

UGV de Reconocimiento

Christian M. Chiacchio ^{1*}, Daniel A. Pastafiglia ^{2*},
Diego D. Igareta ^{1*}, Sergio G. Saluzzi ^{2*}

¹ CITEDEF, Departamento de Mecánica Aplicada, J. B. de La Salle 4397, 1603 Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

² CITEDEF, Departamento Electrónica Aplicada, J. B. de La Salle 4397, 1603 Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

* cchiacchio@citedef.gob.ar
* dpastafiglia@citedef.gob.ar
* digareta@citedef.gob.ar
* ssaluzzi@citedef.gob.ar

ABSTRACT. Los vehículos terrestres no tripulados (UGV) para uso militar o civil están diseñados para cumplir tareas riesgosas por definición, como por ejemplo observación avanzada, detección de explosivos provenientes del terrorismo o remanentes de enfrentamientos armados, detección de sustancias tóxicas y/o peligrosas, inspecciones en lugares inaccesibles, búsqueda y rescate, asistencia en emergencias, etc. Son plataformas multipropósito a las cuales se las puede dotar de distintos sensores o dispositivos para cumplir diferentes misiones.

El UGVREC (Vehículo Terrestre No Tripulado de Reconocimiento) es un proyecto desarrollado en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), destinado a la observación adelantada o reconocimiento en lugares confinados o semi-urbanos para ser usado por la infantería, tropas élites, fuerzas de seguridad y uso civil. Es una plataforma controlada por radio y/o navegación autónoma, que puede transportarse en una mochila por su bajo peso y desplegarse en las cercanías del lugar a observar. Estas características permiten mantener protegido al personal militar y/o de seguridad durante la misión.

Palabras clave: *UGV, vehículos autónomos, manufactura aditiva.*

Introducción:

El presente documento resume el trabajo de investigación y desarrollo realizado para el Proyecto UGVREC (Vehículo Terrestre No Tripulado de Reconocimiento) en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF). Involucra un estudio del estado del arte de los vehículos terrestres no tripulados (UGV's) de uso militar para definir características de funcionamiento y performances, como así también dimensiones y pesos.

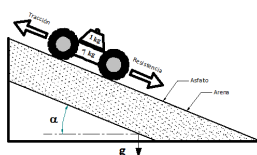


Fig. 1: Gráfico del modelo de performances del UGV.

Con las performances establecidas, se generó un modelo matemático de desplazamiento del vehículo para determinar la energía mecánica necesaria según los posibles escenarios de funcionamiento y así, seleccionar la potencia de los motores, la relación de transmisión de los reductores y la capacidad de energía de la batería de alimentación.

Los escenarios de funcionamiento analizados corresponden a suelos arenosos y asfaltados con una pendiente de hasta 40° , de los que se aplican los coeficientes de rozamiento por rodadura respectivos.

Se seleccionó los componentes comerciales y se organizó su disposición espacial a fin de definir el mínimo volumen ocupado por los componentes para diseñar las piezas estructurales y el chasis. Las partes se fabrican en material termoplásticos mediante la tecnología de Fabricación por Fusión de Filamento (FFF). Además se consideró diseñar componentes para permitir el montaje modular a fin de simplificar los reemplazos.

La manufactura aditiva FFF posibilita emplear otros criterios de diseño, facilitando la generación de piezas con formas complejas, orgánicas y dedicadas. El uso de material plástico como el ácido poliláctico (PLA) y el polietileno tereftalato modificado con glicol (PET-G) permite la unión entre partes mediante el pegado de piezas estructurales minimizando las fijaciones por uniones roscadas.

Para cada pieza construida a partir de fabricación aditiva, se estableció como premisa encontrar la mejor estrategia de laminación para optimizar el uso del material, la estabilidad de la impresión, la minimización del uso de soportes constructivos y simplificación de re mecanizados posteriores.

Desde el programa laminador se orientó la dirección de impresión del filamento en la estructura, el tipo de relleno interno, la separación entre soportes, el espesor de capa, velocidades de impresión y ventilación, acorde a la complejidad individual de cada pieza, con el objetivo de maximizar la resistencia mecánica y disminuir los tiempos y riesgos de falla de la impresión.

El proyecto se organizó en 2 etapas. En la primera se diseñó, construyó e integró los componentes mecánicos y la electrónicos en una plataforma para realizar ensayos, la que conforma el demostrador tecnológico (01). Actualmente se desarrolla la

segunda etapa donde se optimizó el diseño para mejorar las performances preestablecidas al inicio del proyecto respecto del demostrador tecnológico (02).

Etapa 1:

Parte Experimental

Para cumplimentar con la condición de potencia necesaria, se seleccionaron 4 motorreductores de C.C. de 24V y potencia de 22.5 W con una reducción de velocidad de 24:1. Para determinar el rendimiento de cada motorreductor y la gestión de potencia del controlador, se realizaron ensayos en laboratorio bajo distintas condiciones preestablecidas de funcionamiento, midiendo y registrando las revoluciones por minuto (RPM) con una imposición de torque.

Para ello se diseñó un soporte para el motorreductor y una polea acanalada del mismo diámetro de la rueda del UGV en estudio. De esta manera se aplica la misma carga tangencial equivalente al torque necesario cuando el vehículo realiza una trepada de 40° en suelo arenoso.

La polea posee un hilo de Nylon solidario a su periferia, el cual tiene aplicado el peso equivalente en el extremo libre. Al energizar el motor, el hilo se enrolla en la polea generando un torque constante en el árbol del motor. Mediante un desarrollo de adquisición de datos se registran el consumo eléctrico y las revoluciones por minuto (RPM). Además se ensayó la capacidad de la batería de abordó en el motor ensayado.

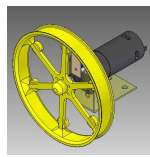


Fig. 2: Modelo banco de ensayo para motorreductores.

Se construyó un vehículo experimental para evaluar el control direccional y de tracción, el enlace, la transmisión de imágenes y la posible interferencia electromagnética entre los módulos electrónicos.



Fig.3: Modelo y fotografía del prototipo.

Diseño

Realizados los ensayos de funcionamiento iniciales, se construyó el demostrador tecnológico (01) con una estructura de doble marco lateral de aluminio AL 6062, vinculados entre ellos con piezas impresas por fabricación aditiva (impresión 3D) en material PLA, conformando una carrocería que protege a los componentes.

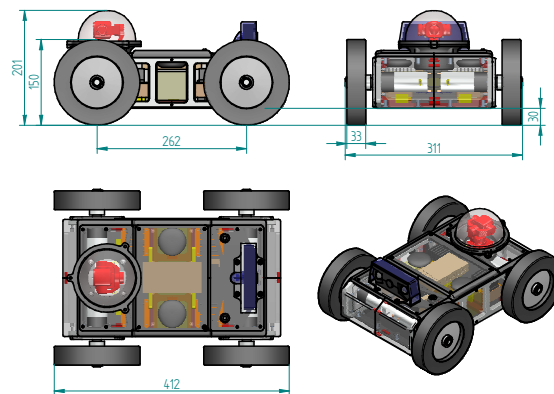


Fig.4: Dimensiones del demostrador tecnológico (01).

En la selección y programación de la electrónica de abordo, se aplica la experiencia obtenida en control de otras plataformas, como los casos del control drones Multirrotores y UAV Vant-Pipe, empleando un navegador aplicable tanto a vehículos aéreos o terrestres denominado Pixhawk 6X. Este dispositivo gestiona el control manual, semiautomático y automático del vehículo UGVREC interpretando las órdenes impartidas por el usuario o el autopiloto hasta el control de movimiento de los motorreductores.

La solución electrónica integrada en la plataforma y control comprende los siguientes sistemas:

- Sistema de Comunicaciones: Radio control de operador, telemetría de la plataforma y sistema de video integrado.
- Sistema de Tracción: Motorreductores y electrónica asociada.
- Sistema de Control y Sensado: Distribución de las señales a los motores desde los distintos sensores (GPS, acelerómetro, giroscopo, etc.) en el modo de control semiautomático.
- Sistema de visión: Cámara fija y otra móvil (Gimbal) montada en una plataforma giro estabilizada y su interfaz asociada.

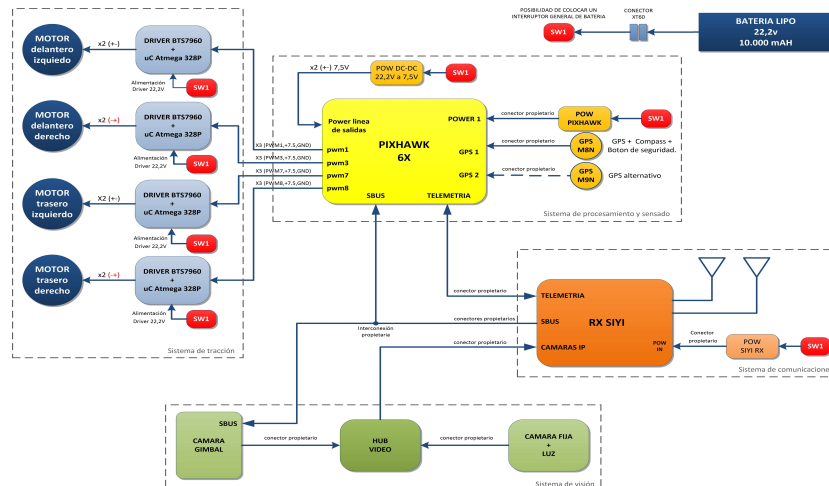


Fig. 5: Diagrama en bloques de los 4 sistemas intervinientes.

La interfaz de usuario es a través de un control remoto con pantalla LED que presenta las imágenes de las cámaras y permite al operador controlar y dirigir el vehículo. Emplea una unidad denominada MK32, de la firma SIYI, que conecta las dos cámaras mostrando ambas imágenes en la misma pantalla. De esta manera el operador posee un amplio campo visual de la zona a explorar y gobierno del vehículo.



Fig. 6: Control Remoto MK32 de la unidad UGV - (01) y (02) control y visualización.

El demostrador tecnológico (01) terminado posee un peso de 8 kgf, similar al estimado en el inicio del diseño con la integración de ambas cámaras.



Fig.7: Fotografía del demostrador tecnológico (01).

Ensayos y Evaluaciones

Se realizaron pruebas de funcionamiento en distintos escenarios:

Espacios abiertos, como en calles de asfalto, terrenos con césped, barrocos o de pendientes elevadas.

En recintos cerrados, con obstáculos de estructuras de hormigón, paredes, tabiques y mamposterías.

En espacios semiconfinados metálicos, como la navegación del UGVREC dentro de un tubo de acero.



Fig.8: Ensayos de tracción en barro, suelo despejado y funcionamiento dentro de tubo metálico del demostrador tecnológico (01).

Para caracterizar la autonomía y el alcance, el vehículo UGVREC recorrió la calle perimetral de CITEDEF, con una extensión superior a un 1.0 km. En esta ocasión el

operador ubicó su puesto de control en la terraza de un edificio de cinco pisos a una altura de 16 m. aproximadamente.

Como prueba adicional el operador comandó remotamente el vehículo en un recorrido de ida y vuelta hasta la entrada del Instituto que representan unos 300 metros más.

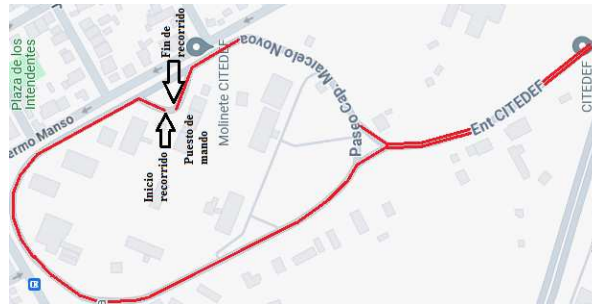


Fig.9: Ensayos de autonomía y consumo energético del demostrador tecnológico (01).

Estos ensayos permitieron evaluar la navegación del UGVREC, la calidad del enlace y señal de video en tiempo real, con obstáculos interpuestos entre el vehículo y el puesto de control. Actualmente se le realizan pruebas de conducción para establecer otros alcances y límites operativos.

Etapas 2:

Evolución y Rediseño

Luego de los ensayos con el demostrador tecnológico (01) se evaluaron las performances del vehículo respecto de las condiciones iniciales de diseño. Los resultados de los ensayos conducen a diseñar un nuevo demostrador tecnológico (02), en donde se consideran las siguientes características:

- Estructura semimonocasco impreso en material PET G.
- Motorreductores con una relación de transmisión 36/1.
- Rueda con cubierta de caucho (175 mm x 40 mm) en una llanta liviana impresa en PET-G.
- Cámara frontal integrada al cuerpo del vehículo.
- Cámara gimbal como accesorio montado en un porta objetos.
- Tecla de encendido a prueba de agua.
- Tapa integral de acceso a la electrónica.
- Tapa de acceso rápido para carga de batería.
- Plataforma a prueba de lluvia y salpicaduras.
- Antenas integradas a la estructura.

El demostrador tecnológico (02) posee motores de la misma potencia, pero con la reducción aumentada (de 24/1 a 36/1), permitiendo montar un rodado de mayor diámetro (de 150mm a 175mm) superando en ventaja mecánica, despeje y capacidad de superación de obstáculos al demostrador tecnológico (01). Las dimensiones de la nueva carrocería son menores que en el demostrador tecnológico (01), lo que alivia la estructura y mejora la capacidad de maniobra en espacios más reducidos.

Se reubica la electrónica de abordo, en donde la cámara gimbal se monta como accesorio en la parte superior del vehículo, permitiendo una observación lejana mejorada.

La cámara fija se integra a la estructura frontal y provee iluminación al frente, mejorando la exploración en zonas no iluminadas. La combinación de la cámara fija y la gimbal aumenta la versatilidad al momento de planificar la misión.

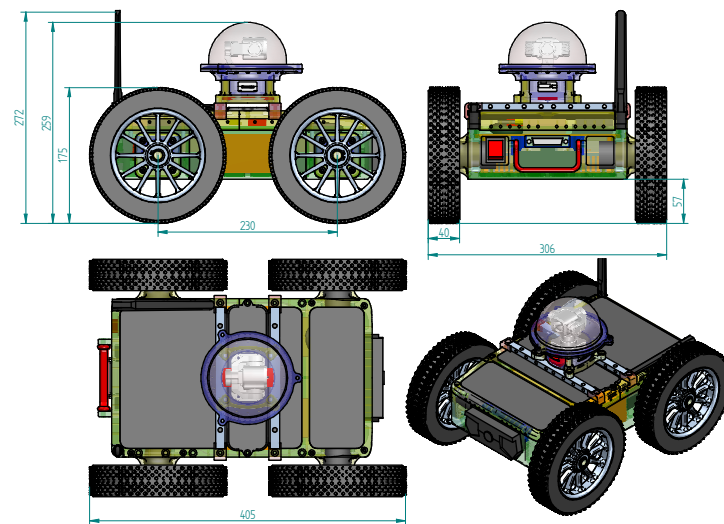


Fig.10: Dimensiones del demostrador tecnológico (02).

Agradecimientos:

Los autores de este trabajo agradecemos la participación del Departamento de Prototipos de CITEDEF, en los mecanizados de los componentes metálicos.

Al personal especialista del Departamento Electrónica Aplicada, Ing. Adrian Stacul, Ing. Martín Morales y al Téc. Gerardo García que son parte del equipo que desarrollan la electrónica y programación del vehículo y los comandos.

Al personal de Mecánica Aplicada, Téc. Hernán Luis Torres y Téc. Fernando Ruiz que aportan valiosos conocimientos y dominio de la técnica de manufactura aditiva en impresión 3D, y que son parte del equipo que desarrollan la mecánica y diseño estructural del vehículo.

A la Sra. Pamela Ferretti que asiste continuamente al proyecto tanto técnica como administrativamente, como así también en la revisión del presente documento.

Referencias:

1. Sistema Ardupilot, ardupilot.org, año 2024.
2. PX4 .docs.px4.io/main/en/frames_rover/aion_r1.html, año 2024
3. J.L. Jones, A.M. Flynn, B.A. Seiger, Mobile Robots, Inspiration to implementation, Second edition ISBN1-56881-097-0.
4. H.Naunheimer, B.Bertsche, J.Riborz, W. Novak, Automotive transmissions, Fundamentals, Selection, Design and application, Second edition Springer Heidelberg Dordrecht London New York ISBN 978-3-642-16214-5