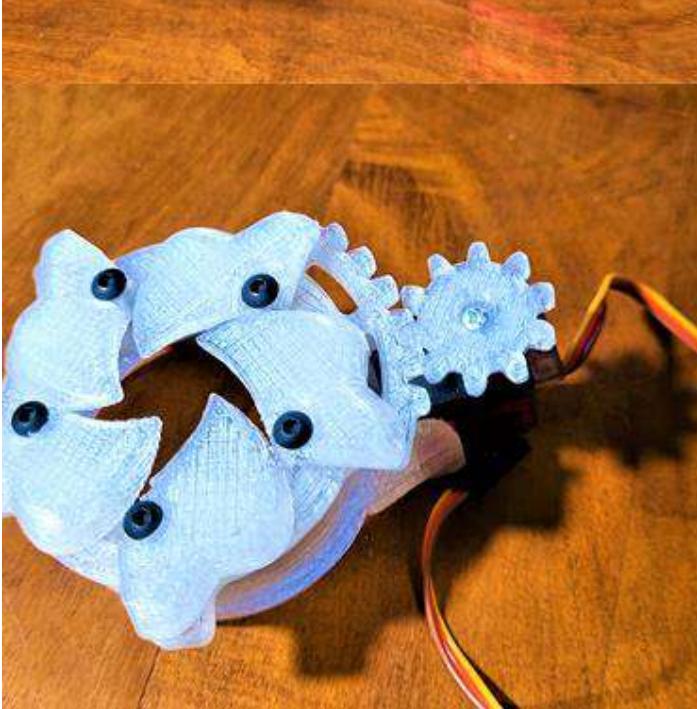
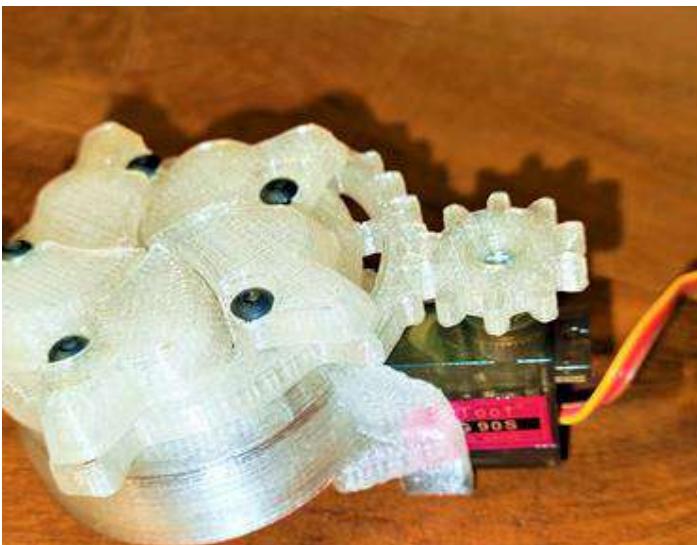
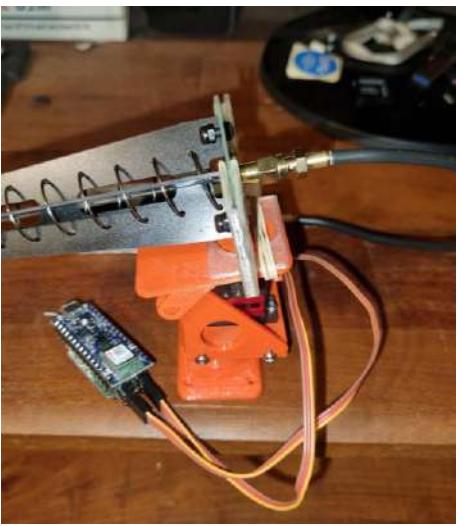


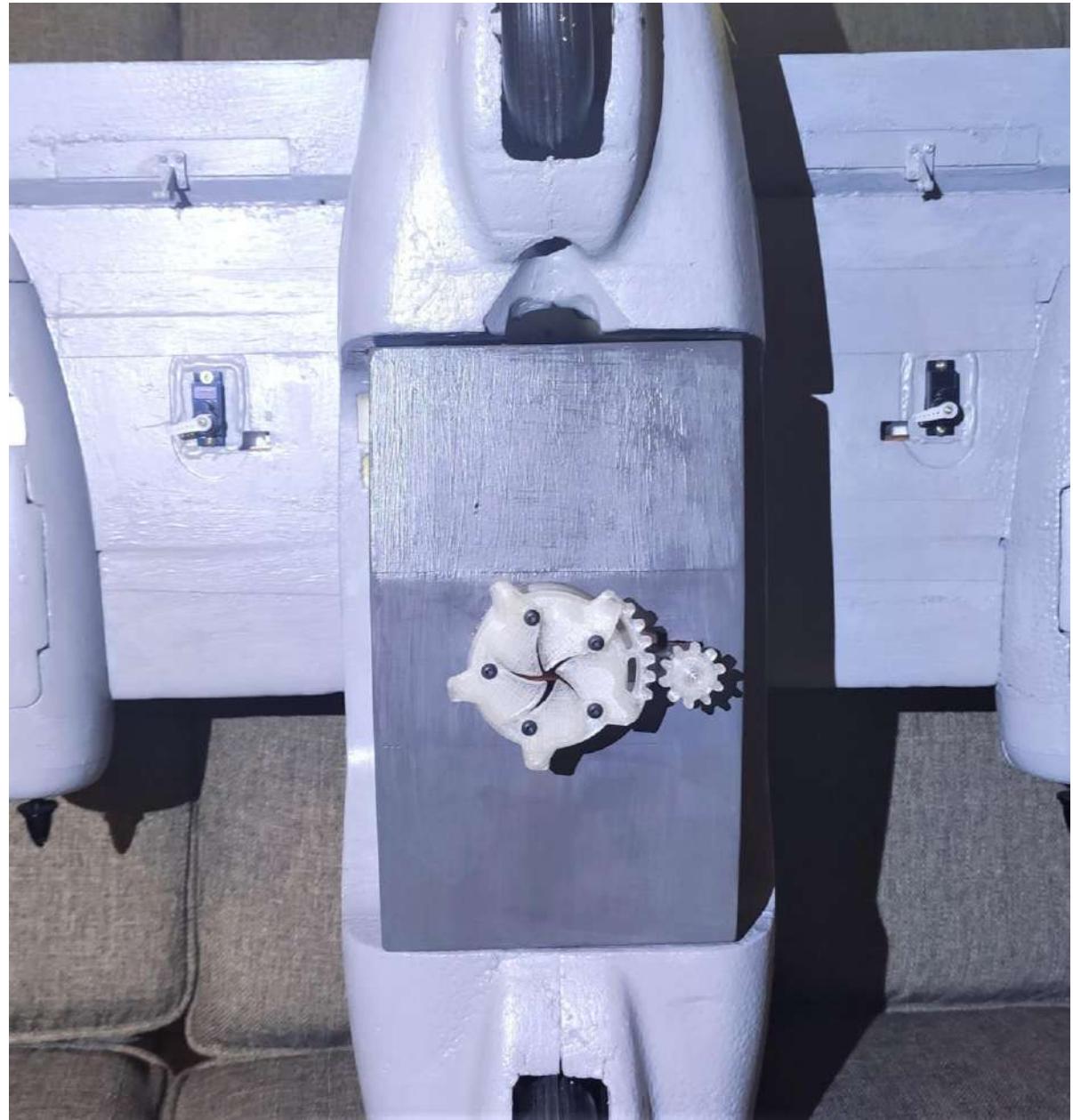
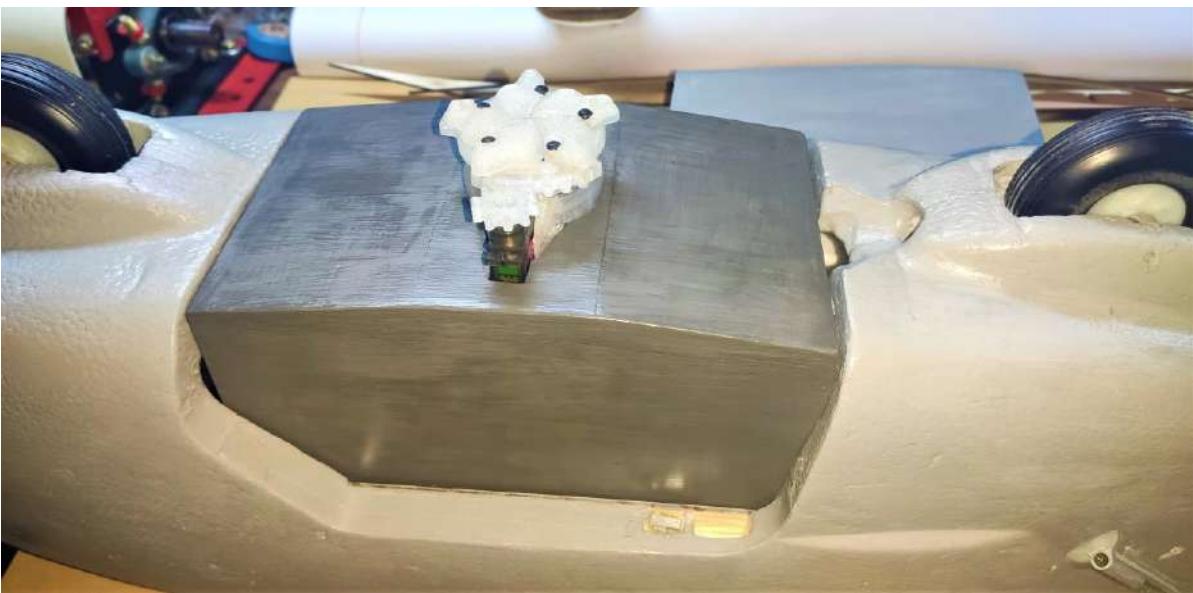


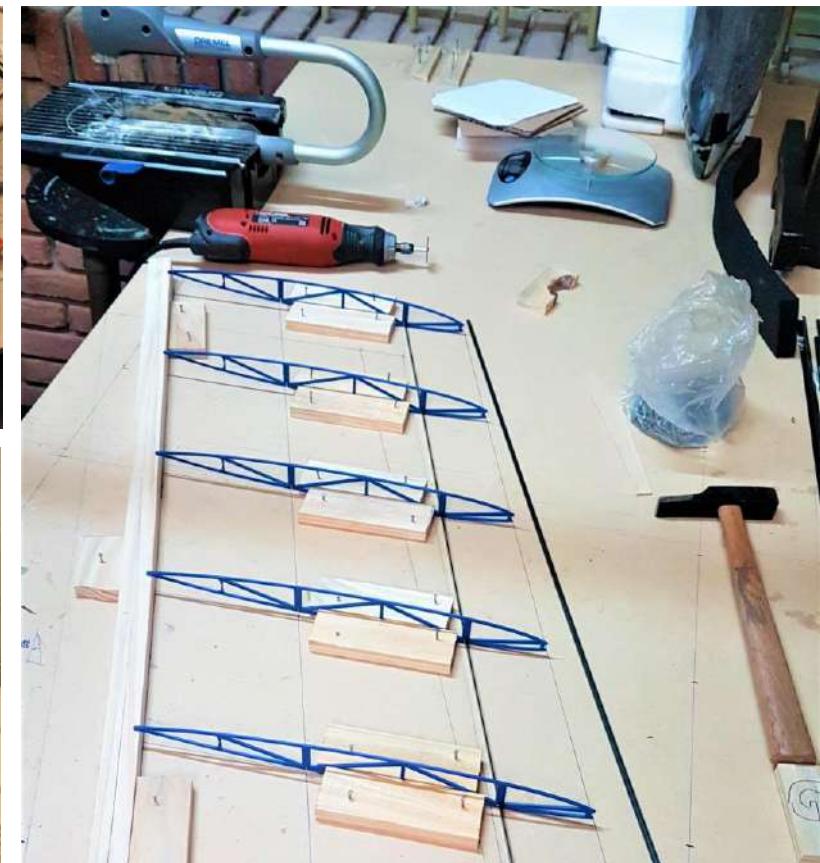
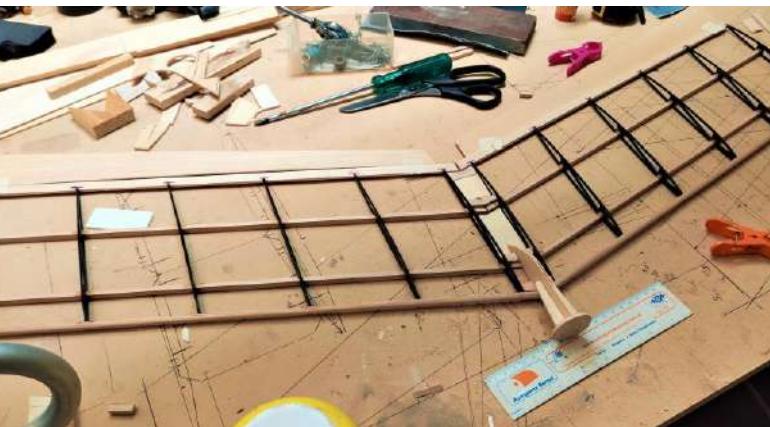
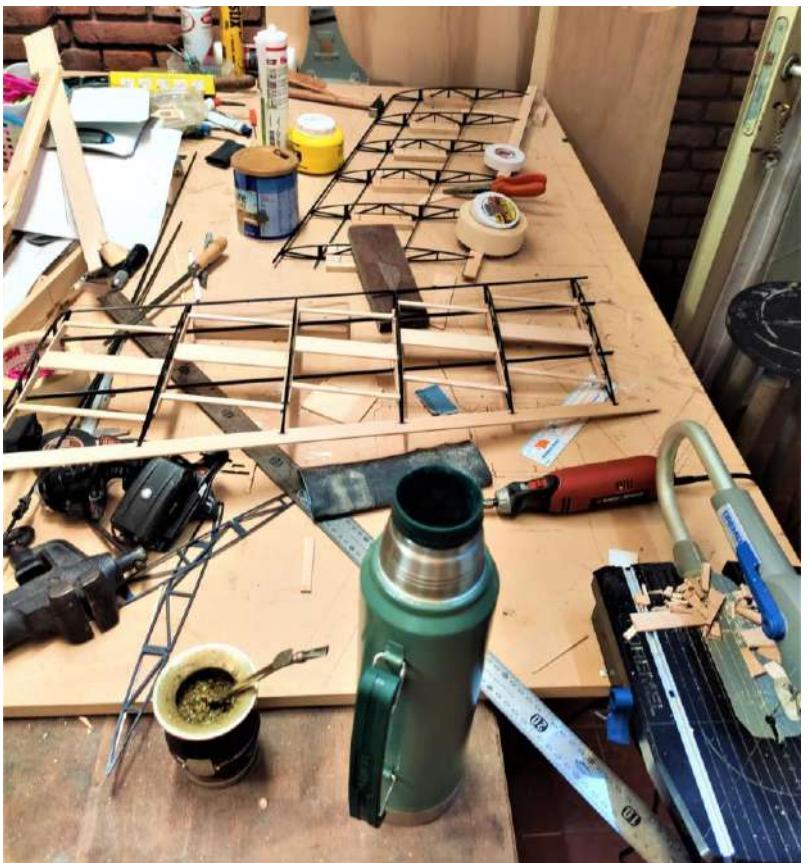
Prototipo LabTA-X04



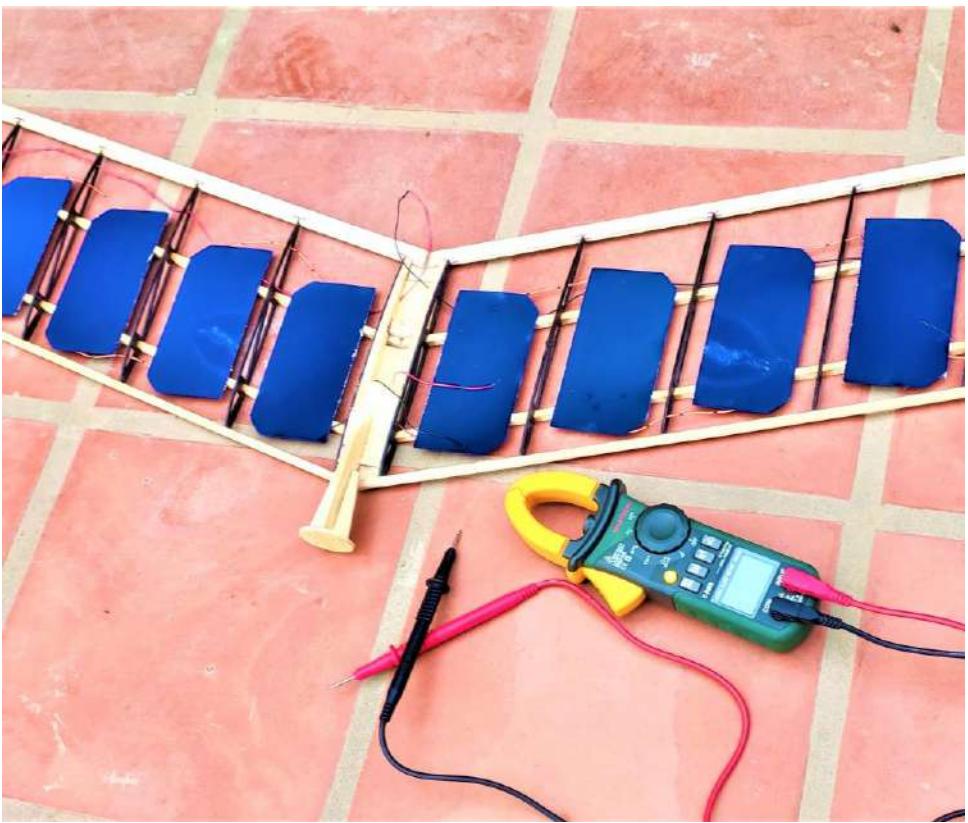
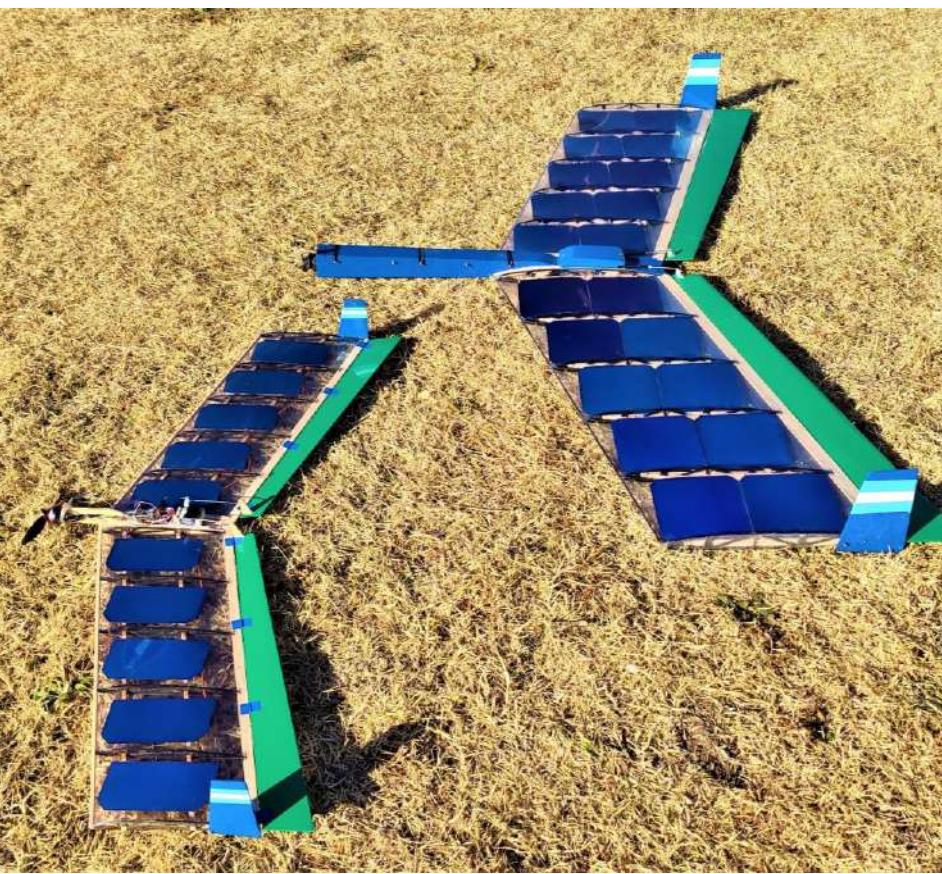


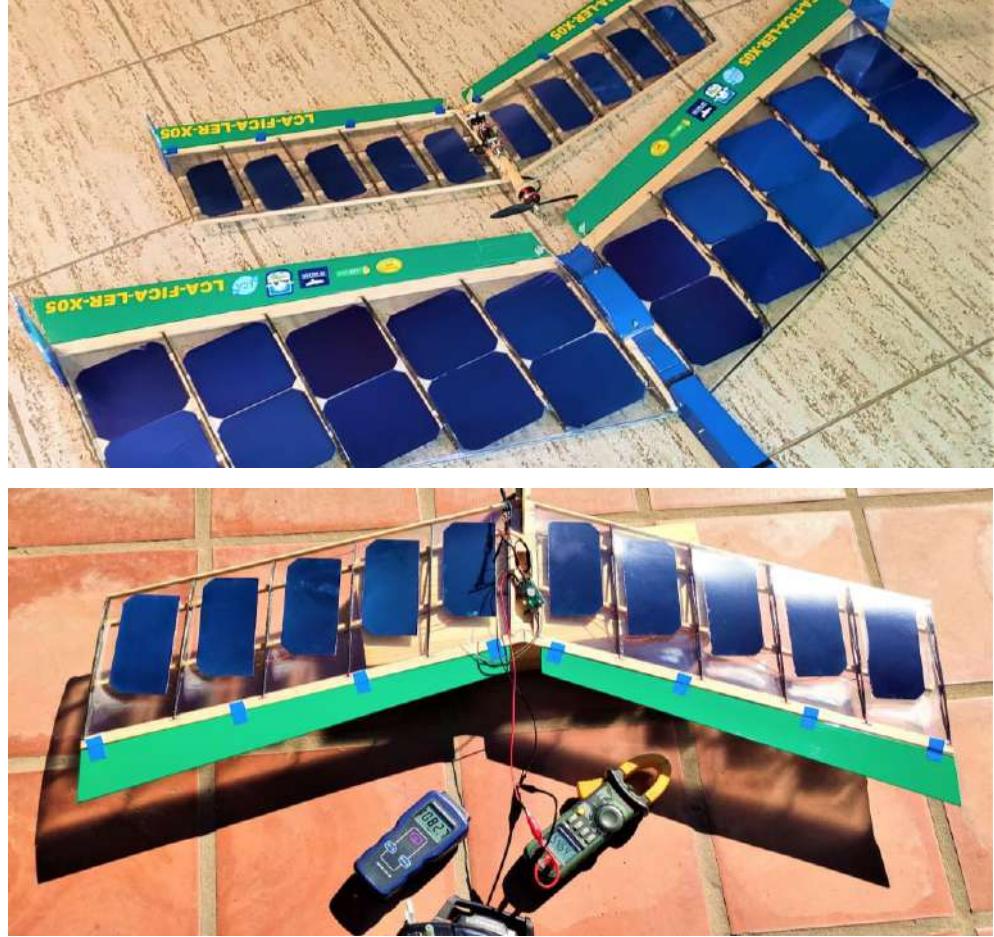


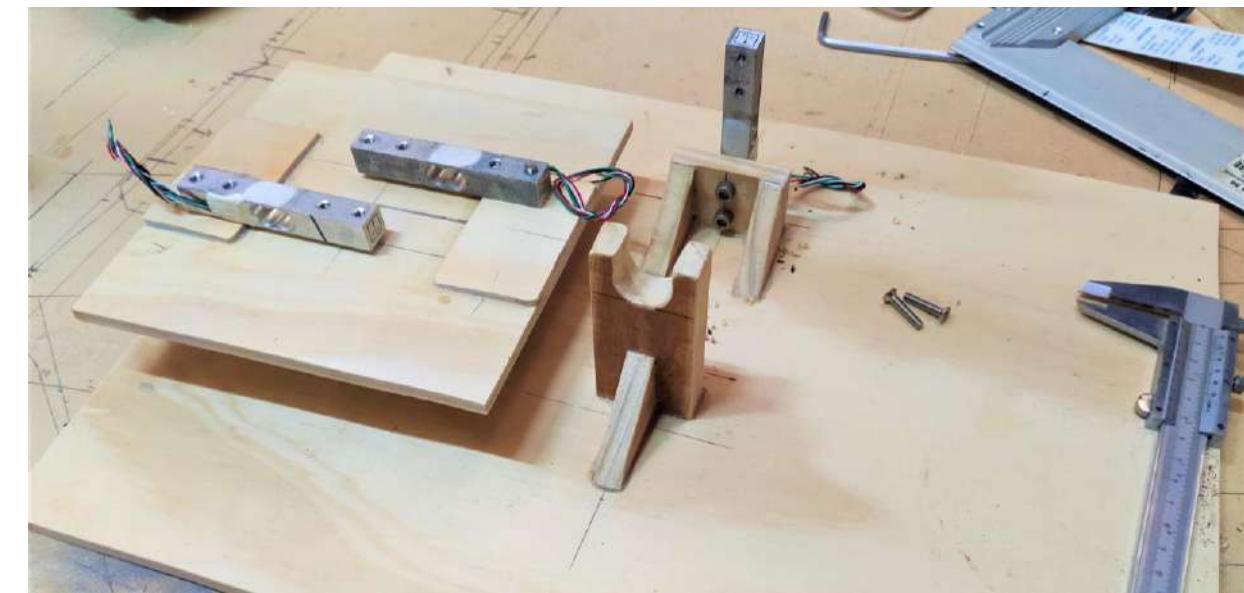
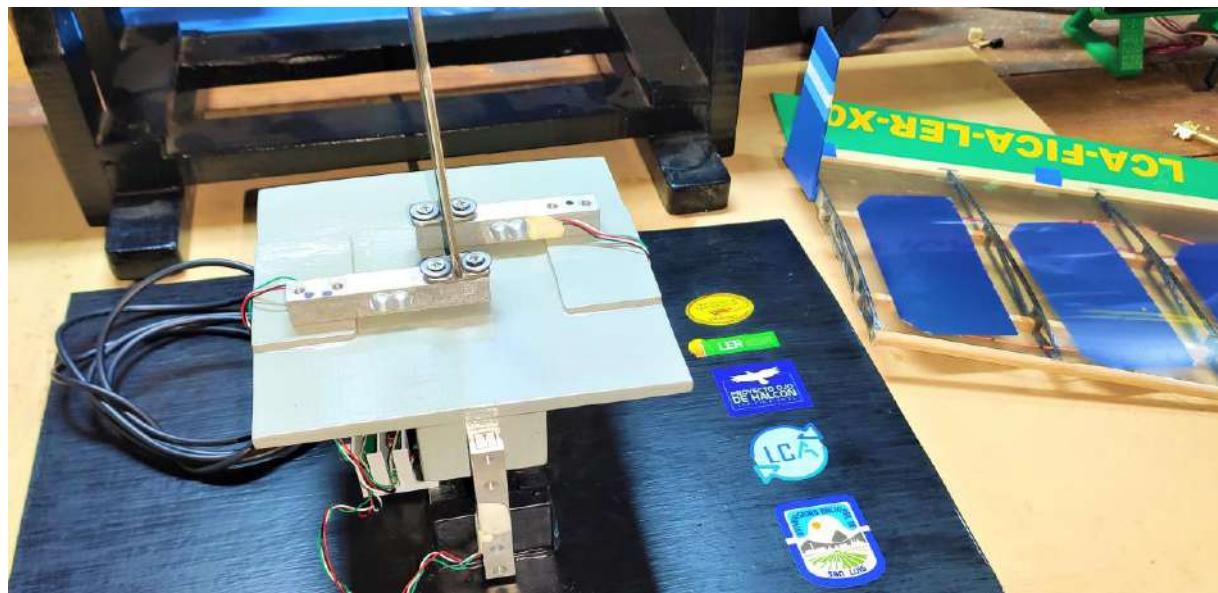
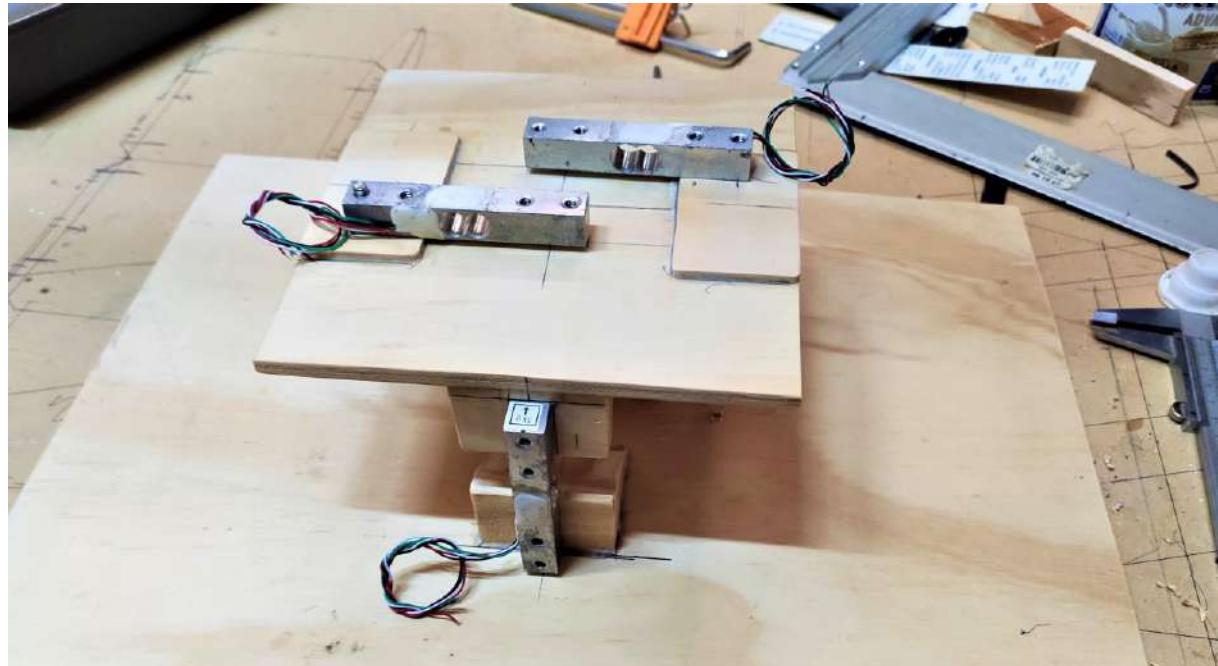




Prototipos LabTA-X05





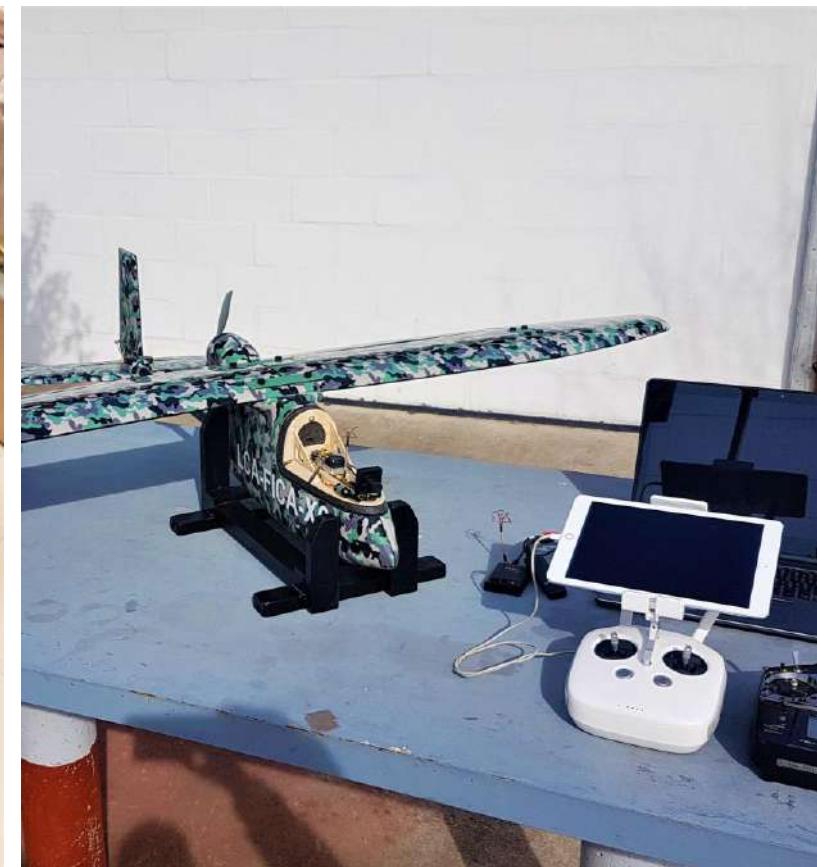
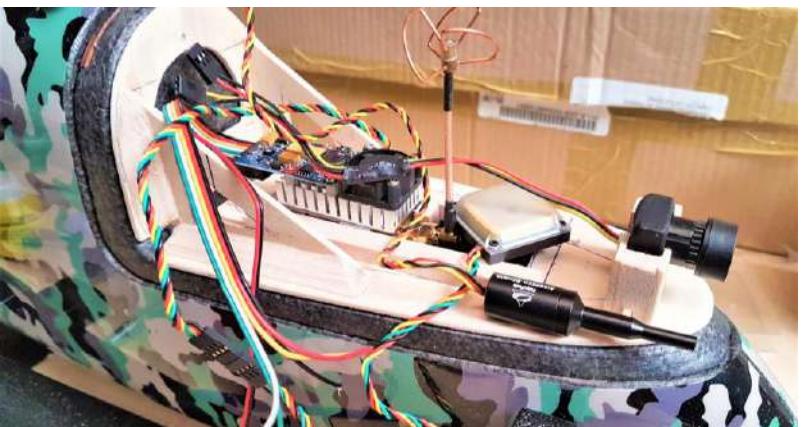
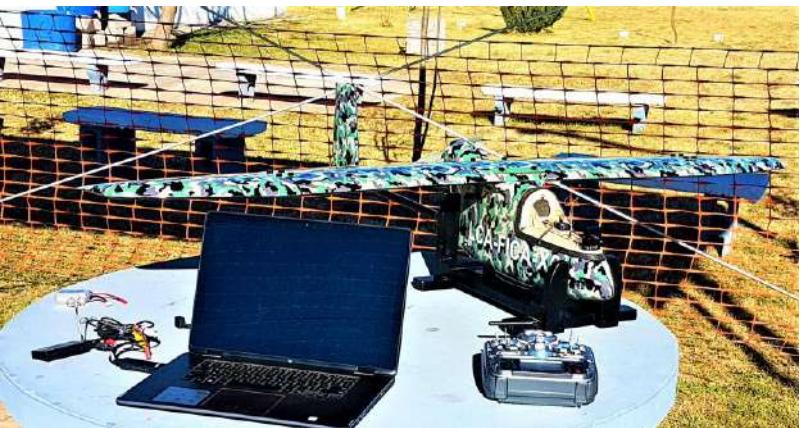




Prototipo LabTA-X06



Prototipo LabTA-X07

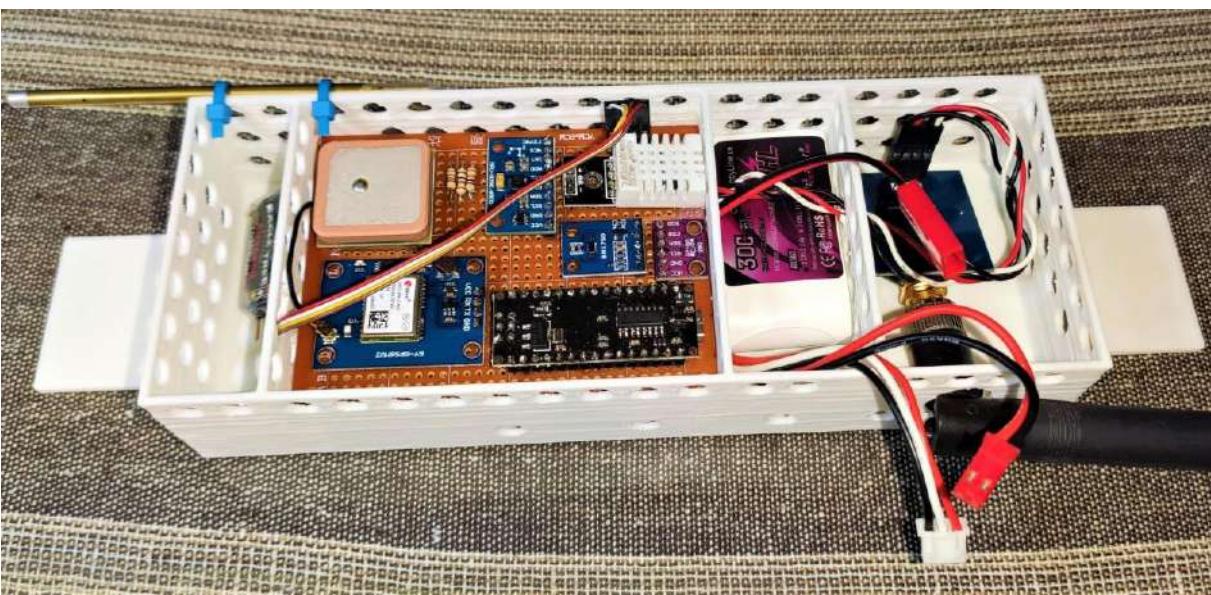
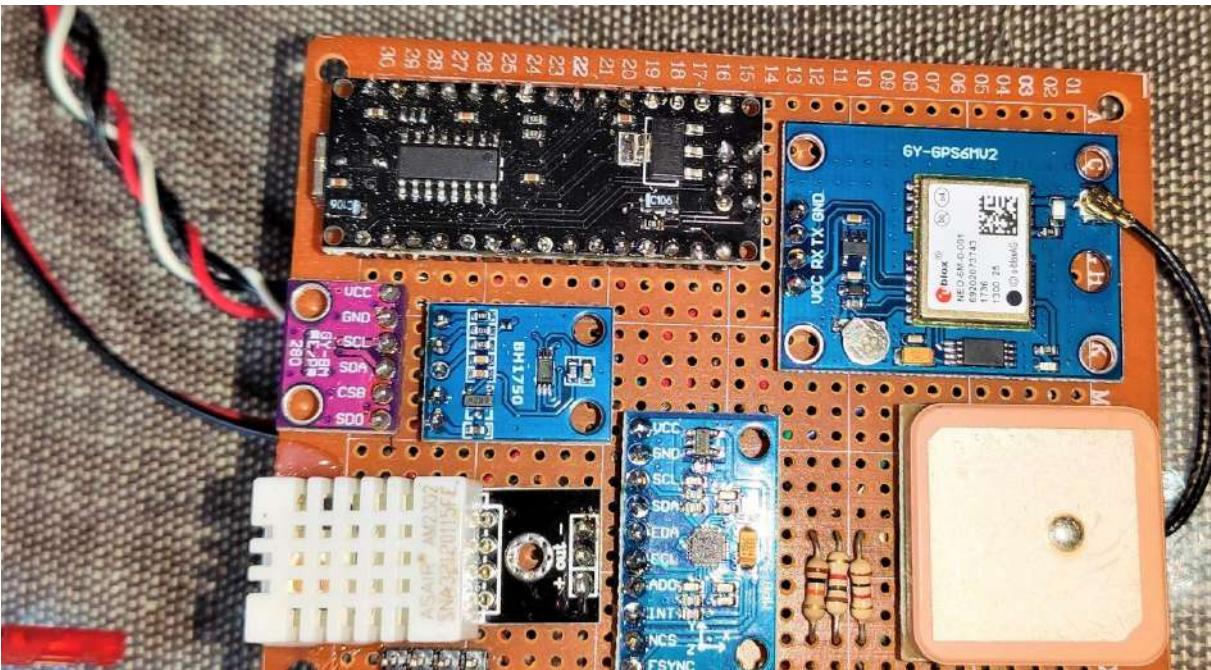


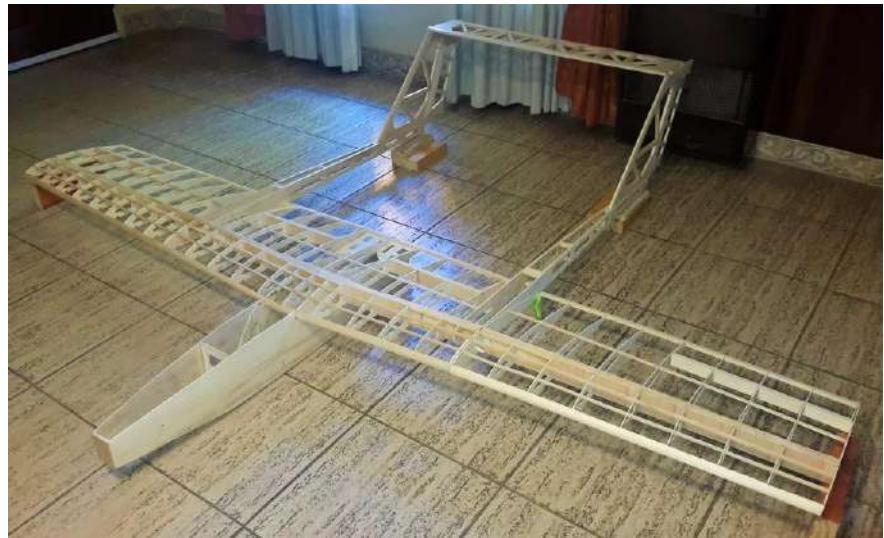
Prototipo LabTA-XX





Prototipo LabTA-Thermal





Prototipo LabTA-X09

