



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE PREVUELO PARA EL AUTOPILOTO PELICANO DESARROLLADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA CIDFAE UBICADO EN EL SECTOR IZAMBA DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

DAVID TARQUINO MORETA SUPE
GONZALO PAÚL SALAZAR PAREDES



AGENDA

- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVO GENERAL
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- COMPONENTES DE UNA AERONAVE
- IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS
- SELECCIÓN DE EQUIPOS Y/O MATERIALES
- SOFTWARE PARA LA INTERFAZ
- PROTOTIPO UAV-0 PELICANO
- ÁREAS PRINIPALES DEL UAV-0 PELICANO



AGENDA

- IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL UAV-0 PELICANO
- EJES PRINCIPALES DE VUELO UAV-0 PELICANO
- SENSORES DEL UAV-0
- SELECCIÓN DE EQUIPOS Y/O MATERIALES
- SISTEMA DE COMUNICACIÓN DEL UAV-0
- INTERFAZ EN VISUAL STUDIO C#
- ACCESO AL SISTEMA
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- TRABAJOS FUTUROS



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata acerca del diseño e implementación de un sistema electrónico de prevuelo para el autopiloto pelicano para alcanzar este objetivo se utilizó radios módems los cuales establecen una comunicación inalámbrica entre la computadora con el UAV-0, para el procesamiento, adquisición, monitoreo, comprobación del estado de las superficies de control de vuelo del UAV se utilizó Visual Studio C#.

Para el almacenamiento de los datos del UAV se lo realizó con SQL Server, con el desarrollo de éste sistema de prevuelo se garantizará que el UAV-0 Pelicano se encuentre óptimo para las tareas de vuelo programadas, reduciendo considerablemente los riesgos durante el período de vuelo.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Un extra que tiene el sistema de prevuelo es que dispone de un instalador, con esto se consigue que el usuario pueda usarlo fácilmente desde cualquier computador.

Al contar con un instalador se garantiza que el usuario no tenga acceso al código del programa, con esto se consigue evitar que el usuario pudiera hacer cambios en el código de programación provocando que el programa pierda sus características o deje de funcionar.

INTRODUCCIÓN

- En los últimos 4 años, los UAVs han pasado a convertirse en un recurso imprescindible para las Fuerzas Armadas. Su versatilidad, polivalencia y capacidad para operar en ambientes hostiles con discreción, durante tiempos prolongados y con costos reducidos, han generado en la mayoría de los países la necesidad de dotarse de esta capacidad que ya se ha hecho fundamental.
- El primer proyecto desarrollado por la Fuerza Aérea Ecuatoriana a través del CIDFAE. Es un Prototipo de Aeronave No Tripulada (UAV-0 Pelicano), táctica, autónoma y enlazada a una Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) con capacidad de cumplir misiones de vigilancia, reconocimiento y enviar información en tiempo real.

INTRODUCCIÓN

- En Ecuador, La Fuerza Aérea Ecuatoriana bajo su proyección visionaria de liderar el desarrollo tecnológico en el campo de la aviación y con el auspicio del Ministerio de Defensa Nacional decidió diseñar y construir un Sistema de Vigilancia y Reconocimiento con aeronaves autónomas no tripuladas (UAV).
- La unidad científica élite encargada de desarrollar este proyecto tecnológico es el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea (CIDFAE), el mismo que esta operando desde el Aeropuerto Chachoán de la ciudad de Ambato.

INTRODUCCIÓN

- Actualmente se realizan pruebas de vuelo en el UAV-0 Pelicano, en el que no se realiza un chequeo previo del estado de las variables de la aeronave. como consecuencia de esto existen riesgos que el UAV-0 no cumpla con éxito con las tareas de vuelo programadas.
- Con el objetivo de optimizar las tareas de prevuelo del UAV-0 Pelicano, para garantizar que las condiciones del mismo sean las correctas antes de despegar, surge la necesidad de utilizar un sistema electrónico de prevuelo que contribuya con las tareas de prevuelo y que sean realizadas con mayor rapidez y seguridad. Para lograr este objetivo es necesario implementar una interfaz hombre- máquina que permita al usuario visualizar información del estado de los sensores y comprobar el estado de los servomotores del UAV-0.

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar e implementar un Sistema Electrónico de prevuelo para el autopiloto Pelicano desarrollado en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar la estructura y funcionamiento de los elementos que conforman el UAV-0 Pelicano.
- Adquirir los datos de las variables físicas que intervienen en el UAV-0 Pelicano.
- Investigar el lenguaje de programación Visual Studio C# para la elaboración de la interfaz de interacción entre el usuario y el UAV.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar los controles de usuario en la interfaz para la comprobación del estado de los servomotores, visualización de los datos del UAV-0.
- Almacenar los datos adquiridos de la aeronave cada segundo en una base de datos.
- Determinar la posición del UAV-0 en un mapa determinado mediante un indicador GPS.
- Verificar el funcionamiento del Sistema Electrónico de prevuelo.

COMPONENTES DE UNA AERONAVE

- Cada aeronave está compuesta por diferentes áreas dependiendo de su propósito y su aplicación, de manera general se puede citar sensores, estructura y su alimentación todas estas áreas serán distintas para cada aeronave.

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICAS

- Analizar las variables que se requieren monitorear, comprobar para formar parte del sistema de prevuelo.
- Una vez identificadas y seleccionadas las variables se debe establecer:
 - ❖ Valores permitidos de la medición.
 - ❖ Valores que se encuentran en alerta.
 - ❖ Acondicionamiento o un tratamiento especial de las variables.

SELECCIÓN DE EQUIPOS Y/O MATERIALES

- Se requiere conseguir equipos que contenga la mayor cantidad de elementos integrados en el propio sistema, es decir que realice la adquisición de datos, transmisión, etc.
- Con relación a la comunicación para la transmisión y recepción de la información se elige según la necesidad, las condiciones y las exigencias de cada aeronave, es decir seleccionar si la comunicación se lo hace a través de un medio alámbrico o inalámbrico.

SOFTWARE PARA LA INTERFAZ

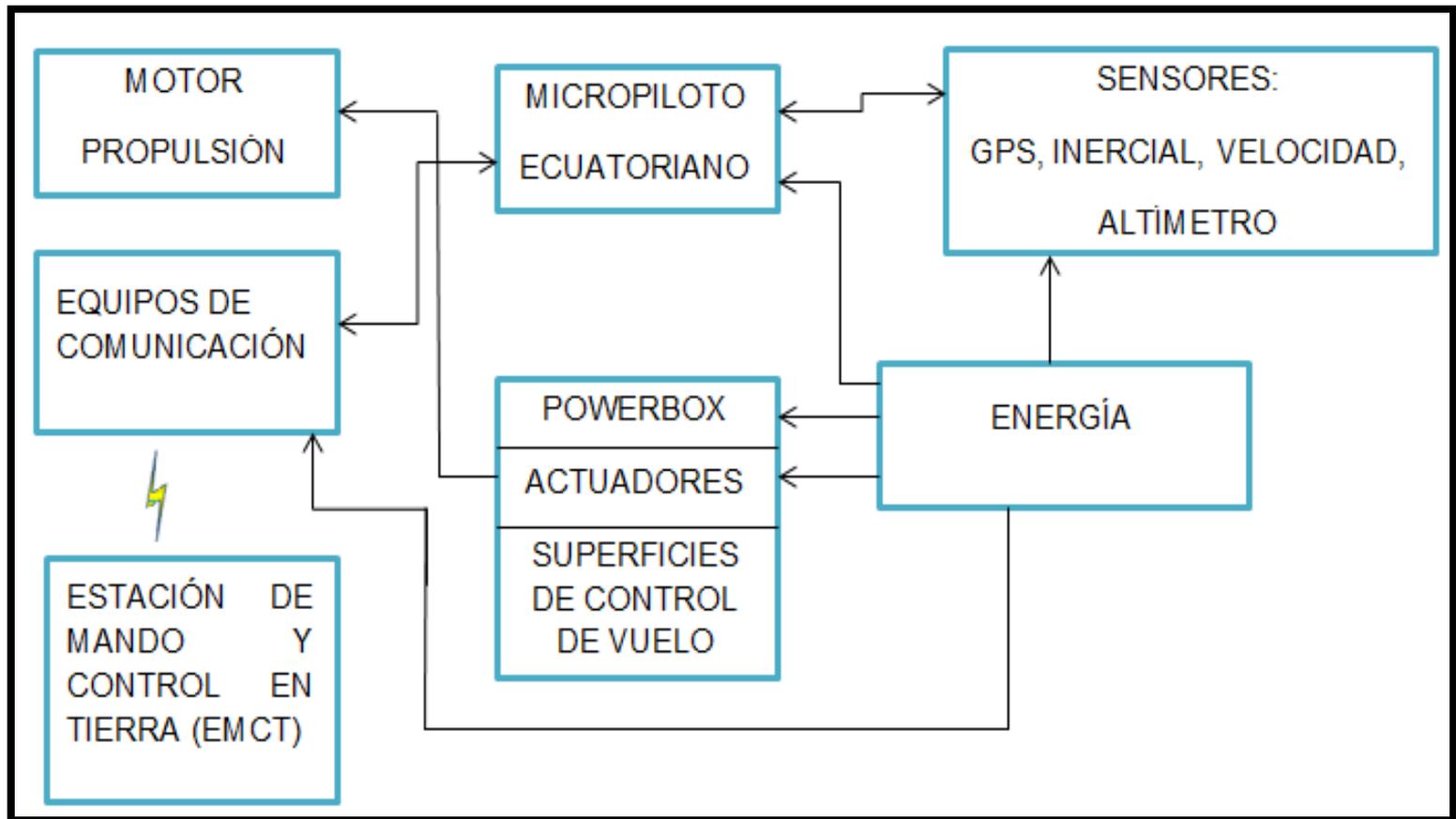
- El software escogido debe tener un enfoque al uso de la instrumentación virtual y que facilite la visualización, representación de los datos obtenidos.
- La interfaz diseñada debe ser intuitiva, amigable con el usuario tratando en lo posible que sea comprensible para quien use este sistema.

PROTOTIPO UAV-0 PELICANO

- Es una aeronave de 4 metros de longitud de ala a ala, la cual posee capacidades de aterrizaje, despegue y vuelo automático, puede alcanzar 3.66 kilómetros de altura y velocidad máxima 65 kilómetros por hora.



ÁREAS PRINCIPALES DEL UAV-0 PELICANO

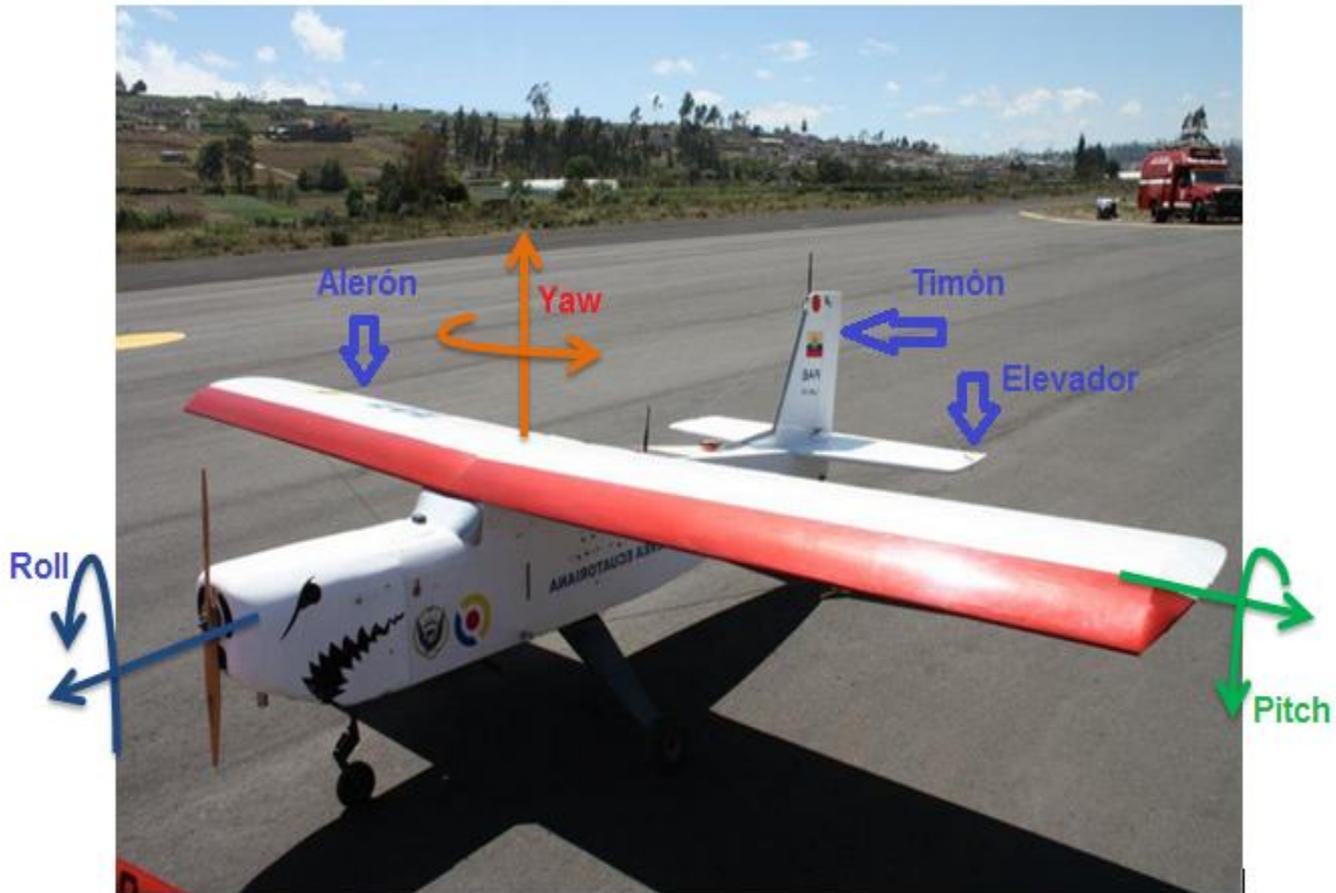


IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL UAV-0 PELICANO

El análisis se hizo en base a los datos proporcionados por la aeronave entre los datos a ser visualizados se tiene:

- ❖ Posición Geográfica (latitud, longitud, altura).
- ❖ Ejes principales de vuelo (roll, pitch, yaw).
- ❖ Velocidad pitot.
- ❖ Altitud pitot.
- ❖ Porcentaje de aceleración del Motor.
- ❖ Manual/Automático.

EJES PRINCIPALES DE VUELO UAV-0 PELICANO



SENSORES DEL UAV-0

Sensores	Variables
Sensor GPS	Latitud Longitud Altura
Sensor Inercial	Roll Pitch Yaw
Sensor Airspeed	Velocidad pitot
Sensor Altimetro	Altura pitot



SELECCIÓN DE EQUIPOS Y/O MATERIALES

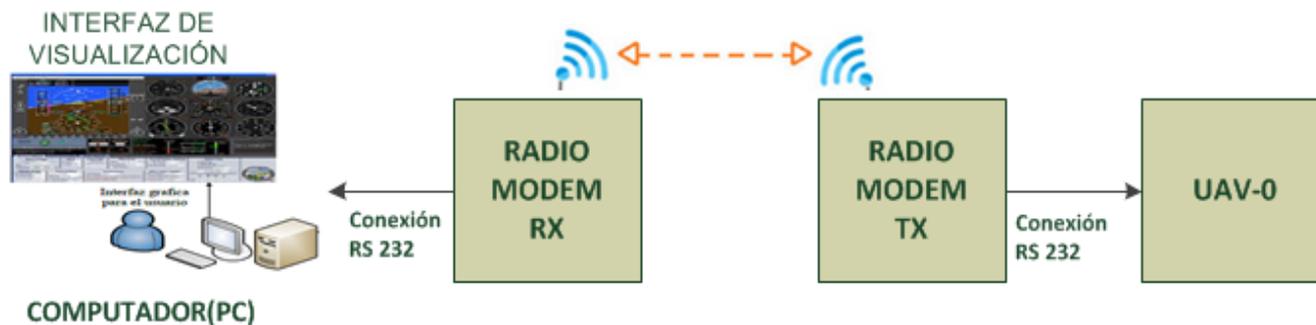
La selección de equipos se realizó de acuerdo a las exigencias, características y prestaciones del proyecto proporcionados por el CIDFAE.

A continuación se enumeran los equipos utilizados para el desarrollo del proyecto.

- Computadora
- Dos radios módems.
- Baterías.
- Cable Serial RS-232 directo
- Cable USB-Serial.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN DEL UAV-0

Para lograr la comunicación entre el UAV-0 y la computadora, se utilizó radio módems los cuales transfieren datos de forma inalámbrica, a través del puerto serial que dispone el radio módem receptor se procedió a conectar con la computadora en donde se tiene la interfaz de visualización de los datos del UAV con la ayuda de un cable USB-Serial de la misma forma se realizó una conexión serial entre el radio módem transmisor y el UAV a través de sus puertos seriales con la ayuda de un cable serial directo.



INTERFAZ EN VISUAL STUDIO C#

Visual Studio C# es un lenguaje de programación de alto nivel, se enfoca bien para aplicaciones de instrumentación virtual ,es muy bueno para la conexión con bases de datos.

Considerando el hardware necesita menos recursos de memoria que otros lenguajes de programación.

Flexibilidad de operación con manejo de puertos seriales.

Por estas características fue escogido este lenguaje de programación.

ACCESO AL SISTEMA



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de haber realizado la adquisición, procesamiento de los datos se llega a la etapa final que es la visualización de las variables por medio de la interfaz del sistema electrónico de prevuelo.



UBICAR LA POSICIÓN DEL UAV-0 EN EL MAPA

Para ubicar en la posición que se encuentra la aeronave se debe presionar el botón ubicar posición UAV-0 y se posicionará el indicador GPS (aeronave), indicando la posición del UAV-0.

The screenshot displays the UAV-0 software interface. The main window is titled "UAV-0" and features a menu bar with "Archivo", "Configuración", "Test", "Mapa", "Base de Datos", and "Cerrar". A toolbar at the top includes "Habilitar Recepción" (set to "Recibir"), "Nuevo Mapa", "Ubicar posición UAV-0" (highlighted with a red box), and "Indicador Gps".

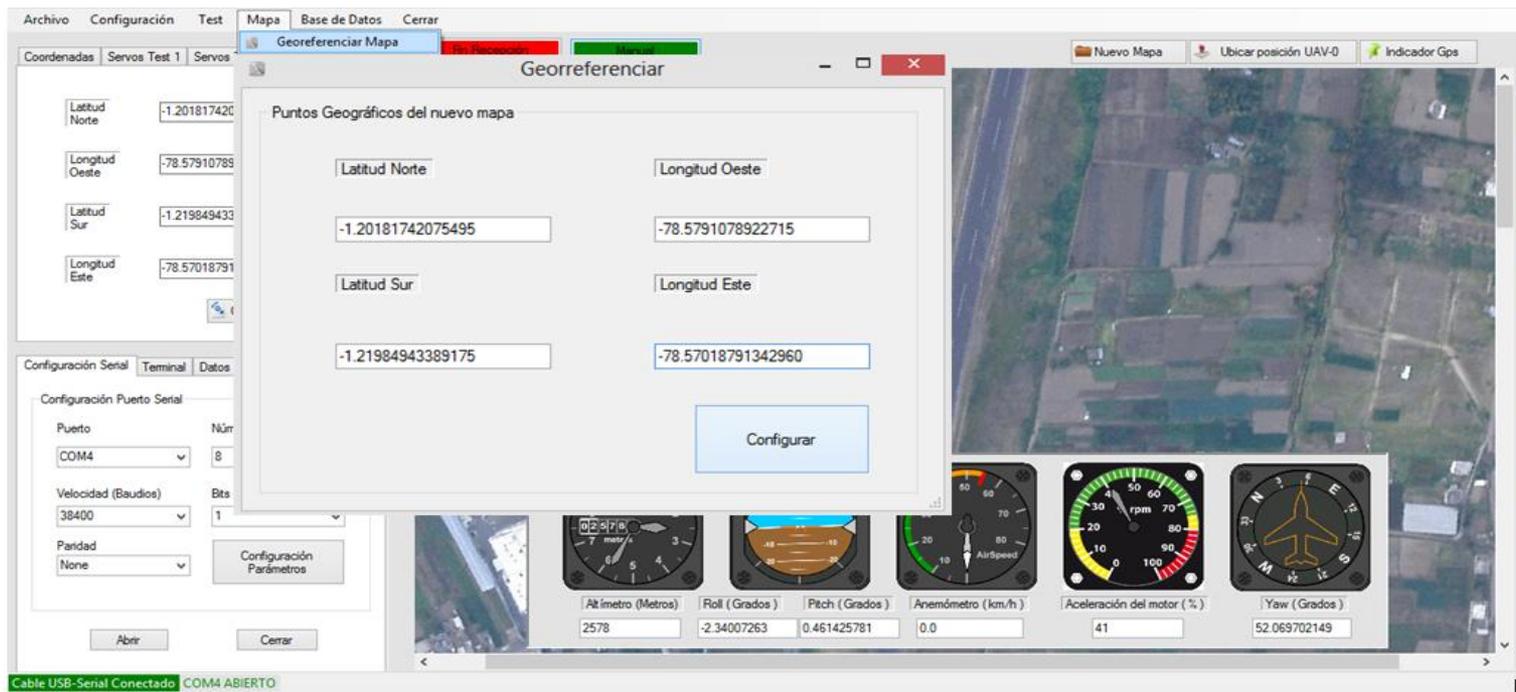
The central area shows a topographic map with a purple dot representing the UAV-0 position near "San Miguel Arcángel". A blue arrow points to the "Ubicar posición UAV-0" button. The map includes labels for "Loma Chasinata", "Urbanización Aeropuerto", "Pachaito", "San Miguel Arcángel", "Quillanoma", "Tres Marias", and "Loma El Avizón".

On the left, there are input fields for coordinates: "Coordenadas", "Servos Test 1", "Servos Test 2", and "Georeferenciación". The "Configuración Puerto Serial" section shows "Puerto" set to "COM4", "Número de Bits" to "8", "Velocidad (Baudios)" to "38400", and "Bits de Parada" to "1".

At the bottom, a dashboard displays five gauges: "Altímetro (Metros)" (2578), "Roll (Grados)" (-2.34007263), "Pitch (Grados)" (0.461425781), "Anemómetro (km/h)" (0.0), and "Aceleración del motor (%)" (41). A sixth gauge shows "Yaw (Grados)" (52.069702149). A status bar at the bottom left indicates "Cable USB-Serial Conectado" and "COM4 ABIERTO".

UBICAR POSICIÓN DEL UAV-0 EN UN MAPA DIFERENTE

Al cargar un mapa diferente necesariamente se debe colocar los nuevos puntos de coordenadas geográficas y presionar el botón configurar.



UBICAR POSICIÓN DEL UAV-0 EN UN MAPA DIFERENTE

Para ubicar el UAV en el mapa se debe presionar el botón ubicar posición UAV-0.

The screenshot displays the UAV-0 software interface. At the top, the window title is "UAV-0". The menu bar includes "Archivo", "Configuración", "Test", "Mapa", "Base de Datos", and "Cerrar". Below the menu bar, there are several buttons: "No Ubicación" (red), "Manual" (green), "Nuevo Mapa", "Ubicar posición UAV-0" (highlighted with a red box and a blue arrow), and "Indicador Gps".

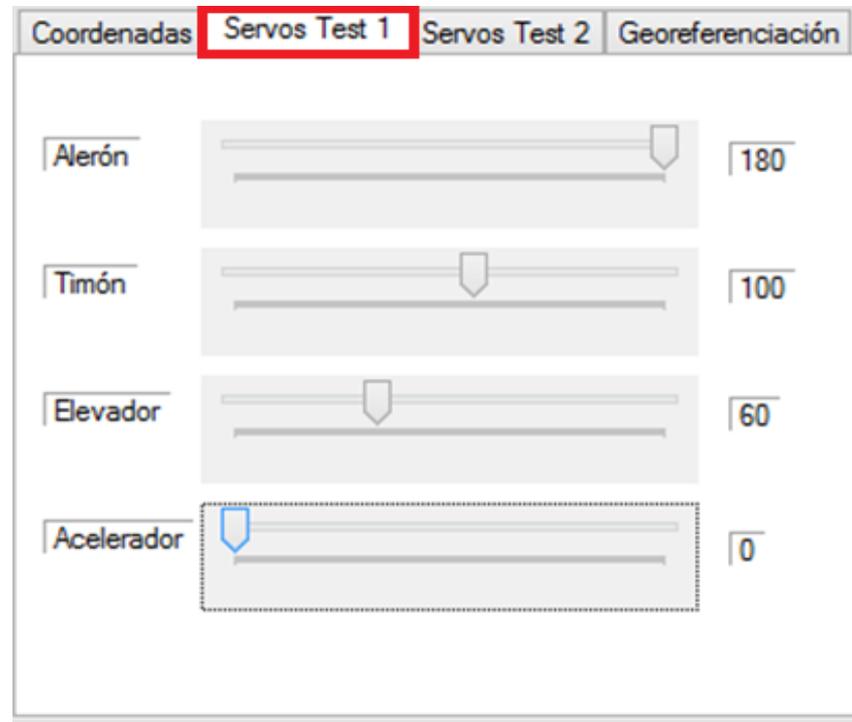
The main area is divided into three sections:

- Left Panel (Coordinates):** Contains input fields for "Latitud Norte" (-1.20181742075495), "Longitud Oeste" (-78.5791078922715), "Latitud Sur" (-1.21984543389175), and "Longitud Este" (-78.57018791342960). A "Configurar Mapa" button is located below these fields.
- Bottom Left Panel (Serial Configuration):** Includes tabs for "Configuración Serial", "Terminal", and "Datos Filtrados". Under "Configuración Puerto Serial", there are dropdown menus for "Puerto" (COM4), "Número de Bits" (8), "Velocidad (Baudios)" (38400), "Bits de Parada" (1), and "Paridad" (None). A "Configuración Parámetros" button is present, along with "Abrir" and "Cerrar" buttons.
- Map and Data Panel:** The central part of the interface shows an aerial satellite map with a small blue UAV icon. Below the map is a dashboard with six gauges and their corresponding numerical values:
 - Altimetro (Metros): 2578
 - Roll (Grados): -2.34007263
 - Pitch (Grados): 0.461425781
 - Anemómetro (km/h): 0.0
 - Aceleración del motor (%): 41
 - Yaw (Grados): 52.069702149

At the bottom left, a status bar indicates "Cable USB-Serial Conectado" and "COM4 ABIERTO".

SERVOS TEST 1

El test 1 se realiza mediante el movimiento de los sliders los cuales controlan el ángulo de movimiento de los servos correspondientes al alerón, timón, elevador, acelerador.



SERVOS TEST 2

El test 2 se realiza mediante el click de botones correspondientes al alerón, timón, elevador, acelerador los mismos que empezaran a moverse dentro de todo el rango de ángulos de funcionamiento de cada servomotor.



COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LOS SENSORES

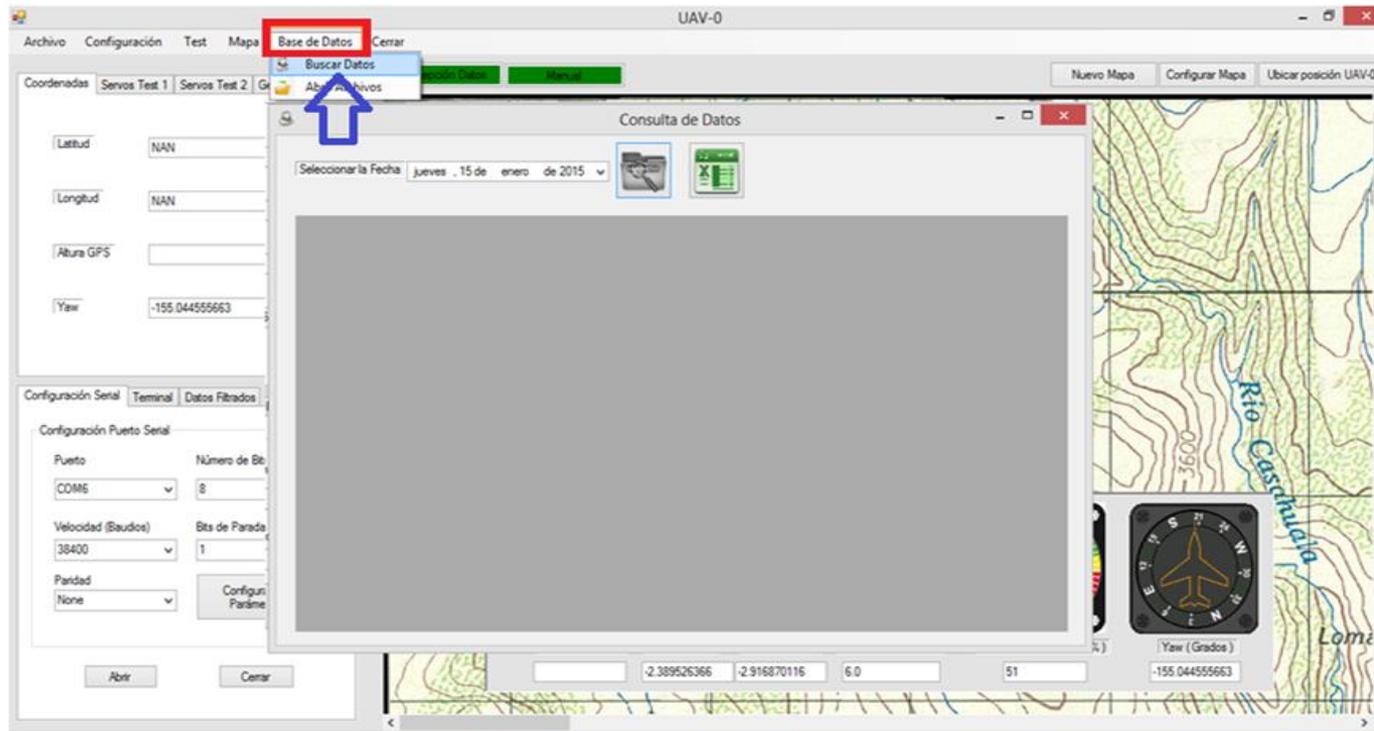
El sistema de prevuelo tiene la capacidad de entregar un reporte el mismo que permite conocer el estado de funcionamiento de los sensores del UAV-0.

TEST			
SENSOR INERCIAL			
ROLL	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	Correcto	-2.581787108
PITCH	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	Correcto	-3.147583007
YAW	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	Correcto	-155.061035156
SENSOR GPS			
ALTURA	<div style="width: 0%; height: 10px; background-color: gray;"></div>		
LATITUD	<div style="width: 0%; height: 10px; background-color: red;"></div>	Alerta	NAN
LONGITUD	<div style="width: 0%; height: 10px; background-color: red;"></div>	Alerta	NAN
SENSOR ALTÍMETRO			
ALTITUD	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	Correcto	2447.0
SENSOR AIRSPEED			
VELOCIDAD	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: green;"></div>	Correcto	5.0



BASE DE DATOS

El sistema electrónico de prevuelo tiene la capacidad de guardar los datos cada segundo, en la base de datos creada mientras exista comunicación de datos.



CONSULTA DE DATOS

En la ventana consulta de datos se debe seleccionar la fecha en la cual se requiere conocer los datos como se indica mediante una flecha a continuación una vez seleccionada se debe dar un click en el icono de forma de lupa con lo cual se desplegarán los datos. Adicionalmente estos datos se pueden exportar y visualizar en Excel.

CONSULTA DE DATOS

Buscar_Datos

Seleccione la Fecha



	Id	roll	pitch	yaw	man_auto	alturagps	altitud
▶	8579	180.0	0.0	-180.0	N	02592	2417.89
	8580	180.0	0.0	-180.0	N	02594	2417.79
	8581	180.0	0.0	-180.0	N	02596	2417.89
	8582	180.0	0.0	-180.0	N	02598	2417.79
	8583	180.0	0.0	-180.0	N	02600	2417.79
	8584	180.0	0.0	-180.0	N	02602	2417.69
	8585	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.79
	8586	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.89
	8587	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.69
	8588	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.79
	8589	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.79
	8590	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.79
	8591	180.0	0.0	-180.0	N	02604	2417.89



CONCLUSIONES

- La implementación del sistema electrónico de prevuelo permite visualizar la información de cada sensor que dispone la aeronave, además permite comprobar el estado de funcionamiento de los servomotores los mismos que controlan las superficies de control de vuelo, lo que permite verificar si la aeronave se encuentra en condiciones seguras de despegue.
- Con los radios módems empleados para el proyecto se realizó una comunicación a una distancia de 100 metros entre el UAV y el equipo de recepción de datos distancia a la cual la comunicación se realizó con éxito, se sabe que estos dispositivos de comunicación tienen un alcance aproximado de 32 km con línea de visión con una antena de alta ganancia.

CONCLUSIONES

- Se empleó SQL Server porque permite almacenar información obtenida de los sensores cada segundo además existe muy buena compatibilidad para trabajar con Visual Studio C# adicionalmente se pueden exportar y visualizar estos datos en Excel.
- Para el desarrollo del proyecto se optó por utilizar Visual Studio C# debido a la gran cantidad de información y las bondades que presenta el software y por futuras aplicaciones.

CONCLUSIONES

- El desarrollo del presente proyecto permite realizar el chequeo y visualización de las variables de la aeronave antes de realizar el vuelo programado.
- Realizando el Test2 para los servos se puede efectuar el movimiento al mismo tiempo de todos los servos con esto se puede visualizar el estado de funcionamiento de todas la superficies de control de vuelo de la aeronave.
- Se logro ubicar la posición del UAV-0 mediante un indiciador GPS para un mapa determinado ingresando las coordenadas geográficas del mapa.

RECOMENDACIONES

- Observar en la interfaz de usuario para supervisar el estado de conexión del puerto serial en la cual aparecerá un mensaje que valide o no la conexión.
- Para poder controlar el ángulo de movimiento de los servomotores los mismos que manejan las superficies de control de vuelo de la aeronave es necesario verificar que los niveles de voltaje que presenta la pantalla de la PowerBox sean de 5.5 a 6 voltios.

RECOMENDACIONES

- Verificar que las baterías que alimentan al Micropiloto, PowerBox tenga un nivel de voltaje de 12 voltios y 6 voltios respectivamente esta verificación se puede realizar con un multímetro de no ser estos voltajes se debe remplazar para que estos equipos funcionen correctamente.
- Comprobar que los niveles de voltaje de las baterías que alimentan a los radios módem sean de 12 voltios con un multímetro, para asegurar su correcto funcionamiento.
- Antes de desconectar el cable USB-Serial del puerto USB del computador se debe cerrar el puerto desde la interfaz lo que permitirá una desconexión segura del dispositivo .

RECOMENDACIONES

- Para determinar el estado de funcionamiento de las superficies de control de vuelo de la aeronave se debe verificar si el servomotor que controla estas superficies opera dentro de todo su rango de operación.
- Realizar la comprobación de los servos de manera ordenada primero realizar el Test1 con los sliders y luego el Test 2 con los botones para evitar cambios bruscos en los movimientos de los ángulos del servomotor.

TRABAJOS FUTUROS

A continuación se presentan algunos trabajos futuros que pueden desarrollarse como resultado de esta investigación o que, por exceder el alcance de esta tesis, no han podido ser tratados con la suficiente profundidad. Además, se sugieren algunos desarrollos específicos para apoyar y mejorar la investigación.

Entre los posibles trabajos futuros se destacan a continuación:

- Monitoreó y representación gráfica de la trayectoria de vuelo de la aeronave con la implementación de antenas de alta ganancia empleando este proyecto desarrollado.
- Control de la aeronave en vuelo en base al trabajo desarrollado.

GRACIAS POR
SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA