



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN SOFTWARE**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN SOFTWARE**

**AUTORES: ALEX ISRAEL CAMPAÑA GUZMÁN**

**GUILLERMO SANTIAGO ESCOBAR BONILLA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN  
MÓVIL QUE CUMPLA LA FUNCIÓN DE ESTACIÓN EN TIERRA  
PARA EL MONITOREO DE UAV'S EN EL CENTRO DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA  
ECUATORIANA**

**DIRECTOR: ING. MONTALUISA, JAVIER**

**CODIRECTOR: ING. RIVAS, DAVID**

**LATACUNGA, ABRIL 2014**

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE****CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE****CERTIFICADO**

ING. JAVIER MONTALUISA (DIRECTOR)

ING. DAVID RIVAS (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE CUMPLA LA FUNCIÓN DE ESTACIÓN EN TIERRA PARA EL MONITOREO DE UAV’S EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA” realizado por los señores: Alex Campaña Guzmán y Guillermo Escobar Bonilla, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, se recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: Alex Campaña Guzmán y Guillermo Escobar Bonilla que lo entregue al Ing. Javier Montaluisa, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, 30 de Enero del 2014.

ING. JAVIER MONTALUISA  
DIRECTOR

ING. DAVID RIVAS  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS, ALEX ISRAEL CAMPAÑA GUZMÁN  
GUILLERMO SANTIAGO ESCOBAR BONILLA

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE CUMPLA LA FUNCIÓN DE ESTACIÓN EN TIERRA PARA EL MONITOREO DE UAV’S EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 30 de Enero del 2014.

Alex Campaña Guzmán  
Ci: 180326401-7

Guillermo Escobar Bonilla  
Ci: 020137405-5

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE**

## **AUTORIZACIÓN**

**NOSOTROS, ALEX ISRAEL CAMPAÑA GUZMÁN**

**GUILLERMO SANTIAGO ESCOBAR BONILLA**

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE CUMPLA LA FUNCIÓN DE ESTACIÓN EN TIERRA PARA EL MONITOREO DE UAV’S EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA A”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 30 de Enero del 2014.

Alex Campaña Guzmán  
CI: 180326401-7

Guillermo Escobar Bonilla  
CI: 020137405-5

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: Alex Israel Campaña Guzmán y Guillermo Santiago Escobar Bonilla bajo nuestra supervisión.

---

ING. JAVIER MONTALUISA

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

ING. DAVID RIVAS

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

---

ING. LUIS GUERRA

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

DR. RODRIGO VACA

**SECRETARIO**

## DEDICATORIA

El éxito en la vida consiste en seguir siempre adelante, el esfuerzo puesto en este gran paso en mi vida le dedico a mis padres, pilares fundamentales en mi vida por estar a cada paso conmigo a especialmente cuando me equivoco, cuidándome, apoyándome y brindándome la fortaleza para continuar, a mi familia que nunca dejaron de creer en mí, a Cristina ya que cada día me alentaba a no rendirme, muchas gracias a todos los quiero mucho.

Alex

Dicen que si se desea llegar lejos hay que hacerlo acompañado, por eso con todo mi cariño y amor se lo dedico a mis padres por ser las personas que hicieron todo en la vida porque yo pudiera lograr mis sueños, por ser mi inspiración y aliento en cada paso que doy, mi padre por su ejemplo de tesón y trabajo, mi madre por su infinito amor y por darme todo en la vida a mis hermanas y familia incluido mis angelitos del cielo que siempre han velado por mí, a Monse por tu paciencia y comprensión. A todos gracias por estar siempre a mi lado.

Guillermo

## AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios por darnos la fuerza y valor para concretar esta tesis que nos parecía imposible de lograr, a los docentes de la carrera que se convirtieron en verdaderos amigos al transmitirnos sus enseñanzas, al personal militar y civil del CIDFAE que auspició esta tesis por confiar en nosotros y brindarnos su apoyo, al Ing. Javier Montaluisa y el Ing. David Rivas por su apoyo incondicional y amistad desde los inicios de la carrera y por guiarnos con sus enseñanzas en el desarrollo de esta tesis.

A Dios por darme la vida y por permitir que pueda compartir con mi familia los triunfos de mi carrera, a mis padres papi Caluca y mami Rosy por tanta paciencia y comprensión que han tenido conmigo, han sabido guiarme de la mejor manera para llegar hasta donde me encuentro. A mis profesores los que a través de su conocimiento he podido realizar este proyecto. A mi compañero de tesis Guillermo por darme la confianza y la oportunidad de cumplir una meta y cumpliendo todas nuestras expectativas. Y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió me ha preparado para un futuro competitivo y formándonos buenos profesionales.

Alex

A más de la mención del inicio, personalmente quiero agradecer al COED-FAE por darme la oportunidad de superarme, y hoy alcanzar esta meta, a Alex mi compañero de tesis por poder llegar ser más que un compañero un amigo, lo cual se ve plasmado al finalizar este proyecto

Guillermo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICADO .....</b>	<b>i</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1      Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2      Planteamiento del Problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3      Antecedentes .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4      Objetivo General.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5      Objetivo Especifico .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6      Justificación e Importancia.....</b>	<b>3</b>
<b>1.7      Hipótesis .....</b>	<b>4</b>
<b>1.8      Variables de la Investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1      Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2      Sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados UAS .....</b>	<b>5</b>
2.2.1.    Historia:.....	6
2.2.2.    Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) .....	9
2.2.3.    Operación de un UAV.....	10
2.2.4.    Plataforma de Vuelo: .....	11



2.2.5.	Sistema de Control de Vuelo.....	13
2.2.6.	Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) o SHELTER .....	15
2.2.7.	Carga Útil.....	16
2.2.8.	Viabilidad Legal: Regulaciones Aplicables a los UAV'S .....	17
<b>2.3</b>	<b>Comunicaciones Inalámbricas .....</b>	<b>19</b>
2.3.1.	Tipos de Redes Inalámbricas.....	20
2.3.2.	Redes inalámbricas WLAN.....	21
2.3.3.	Protocolos de comunicación inalámbrica .....	24
<b>2.4</b>	<b>Sistema Operativo Android.....</b>	<b>29</b>
2.4.1.	Introducción.....	29
2.4.2.	Que es Android.....	31
2.4.3.	Arquitectura de Android.....	31
2.4.4.	Versiones de Android .....	36
<b>2.5</b>	<b>Metodología Mobile-D .....</b>	<b>39</b>
2.5.1.	Motivación .....	40
2.5.2.	Principios Básicos .....	40
2.5.3.	Fases:.....	41
2.5.4.	Enfoque Pragmático .....	43
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Exploración.....</b>	<b>44</b>
3.1.1.	Establecimiento de Stakeholders .....	44
3.1.2.	Establecimiento del Proyecto .....	44
3.1.2.1.	Análisis sobre requisitos del sistema: .....	45
<b>3.2</b>	<b>Inicialización .....</b>	<b>45</b>
3.2.1.	Requerimientos iniciales .....	46
3.2.2.	Planificación Inicial.....	46
3.2.3.	Análisis de requerimientos iniciales .....	47
<b>3.3.</b>	<b>Diseño del sistema .....</b>	<b>54</b>
3.3.1.	Descripción de la interfaz de usuario .....	54
<b>3.4</b>	<b>Producción y Estabilización .....</b>	<b>58</b>

3.4.1.	Día de Planificación .....	58
3.4.2.	Día de trabajo .....	59
3.4.3.	Día de liberación.....	60
<b>CAPITULO 4 .....</b>		<b>61</b>
<b>PRUEBA Y REPARACIÓN DEL SISTEMA.....</b>		<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Plan de Pruebas.....</b>	<b>61</b>
4.1.1	Pruebas Unitarias.....	61
4.1.2	Pruebas de Aceptación .....	62
4.1.3	Pruebas de Tiempo de Carga .....	62
4.1.4	Resultados de las Pruebas por iteración.....	63
<b>CAPITULO 5 .....</b>		<b>66</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>66</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>66</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>68</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los UAV por sus capacidades de vuelo (fuente AUVSI).....	13
Tabla 2 Tipos de redes inalámbricas .....	20
Tabla 3 Comparativa entre Bluetooth y ZigBee.....	27
Tabla 4 Requerimientos iniciales .....	47
Tabla 5 Planificación de fases .....	51
Tabla 6 Menú principal.....	55
Tabla 7 Menú de conexión.....	56
Tabla 8 Menú selección de mapas .....	57
Tabla 9 Pantalla principal.....	58
Tabla 10 Resultados Iteración 1 .....	63
Tabla 11 Resultados Iteración 2 .....	63
Tabla 12 Resultados Iteración 3 .....	63
Tabla 13 Resultados Iteración 4 .....	64
Tabla 14 Resultados Iteración 5 .....	64
Tabla 15 Resultados Iteración 4 .....	64
Tabla 16 Resultados Iteración 7 .....	64
Tabla 17 Resultados Iteración 8 .....	65
Tabla 18 Resultados Iteración 9 .....	65
Tabla 19 Historia de Usuario 1.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 20 Historia de Usuario 2.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 21 Historia de Usuario 3.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 22 Historia de Usuario 4.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 23 Historia de Usuario 5.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 24 Historia de Usuario 6.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 25 Historia de Usuario 7.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 26 Historia de Usuario 8.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 27 Pila del producto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 28 Plan de iteraciones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Avión Curtis N-9.....	6
Figura 2 AQM-60 .....	7
Figura 3 UAV Scout .....	8
Figura 4 RPV "Cotopaxi" .....	9
Figura 5 UAV Herón .....	10
Figura 6 Descripción plataforma UAV .....	14
Figura 7 Estaciones de mando y control en tierra .....	14
Figura 8 Shelter montado en vehículo de combate Hummer .....	16
Figura 9 Representación de BSS.....	22
Figura 10 Representa los ESS.....	22
Figura 11 Red Ad-hoc.....	23
Figura 12 Red tipo celular.....	24
Figura 13 Kernel de Linux.....	32
Figura 14 Librerías y ejecución .....	33
Figura 15 Estructura de las aplicaciones .....	33
Figura 16 Aplicaciones básicas.....	34
Figura 17 Fases y etapas de Mobile-D .....	41
Figura 18 Diseño del sistema.....	54
Figura 19 Pantalla menú principal.....	55
Figura 20 Pantalla menú de conexión.....	56
Figura 21 Pantalla menú selección de mapas 1.....	57
Figura 22 Pantalla menú selección de mapas 2.....	57
Figura 23 Pantalla principal .....	58
Figura 19 Pantalla menú principal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 20 Pantalla menú de conexión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 21 Pantalla menú selección de mapas 1.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 22 Pantalla menú selección de mapas 2.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 23 Pantalla principal .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## RESUMEN

El presente proyecto desarrollado para el monitoreo de vehículos aéreos no tripulados UAV'S de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE), se lo ha llevado a cabo en el Centro de Investigación y Desarrollo FAE ubicado en la ciudad de Ambato. Nació de reducir los costos de operación en el monitoreo de zonas de difícil acceso y principalmente, de no exponer a seres humanos a situaciones riesgosas innecesarias. Con la certeza de que en el Ecuador se puede diseñar y construir íntegramente este tipo de aeronaves, el presente proyecto propone como complemento, la implementación de una aplicación móvil que cumpla con las funciones de una estación en tierra para el monitoreo de vehículos aéreos no tripulados, integrando en está las mismas funcionalidades que se incluyen en la estación de tierra principal (Shelter). Para el desarrollo de la aplicación se siguió lo establecido en la metodología Mobile-D, cuyo objetivo es conseguir ciclos de desarrollo muy rápidos en tiempos muy pequeños. Adicional este proyecto se basa en las tecnologías inalámbricas para la transmisión de datos, las mismas que serán transmitidas por el UAV a la estación base (Shelter) o al dispositivo móvil directamente. Una vez acabada todas las fases, se obtendrá una aplicación funcional y entregable al cliente, la cual sentara las bases para proyectos futuros.

**Palabras claves:** Vehículo aéreo no tripulado, Aplicaciones Móviles, Metodología Mobile-D, Tecnologías de comunicación inalámbrica.

## ABSTRACT

This project for monitoring the developed for monitoring unmanned aerial vehicle UAV of the Ecuadorian Air Force (FAE), it has carried out in the Center for Research and Development FAE has taken place in Ambato city. The main idea is to monitor critical access sites by reducing operational flight costs and avoiding putting people in danger in those areas. All of this is possible based on the fact that it is possible to design and to build entirely these types of aircraft in Ecuador. The project also includes the implementation of a tactical mobile station that needs to fulfill the functionalities of a ground control station for monitoring the UAV's. The station needs to integrate all the capabilities just like a regular ground control station. The mobile app for the development was established by following the Mobile-D methodology, which objective is to acquire fast development cycles with a small frequency. This project is also based on wireless mobile technology for data transmission, the same which will be transmitted through the UAV to the ground control station or directly to the tactical mobile station. Once all the phases completed there will be a functional app functional for the client, which will set the roots for future projects.

**Key Words:** Unmanned aerial vehicle or Drone, Mobile Applications, Mobile -D methodology, wireless communication technologies.

## **CAPÍTULO 1**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Introducción**

En el presente capítulo se describe la razón que motivo el presente trabajo de investigación, y el hecho de aplicar el desarrollo de software para cubrir la necesidad que tiene el cliente y satisfacerla.

#### **1.2 Planteamiento del Problema**

El Centro de Investigación de Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) es un centro de prototipado aeronáutico, cuya misión es “Desarrollar investigación científica y tecnológica aeroespacial, para mejorar la capacidad operativa de la Fuerza Aérea y contribuir a la producción científica, tecnológica y desarrollo nacional”<sup>1</sup>.

Siguiendo esta línea es como se está fundamentado el presente proyecto de investigación, ya que además de mostrar la forma en que pueden diversificarse las funcionalidades de estos dispositivos móviles se plantea la utilización de estos como una aplicación en el campo de la aviación, principalmente en el desarrollo de UAV<sup>2</sup>, brindando mayores funcionalidades y usos.

El proyecto consiste en la optimización de la manera en cómo se realiza el monitoreo de los UAV en vista que para poder conocer la situación de la nave en el aire, la ruta que está siguiendo y la información que se transmite en tiempo real, se emplea un shelter<sup>3</sup> de comunicaciones que es un camión desde el cual se realizan todas estas acciones en las diferentes consolas que lo

---

<sup>1</sup>Misión del CIDFAE, establecida en el Plan Estratégico de la FAE

<sup>2</sup> UAV: vehículo aéreo no tripulado, ver Cap. 2

<sup>3</sup>Shelter: Estructura que provee protección y encubrimiento a los equipos de diversos tipos, ver Cap. 2

componen: una de ellas se encarga del sistema de guiado, navegación y control, que supervisa la proyección del vuelo lo que permite asegurar la supervivencia de la nave y el cumplimiento de la misión en el aire, en otra consola se puede visualizar la carga útil del avión; es decir, su equipamiento y además está debe poseer un apuntador de antenas para mantener el enlace de recepción y transmisión de datos.

De allí, entonces nace la necesidad de desarrollar una aplicación móvil que integre todas las funcionalidades que se encuentran en el shelter y sirven para el monitoreo de los UAV, pudiendo acceder a las mismas desde una Tablet, lo cual optimiza la información en una sola consola y evita el uso de apuntadores de antenas, mejorando significativamente su movilidad haciendo fácil de transportar a cualquier lugar donde se la desee aplicar.

### **1.3 Antecedentes**

En la actualidad el acelerado avance de la tecnología ha hecho que los dispositivos móviles vayan aportando diferentes ventajas como medio de comunicación con accesos a varias redes, son más portables, poseen mayores recursos y además ahora es posible desarrollar aplicaciones a la medida, es decir, ajustándose a las necesidades de cada usuario y accediendo a las mismas desde estos dispositivos.

### **1.4 Objetivo General**

- Diseño e implementación de una aplicación móvil que cumpla la función de estación en tierra para el monitoreo de UAV'S en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, en el periodo ENE 2013-JUN 2013.



### **1.5 Objetivo Especifico**

- Recopilar, analizar y evaluar la información sobre el monitoreo en tierra de UAV'S, aplicaciones móviles y protocolos de comunicación inalámbrica.
- Realizar una aplicación móvil siguiendo la metodología Mobile-D que permita optimizar el monitoreo de UAV'S.
- Implementar la aplicación móvil.
- Validar los resultados de la implementación de la aplicación desarrollada y de la integración de la red de comunicaciones.

### **1.6 Justificación e Importancia**

El Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana para el monitoreo de sus UAV'S centra la información que se maneja en un shelter de comunicaciones mediante sistemas desarrollados adoptado técnicas y métodos diferentes acordes a la tecnología del momento como LABVIEW que no es considerado un lenguaje de programación, por tener una tasa de error considerable al trabajar con sistemas de tiempo real, además la adquisición de datos se lo realiza mediante apuntadores de antenas para mantener el enlace de comunicaciones. La estación en tierra para optimizar el monitoreo demanda de una aplicación desarrollada en un lenguaje de programación que procese la misma en tiempo real.

El cambio y evolución tecnológica, provoca la necesidad de desarrollar de manera eficaz y de fácil acceso la información sobre el monitoreo de los UAV'S en tiempo real contando con una aplicación móvil la cual brinde varias ventajas como son movilidad (Livianos, Transportables), conectividad (Inalámbrico, Colaborativo) y funcionalidad. Reduciendo el uso de equipos de comunicaciones como antenas, apuntadores, hardware y software, que son muy costosos en relación al integrar las mismas en una Tablet y usar como medio de comunicación las redes de operadoras móviles. Al integrar todas estas funcionalidades en una sola aplicación móvil puede ser aplicada en varios

campos civiles y militares, como por ejemplo para la gestión de riesgos, controles marítimos y terrestres, misiones militares, ya que se puede transportar de esta manera el UAV y la Tablet a cualquier zona geográfica donde se desee operarla.

El desarrollar una aplicación móvil que permita integrar todas estas ventajas para el monitoreo de UAV'S, es de gran ayuda a la comunidad ya que puede ser aplicada en varios campos tanto civiles como militares, como por ejemplo para la gestión de riesgos, controles marítimos y terrestres, misiones militares, ya que se puede transportar de esta manera el UAV y la Tablet a cualquier zona geográfica donde se desee operarla.

En nuestro país el desarrollo de software es escaso en el ámbito de aplicaciones móviles, por lo que es conveniente fomentar la investigación y desarrollo de esta área para aportar a la sociedad ecuatoriana dejando la dependencia extranjera en este campo.

## **1.7 Hipótesis**

Si se desarrolla una Aplicación Móvil que cumpla con la función de estación en tierra, entonces se optimiza el monitoreo de UAV'S en el CIDFAE.

## **1.8 Variables de la Investigación**

- Variable Independiente: Desarrollo de una Aplicación Móvil que cumpla con la función de estación en tierra.
- Variable Dependiente: Optimizar el monitoreo de UAV'S en el CIDFAE.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

Los proyectos de desarrollo de software se diferencian de los otros proyectos de ingeniería tradicional en la naturaleza lógica del producto software, dando como resultado un producto intangible. Recordemos que el software se desarrolla, no se fabrica en un sentido clásico.[1]

Por lo cual para poder desarrollar este trabajo de investigación, es necesario conocer el funcionamiento de los sistemas de vehículos aéreos no tripulados (UAS), así como sus componentes, tipos y aplicaciones, además se debe tener claro los medios de comunicación inalámbrica existentes, así como el entorno de desarrollo de aplicaciones móviles, para poderlos integrar de la mejor manera.

En este capítulo por las razones indicadas anteriormente se describirán de forma clara los conceptos y definiciones que nos ayudan a desarrollar este proyecto con éxito.

#### **2.2 Sistemas de Vehículos Aéreos no Tripulados UAS**

“El alto número de pilotos que han perecido durante misiones del tipo de rastreo de enemigos en la segunda guerra mundial ha alentado la idea de utilizar vehículos no tripulados. Algunos países han invertido grandes presupuestos en la investigación de UAV, principalmente Estados Unidos, Israel, algunos países de la Unión Europea y Japón. Durante la guerra de Vietnam, el ejército estadounidense utilizó UAV, para localizar plataformas de lanzamiento de misiles soviéticos. Con el desarrollo y miniaturización de las tecnologías, el interés en estos vehículos dentro de la armada estadounidense creció de manera considerable. Así, comenzaron a verse como dispositivos baratos que

ayudarían en combate, sin el riesgo de pérdidas humanas. Las primeras generaciones de UAV fueron hechas inicialmente para la supervisión y vigilancia, aunque algunos fueron equipados con armamento (como el MQ-1 Predator, el cual utilizaba misiles aire-tierra).<sup>4</sup>

### 2.2.1. Historia:

Desde los inicios de la aviación el hombre tuvo la idea de eliminar el puesto de piloto, pero no fue hasta 1917 cuando Peter Cooper y Elmer A. Sperry crean un estabilizador giroscópico, mismo que consiguió radio controlar una aeronave no tripulada Curtiss N-9 de la US Navy dirigiéndola en vuelo recto y nivelado por más de 50 millas.

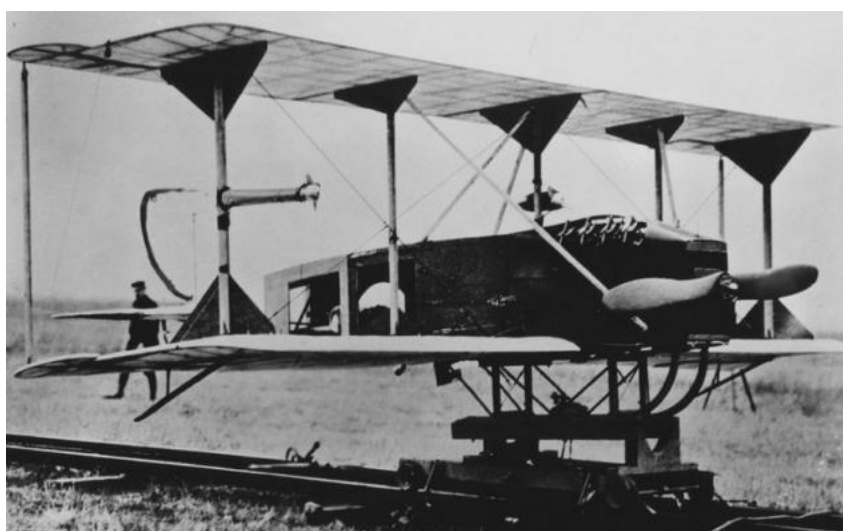


Figura 1 Avión Curtiss N-9<sup>5</sup>

Desde este inicio prácticamente no existieron hitos importantes en el desarrollo de la aeronáutica militar, dando un salto desde la Segunda Guerra Mundial ya que aquí se aplicaron aeronaves armadas y guiada por sistemas de televisión

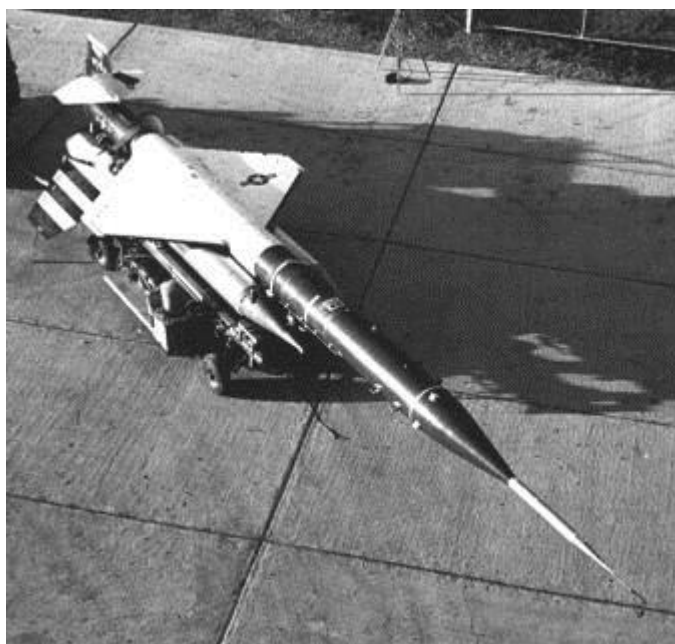
---

<sup>4</sup> ESCAMILLA Núñez, Rafael. Diseño, Construcción, Instrumentación y Control de un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV). Tesis (Ingeniero e Automatización y Control), México DF, México, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2010. 4 p.

<sup>5</sup>San Diego Air & Museum Archivos Espacio/Flickr

que eran conducidas sin piloto en su fase final de aproximación al objetivo, siendo el UAV que sobresalió en ese tiempo el BQ-7<sup>6</sup>, que se lo utilizo para bombardear las fábricas de misiles alemanes en Francia.

La USAF <sup>7</sup> en el año de 1960 inicio el programa denominado AQM-34<sup>8</sup>RyanFirebee o Lightning Bug el cual conto con diferentes versiones de desarrollo que, a diferencia de sus predecesores, fueron diseñados desde su inicio como aviones sin piloto para ser lanzados desde una aeronave, en misiones de reconocimiento fotográfico.



**Figura 2 AQM-60**

Tal fue el éxito del proyecto AQM-34, que impulso a Israel a adquirir 12 aeronaves de este tipo en los años 70, los mismos que fueron utilizados en la guerra de YomKippur. Dando así a Israel excelentes resultados lo que provoco que este país empiece desarrollar estos vehículos aéreos llegando a disponer así de innovación que le sirvió de gran apoyo en los diferentes conflictos que

---

<sup>6</sup>Forum, UAVsfrom 1849-2000s, Recuperado de

<<http://www.abovetopsecret.com/forum/thread981255/pg1>>

<sup>7</sup>USAF, Fuerza Aérea de los Estados Unidos de Norteamérica

<sup>8</sup>Forum, UAVsfrom 1849-2000s, Recuperado de

<<http://www.abovetopsecret.com/forum/thread981255/pg1>>

afronto con los países árabes de su entorno. En 1978 la IAI<sup>9</sup> desarrolló el Scout, el cual era un vehículo aéreo no tripulado de pequeño tamaño y baja firma radar, capaz de transmitir imágenes en tiempo real gracias a su cámara de televisión de 360° de campo de visión, ubicada en una torreta central giratoria. Su utilidad se puso de manifiesto en 1982, durante el conflicto del Valle de la Bekaa entre Israel, Líbano y Siria, en el que Israel utilizó su flota de Scouts (entonces denominado genéricamente como RPV-RemotlyPilotedVehicle), para activar los radares sirios, permitiendo así que fueran objetivos de los misiles antirradar de los cazabombarderos israelitas.



**Figura 3 UAV Scout<sup>10</sup>**

Desde la década de los 80, varias naciones han visto que la aplicación de estos sistemas son de gran ayuda en el ámbito militar reduciendo el riesgo de exponer personas a posibles amenazas enemigas, pero fue en la década de los 90 en donde se pudo observar toda su explotación y aplicación ya que en los diferentes conflictos sucedidos demostraron las enormes posibilidades de los UAS en misiones de vigilancia y reconocimiento, provocando un mayor interés de las administraciones militares en estos sistemas.

---

<sup>9</sup> IAI (Israel Aircraft Industries) empresa israelí de desarrollo aeronáutico

<sup>10</sup> Forum, UAVs from 1849-2000s, Recuperado de  
<<http://www.abovetopsecret.com/forum/thread981255/pg1>>

En el Ecuador, en el año de 1997 el CIDFAE se encontraba en la ciudad de Latacunga situado en la Base Aérea Cotopaxi, en donde inicio el proyecto Rayo, en el cual se construyó el RPV<sup>11</sup> "Cotopaxi", el cual fue guiado desde una estación en tierra a inicios del año 2000, convirtiéndose en el primer avión no tripulado en Latinoamérica.[2]



**Figura 4 RPV "Cotopaxi"**

Hoy en día el país que más aplicaciones y mayor número de UAV'S tiene operativos es EE.UU, es de suponer que a medida que la potencia de los sistemas de abordaje vaya en aumento, las funciones que realizarán estas aeronaves tanto en el campo militar como el civil, también crezca.[3]

### **2.2.2. Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV)**

“Un UAV es un vehículo aéreo, con motor, que no lleva a bordo un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para elevarse, puede volar autónomamente o ser pilotado por control remoto, puede ser recuperado o ser desechable, y puede llevar una carga de pago letal o no letal”<sup>12</sup>

A diferencia de las aeronaves convencionales estas son mucho más maniobrables y sus costos de explotación son inferiores, además se evita el

---

<sup>11</sup>RPV (RemotePilotedVehicle), aviones dirigidos remotamente

<sup>12</sup>M. Fernando, 4 de abril 2010. Recuperado de <Ateneadigital.es>

riesgo de seres humanos en entornos hostiles, en condiciones de vuelo con escasa visibilidad o, en general, con condiciones climatológicas adversas.[4]

Los UAV son vehículos controlados autónomamente o desde tierra utilizando planes de vuelo programados.



**Figura 5 UAV Herón**

### **2.2.3. Operación de un UAV**

La operación de un UAV, precisa siempre tener una EMCT (Estación de Mando y Control en Tierra), que por lo menos realice el monitoreo y supervisión de la misión que está realizando la aeronave. Teniendo así dividido el sistema UAS en dos segmentos denominados habitualmente segmento tierra y segmento aire, unidos mediante diferentes sistemas de comunicaciones, por lo cual para su operación está compuesto de:

- Segmento aéreo: integrado por la plataforma aérea, su carga útil y la parte del sistema de comunicaciones que transporta.



- **Segmento terreno:** incluye el sistema de control de la plataforma aérea, y los equipos de comunicaciones que permiten recibir la información obtenida por los sensores.

Así, funciones como la definición de la misión y la supervisión del desarrollo de esta, deben ser llevadas a cabo necesariamente en el segmento tierra, mientras que la adquisición de la información asociada a la misión y buena parte de los sensores que permiten conocer la actitud y posición del vehículo, corresponde a la instrumentación embarcada en el segmento aire.

Por lo tanto, las funcionalidades que se realizan en cada uno de los segmentos puedan variar, dependiendo, fundamentalmente, del tipo de comunicación y del grado de autonomía que tenga el vehículo para la misión concreta.[5]

#### **2.2.4. Plataforma de Vuelo:**

Según el tipo de control del UAV, éstos se clasifican en:

- **Autónomo:** Modo de control del UAV en donde la aeronave realiza su misión dentro del ámbito programado, con sólo el monitoreo desde tierra. El modo de control incluye la operación automática completa, funciones autónomas como el despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, y demás operaciones inteligentes.
- **Semi-autónomo:** Modo de control de un UAV donde el operador en tierra realiza cambios y conduce la misión a través de una interfaz de administración del vuelo. Sin esta información el UAV realizará operaciones automáticas pre-programadas. Puede o no incluir algunas funciones completamente autónomas (despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, etc.).
- **Remoto:** La totalidad del control del vehículo se realiza remotamente.

Según la altitud y autonomía del UAV, éstos se dividen en:

- **Baja altitud,** autonomía alta.

- **Altitud media**, autonomía alta. (MALE)
- **Alta altitud**, autonomía alta. (HALE)

Según el tamaño y peso del UAV, éstos se dividen en:

- **Micro UAV**. Tampoco existe una definición estándar, pero el peso de los UAV`S denominados bajo el adjetivo micro suelen tener un peso inferior a 1Kg.
- **Mini UAV**. Sin existir una definición estándar, los UAV`S del mercado denominados mini UAV tienen un peso entre 1-20Kg.

Según el uso y el diseño del UAV, éstos se clasifican en:

- **Blanco**: simula un avión o un misil del enemigo.
- **Reconocimiento**: abastece inteligencia en el campo de batalla.
- **Combate**: proporciona capacidad de ataque en misiones de riesgo elevado.
- **Investigación y desarrollo**: desarrolla tecnología.
- **Civil y comercial**: aeronaves destinadas a realizar aplicaciones civiles y ser comercializados.

**Tabla 1 Clasificación de los UAV por sus capacidades de vuelo (fuente AUVSI)<sup>13</sup>**

Categoría	Acrónimo	Alcance (km)	Altitud de vuelo (m)	Autonomía (horas)	Carga máxima en despegue (kg)	Tipo de aeronave
Micro	μ(Micro)	< 10	250	1	< 5	H,A,otros
Mini	Mini	< 10	150 300	< 2	< 30	H,A, P, Otros
Alcance cercano	CR	10 a 30	3.000	2 a 4	150	H,A,P,Otros
Alcance corto	SR	30 a 70	3.000	3 a 6	200	A,Otros
Alcance medio	MR	70 a 200	5.000	6 a 10	1.250	A, Otros
Altitud baja Penetración profunda	LADP	> 250	50 9.000	0,5 a 1	350	A
Autonomía media	MRE	> 500	8.000	10 a 18	1.250	A,H
Autonomía alta Altitud baja	LALE	> 500	3.000	> 24	< 30	A
Autonomía alta Altitud media	MALE	> 500	14.000	24 a 48	1.500	A,H
Autonomía alta Altitud alta	HALE	> 2000	20.000	24 a 48	12.000	A
Combate	UCAV	aprox. 1500	10.000	aprox. 2	10.000	H,A
Ofensivo	LETH	300	4.000	3 a 4	250	A
Señuelo	DEC	0 a 500	5.000	< 4	250	A,H
Estratosférico	STRATO	> 2000	Entre 20.000 y 30.000	> 48	ND (no disponible)	A
Exo-estratosférico	EXO	ND	> 30.000	ND	ND	A

### 2.2.5. Sistema de Control de Vuelo

Al inicio los UAV se pilotaban mediante control remoto pero a medida que la tecnología de comunicaciones y alcances de éstos se aumentaban, se desarrolló un método más práctico, el Sistema de Control de Vuelo o Piloto Automático siendo este su principal requerimiento para volar el UAV. Suele ser un enlace de comunicaciones radio bidireccional y/o un ordenador a bordo, conectado a un sistema inercial y un GPS, capaz de realizar la navegación.

<sup>13</sup>A. Barreiros, *Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones*, Universidad Politécnica de Madrid, 2007

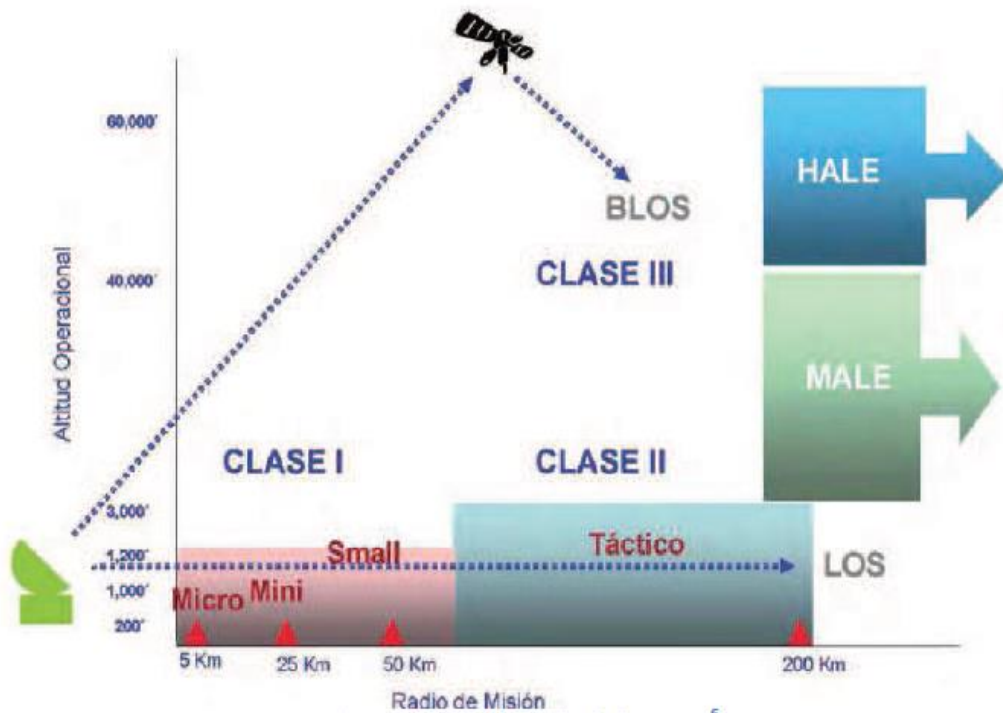


Figura 6 Descripción plataforma UAV<sup>14</sup>



Figura 7 Estaciones de mando y control en tierra

Hasta mediados de los años 90, los sensores para implementar el **piloto automático** de los UAV eran grandes y caros. Se utilizaban dos tipos de sensores para mantener el avión controlado (horizonte artificial):

- Giroscopios mecánicos
- Medidores de velocidad

<sup>14</sup>Sistema de Observación y prospectiva tecnológica, UAS "Unmanned Aircraft System". Sobre su integración en el espacio aéreo no segregado, Madrid: Ministerio de defensa, 2009

A partir de entonces, apareció un tipo de sensores miniaturizado (MEMS, Micro Electro MechanicalSensors), fabricados con la misma tecnología con la que se fabrican los chips y con capacidades similares a los giroscopios mecánicos y medidores de velocidad. Los sensores MEMS tienen un tamaño milimétrico, están dotados de muy alta fiabilidad y tienen un costo reducido. De este modo, mediante sensores tipo MEMS se han podido diseñar e implementar pilotos automáticos de dimensiones reducidas.

### **2.2.6. Estación de Mando y Control en Tierra (EMCT) o SHELTER**

Las estaciones de mando y control en tierra son un conjunto de software que se ejecuta para tener el monitoreo y control del UAV en tiempo real, desde tierra utilizando telemetría inalámbrica, en donde la información obtenida es la de los diferentes sensores instalados en la aeronave, que sirven para tener un control exhaustivo de la misma. Tendrá diversidad de frecuencias para asegurar la disponibilidad de la telemetría, además este recoge una serie de información telemétrica para conocer paramétricamente el estado del avión en todo momento.[6]

Las estaciones de mando y control pueden ser terrestres (GSC, *Ground Control Station*), marítimas (SCS, *Seal Control Station*), o aéreas (ACS, *Airbone Control Station*), dependiendo de dónde se la establezca para su operación, ya que esta corresponde al lugar donde se coordina y opera la misión, procesando toda la información recibida.



**Figura 8 Shelter montado en vehículo de combate Hummer**

### **2.2.7. Carga Útil**

La carga útil que llevan embarcados los UAV consiste en los medios y equipos necesarios para llevar a cabo la misión. La carga útil puede ser controlada por el piloto automático (misión completamente programada) o por el operador de tierra.

#### **2.2.6.1. Sensores**

El tipo de sensores requeridos depende básicamente del UAV y de su misión, como regla general, la mayoría de las plataformas llevan tres tipos de sensores; Electro-ópticos (EO), Infrarrojos (IR) y Radar de Apertura Sintética (SAR).

### **2.2.6.2. Sistema de Comunicaciones**

Las comunicaciones se utilizan básicamente para la transmisión y recepción de datos:

- Entre la plataforma de vuelo y la estación de control, formando un enlace de *telemetría*.
- Entre la plataforma de vuelo y la estación de monitorización de imágenes, formando un enlace de *datos*.

### **2.2.6.3. Enlace de telemetría**

Se utiliza el sistema de comunicaciones inalámbrico que posee en CIDFAE para mantener la comunicación con el UAV es a través de radios de banda de 900 MHz digital para mantener el control de la cámara, y operando para la transmisión de video en tiempo real la banda de 1.7 GHz la cual es análoga.

### **2.2.6.4. Enlace de datos**

El enlace de telemetría por lo general se lo utiliza en el protocolo de radio inalámbrico de 400 MHz, para mantener el enlace con el autopiloto, que opera en la banda UHF a 2.4 GHz digital. No requiere licencia para su utilización.

La velocidad de transmisión es variable en función de las especificaciones, siendo el rango operativo de 11-54 Mbps. El alcance varía en función de la potencia de transmisión y el medio de propagación, llegando a ser 50 km. Mediante enlaces punto a punto.

### **2.2.8. Viabilidad Legal: Regulaciones Aplicables a los UAV'S**

Se describe el estado actual a nivel mundial, de las regulaciones aplicables a los UAV'S, identificando las autoridades responsables y los puntos destacables en la certificación y operatividad del sistema.

### **2.2.7.1. Análisis Mundial del Estado de las Regulaciones Aplicables a los UAV'S**

Actualmente existen tres países en el mundo, Australia, EUA y Reino Unido, que integran el concepto de UAV en las regulaciones descritas por las autoridades encargadas de la aviación civil.

En los UAV'S de la Civil Aviation Safety Regulations 1998 – Australiana se clasifican los UAV'S entre grandes y pequeños y micro UAV como Remotely Piloted Vehicles y están considerados como una excepción a los misiles en la Commerce Control List de la AAF. Se considera que legalmente, si operan entre los 60,000 y 65,000 pies de altura, les sería de aplicación íntegra las leyes generales de aviación.

En temas de certificación, según la Federal Aviation Regulations de los Estados Unidos los UAV'S deberán ser acreditados como alumno piloto, piloto privado, piloto comercial o bien, piloto de transporte de líneas aéreas.

En el Reino Unido, la actividad de los UAV'S está acogida dentro del espacio aéreo segregado, no obstante en los próximos años el Ministerio de Defensa MOD, del Reino Unido procurara incrementar las capacidades de este sector.

Existen algunos UAV'S de uso civil, de bajo peso (<100 Kg.), que actualmente son permitidos volar sobre el espacio aéreo segregado fuera del Reino Unido pero únicamente bajo excepción específica de la Autoridad de Aviación Civil CAA (Civil Aviation Authority), y son generalmente vuelos mediante visión directa del operador o controlador del UAV y por debajo de los 400 pies de altura.

La operación de los UAV'S dentro del espacio aéreo segregado, en el campo militar y civil, se encuentra en un estado crítico debido al bajo desarrollo en la técnica de detectar y evitar "sense and avoid". Actualmente la norma de la CAA debería ser, en principio, "equivalente" a la existente regulación de aeronaves tripuladas, por lo tanto se debería maniobrar en concordancia con el reglamento



de uso del espacio aéreo (Rules of The Air in a Manner) del ICAO (International Civil Aviation Organization).

Por otro lado existe una iniciativa a nivel mundial, USICO (UAV Safety Issues for Civil Operations EU Research Project), cuyo objetivo es el estudio de dos cuestiones clave: la certificación de la navegabilidad encargada de la fiabilidad en el diseño del UAV y las reglas operacionales que aseguran que el UAV pueda funcionar en el espacio aéreo compartido.[3]

En el caso del Ecuador no está regulado como tal el permiso de uso de los vehículos aéreos no tripulados (UAV) según la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

### **2.3 Comunicaciones Inalámbricas**

Las comunicaciones inalámbricas como su nombre lo indica son un tipo de comunicación en las que no es necesario el uso de medios físicos como cables para su interconexión. La comunicación se la realiza por medio de modulación de las ondas electromagnéticas.

Las redes inalámbricas son redes cuyos medios físicos no son cables de cobre de ningún tipo, lo que las diferencia de las redes anteriores. Están basadas en la transmisión de datos mediante ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.[7]

### 2.3.1. Tipos de Redes Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas se las puede clasificar de varias formas, dependiendo de para lo que se requiera, en este caso vamos a revisar la clasificación de acuerdo a su alcance.[8]

Alcance de una red, suele llamarse a la distancia máxima a la que pueden situarse las dos partes de la comunicación, emisor-receptor.

Tabla 2 Tipos de redes inalámbricas<sup>15</sup>

<b>WPAN</b> <b>&lt; 10 metros</b>	<b>WLAN</b> <b>Edificio-Barrio</b>	<b>WMAN</b> <b>Ciudad</b>	<b>CELULAR</b> <b>Región global</b>
Bluetooth	WiFi	LMDS	2.5 G
ZigBee	HomeRF	MMDS	3 G
IrDA	HiperLAN	WiMax	4G

- **WPAN** (Wireless Personal Area Network): Las redes inalámbricas de área personal cubren distancias inferiores a los 10 [metros]. Se enfocan principalmente para interconectar los dispositivos de un usuario como por ejemplo la computadora a una impresora por medio de Bluetooth.
- **WLAN** (Wireless Local Area Network): Las redes inalámbricas de área local cubren distancias de unos cientos de metros. Se enfocan principalmente para crear un entorno de red local entre computadoras o terminales situados en un mismo edificio o en conjuntos de edificios. En este caso se emplean redes del tipo WiFi. O HomeRF.
- **WMAN** (Wireless Metropolitan Area Network): Las redes inalámbricas de área metropolitana pretenden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano. Los protocolos LMDS (Local Multipoint Distribution Service) “Servicio local de distribución multipunto”, o WiMax (Worldwide

<sup>15</sup>O. Duran, Geolocalización usando tecnología wifi (Wireless Fidelity), México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.

Interoperability for Microwave Access) “Interoperabilidad mundial para accesos de microondas” ofrecen soluciones de este tipo.

- **Celular:** Las redes globales o celulares tienen la posibilidad de cubrir toda una región (país o grupo de países). Estas redes se basan en la tecnología celular como el caso de las redes 2.5 G y 3 G.

### 2.3.2. Redes inalámbricas WLAN

“Las redes inalámbricas son un sistema flexible de comunicaciones implementado como una extensión o alternativa de las redes de área local LAN’S. Este sistema de comunicaciones transmite y recibe información por vía aérea basándose en tecnologías de radio frecuencias (RF) y de ondas infrarrojas electromagnéticas (IR), minimizando así la necesidad de las conexiones mediante cables, proporcionando mayor movilidad al usuario aunque por otro lado este tipo de redes son más susceptibles a ataques dadas las vulnerabilidades del Internet”.<sup>16</sup>

La comunicación en este tipo de redes se la realiza mediante un transmisor llamado Punto de Acceso (Access Point “AP”), el cual recibe la información a transmitir por medio de un cable Ethernet hacia otra red fija que puede ser la que proveen los servicios de telecomunicaciones de cualquier compañía dedicada a eso. Los usuarios para conectarse a las redes inalámbricas simplemente cuentan con un adaptado o tarjeta de red inalámbrica la cual les facilita la conexión. [8]

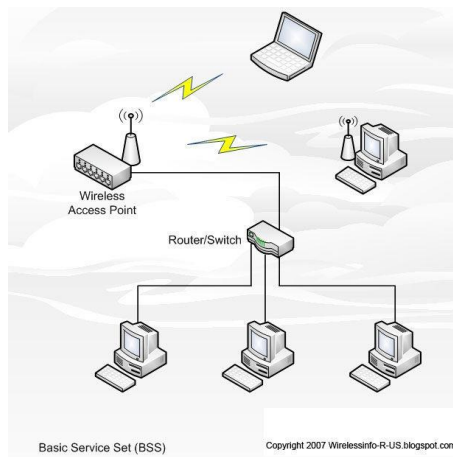
#### 2.3.2.1. Arquitectura de una red Inalámbrica

La arquitectura de esta red se basa en la división de celdas llamadasBBS (Basic Service Set), las cuales son zonas de cobertura que cuentan con una

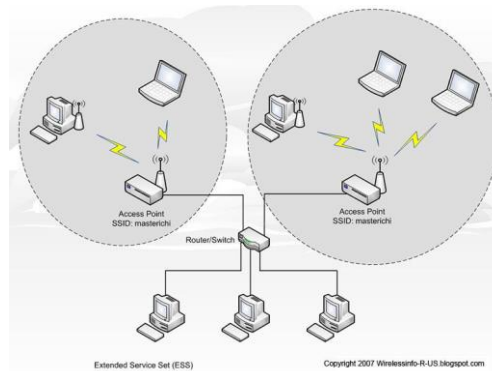
---

<sup>16</sup> Comunicaciones Inalámbricas “Un enfoque aplicado”. Roldan Martínez, David Alfaomega, Ra-Ma, 2005

estación base o punto de acceso. La comunicación de los dispositivos de los BBS se lleva a cabo mediante la conexión al sistema troncal de distribución de los puntos de acceso. Estos se ordenan en segmentos de forma jerárquica formando así los ESS (Extended Service Set).<sup>17</sup>[9]



**Figura 9 Representación de BSS**



**Figura 10 Representa los ESS**

<sup>17</sup>Wi-Fi, Instalación, Seguridad y Aplicaciones, Carballar, José, Alfaomega, Ra-Ma, 2007

### 2.3.2.2. Topologías

Dentro de las topologías encontramos dos diferentes configuraciones, en base a si se utilizan puntos de acceso o no. Y son las siguientes:[8][9]

- **Red Ad-Hoc:** También conocida como P2P (Peer to Peer), es una red en la que los terminales móviles se comunican directamente mediante una tarjeta inalámbrica, formando así una red en la que todos los dispositivos tienen que estar en la misma área, además en esta red no existe un nodo central sino que todas las terminales están en las mismas condiciones de transmitir y recibir información.



Figura 11 Red Ad-hoc

- **Red Tipo Celular:** En esta red la estación base recibe el nombre de punto de acceso y funciona como repetidor inalámbrico. Este tipo de red es más complejo y requiere de una planificación más cuidadosa ya que los puntos de acceso deben distribuirse estratégicamente para evitar que algunas zonas se queden sin cobertura, se deben evitar obstáculos y asegurar un ancho de banda mínimo para cada usuario, etc.

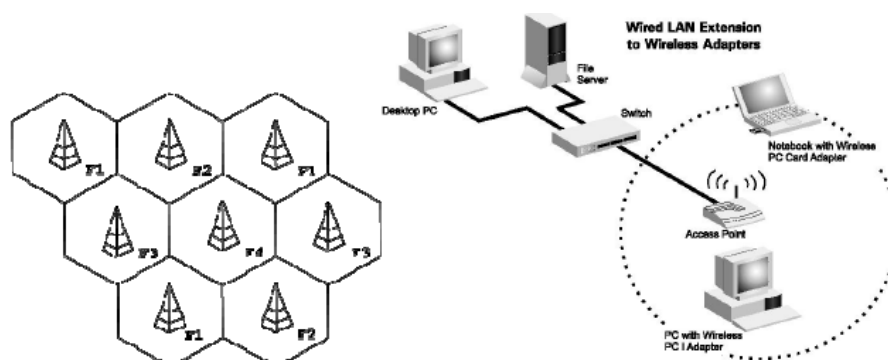


Figura 12 Red tipo celular

### Especificaciones

El estándar 802.11, es un conjunto de especificaciones que abarcan todos los aspectos de una red WLAN que se encuentran divididas en los siguientes rubros: [9]

- Estándares que definen el nivel físico: 802.11a, 802.11b y 802.11g. Estos estándares engloban las especificaciones de las técnicas de modulación y el procesamiento de la señal a bajo nivel.
- Estándares que definen la calidad del servicio (QoS) es tratada por: 802.11e y 802.11i. Aquí se describen mecanismos robustos de seguridad.
- Y finalmente el estándar 802.11X define la autenticación de usuarios.

### 2.3.3. Protocolos de comunicación inalámbrica

Wi-Fi, Bluetooth y ZigBee, son los principales protocolos de comunicación inalámbrica, cada uno posee propiedades que permiten el desarrollo de diferentes necesidades.

La diferencia primordial entre la mayoría de los estándares inalámbricos es su definición.

- Definición de las especificaciones técnicas.

- Definición de los productos actuales.
- Definición de las aplicaciones.

Para muchos, Wi-Fi, Bluetooth y Zig-Bee están todas agrupadas en la misma categoría, cuando en realidad representan muy diferentes etapas de desarrollo, evolución de la comunicación inalámbrica y ofrecen varios niveles de funcionalidad. [10]

### **2.3.3.1. Bluetooth**

Bluetooth utiliza la técnica FHSS (*FrequencyHopping Spread Spectrum*)“Espectro expandido por salto de frecuencia”, en la banda de frecuencias de

2.4 GHz. Puede establecer comunicaciones asimétricas, donde la velocidad máxima en una dirección es de 721 Kbps y 57.6 Kbps en la otra, también puede establecer comunicaciones simétricas de 432.6 Kbps en ambas direcciones, se transmiten tanto voz como datos.

Esta tecnología está descrita en la especificación IEEE 802.15.1. La primera versión de Bluetooth se publicó en julio de 1999. A esta versión le siguieron la v1.1, v1.2 y v2.0. La última versión reduce el consumo de energía a la mitad y aumenta el ancho de banda a 3 Mbps, pasando la velocidad máxima en una dirección de los 721 Kbps a 2.1 Mbps.<sup>18</sup>[11]

La nueva versión 1.2, incorpora la función de salto de frecuencia adaptiva, la cual minimiza la interferencia mutua con sistemas de frecuencia estática (802.11) y hace posible la coexistencia de diferentes sistemas inalámbricos en el mismo entorno. Esta función permite a los dispositivos Bluetooth, operar más efectivamente en donde existen redes inalámbricas. La versión 1.2 también ha corregido los problemas asociados con la transmisión de voz, y soporta mejor los audífonos inalámbricos, como los de los teléfonos celulares y los sistemas

---

<sup>18</sup> Wireless# Guide to, Wireless Communications. Olenewa, Jorge & Ciampa, Mark Thompson Course technology, 2nd edition, 2007

basados en voz utilizados en almacenes. Bluetooth es la norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia.

Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

La tecnología Bluetooth comprende hardware, software y requerimientos de interoperabilidad; por lo que para su desarrollo ha sido necesaria la participación de los principales fabricantes de los sectores de las telecomunicaciones y la informática, tales como: Ericsson, Nokia, Toshiba, IBM, Intel y otros. Posteriormente se han ido incorporando muchas más compañías, y se pronostica que próximamente lo hagan empresas de sectores como: automatización industrial, maquinaria, entretenimiento, fabricantes de juguetes, electrodomésticos, etc., con lo que en poco tiempo se presentará un panorama de total conectividad de los aparatos y dispositivos, tanto en casa como en el trabajo. Bluetooth proporciona una vía de interconexión inalámbrica entre diversos aparatos que tengan dentro de sí esta tecnología, como celulares, computadoras de mano (Palm, Pocket PC) , cámaras, computadoras portátiles, impresoras y simplemente cualquier cosa a la cual un fabricante coloque Bluetooth, usando por supuesto una conexión segura de radio de muy corto alcance.[10]

#### **2.3.3.2. ZigBee**

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN). Su objetivo son las



aplicaciones para redes Wireless que requieran comunicaciones seguras y fiables con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

La velocidad de transmisión está comprendida entre los 20 y los 250 Kbps.

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN).

También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes, construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.[10]

### 2.3.3.3. Comparación entre Bluetooth y ZigBee

Tabla 3 Comparativa entre Bluetooth y ZigBee<sup>19</sup>

CARACTERÍSTICA	Bluetooth	ZigBee
Técnica de modulación	FHSS	DSSS
Ocupación del protocolo	250 [Kbyte]	28 Kbyte
Velocidad máxima	1 Mbps	250 Kbps
Alcance	1 a 100 [m]	< 70 [m]
Tiempo de activación	3 [seg]	30 [milseg]

### 2.3.3.4. Wi-Fi

El protocolo IEEE 802.11 o Wi-Fi es un estándar de protocolo de comunicaciones del IEEE que define el uso de los dos niveles de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

<sup>19</sup>Comunicaciones Inalámbricas “Un enfoque aplicado”. Roldan Martínez, David Alfaomega, Ra-Ma, 2005

La familia 802.11 actualmente incluye seis técnicas de transmisión por modulación, todas las cuales utilizan los mismos protocolos. El estándar original de este protocolo data de 1997, era el IEEE 802.11, tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz.[10]

Esta nueva tecnología surgió por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuera compatible entre los distintos dispositivos móviles. En concreto, esta tecnología permite a los usuarios establecer conexiones a Internet sin ningún tipo de cables y puede encontrarse en cualquier lugar que se haya establecido un "punto de acceso" o hotspotWiFi.[9]

Actualmente existen 4 tipos de conexiones comúnmente empleadas:

- 802.11b, que emite a 11 Mbps,
- 802.11g, más rápida, a 54 Mbps,
- 802.11a, conocida como WiFi 5, por operar en la banda de 5 [GHz], a una velocidad de 54 Mbps.
- 802.11n, opera simultáneamente

### 2.3.3.5. Seguridad en las redes inalámbricas

En este tipo de redes en el cual la información viaja mediante el aire y puede ser accedida por cualquier persona o equipo con la capacidad para eso la vuelve más vulnerable que las redes cableadas o alámbricas.[9]

Para proveer de seguridad a estas redes se crearon servicios de seguridad dentro del estándar 802.11, los servicios se listan a continuación:

- **SSID:** Service Set Identifiers: Se refiere al nombre que se le asigna a la red para que los dispositivos inalámbricos puedan conectarse a la red. Con este servicio se evita el acceso a usuarios no identificados a este nombre de red.

- **WEP:** WiredEquivalencyProtocol: Se refiere a una clave mediante la cual se puede mantener y establecer una comunicación asociada a un punto de acceso y un usuario.
- **MAC** Media Access Control: Se refiere a realizar un filtrado de las direcciones físicas de los dispositivos que pueden tener acceso a la red.

## **2.4 Sistema Operativo Android**

### **2.4.1. Introducción**

El 5 de Noviembre del año 2007 se confirma la entrada del gigante Google en el mercado de la telefonía móvil, y lo hace de la mano con Open Handset Alliance es un grupo de 84 compañías de tecnología y móviles que se han unido para acelerar la innovación en los consumidores móviles y ofrecer una experiencia móvil más rica, más barato y mejor. Juntos han desarrollado Android, la primera plataforma móvil completa, abierta y libre. Los miembros incluyen a operadores móviles (Sprint, SoftBank, T-Mobile, Telecom, Telefónica, Vodafone, Telus), fabricantes de teléfonos (Acer, Alcatel, Dell, Foxconn, Fujitsu, HTC, Kyocera, Lenovo, LG, Motorola, Nec, Samsung, Sony Ericsson, Toshiba), empresas de semiconductores (ARM, Atheros, Intel, Nvidia, Qualcomm, Texas Instruments), empresas de software (Cooliris, eBay, Google, Motoya, Nuance, Svox) y empresas de comercialización (Accenture, Teleca, Aplix, Borqs, Sasken).

Una semana después de este anuncio aparecen los primeros SDK (Software Development Kits) para que cualquier persona que lo desee pueda realizar sus programas.

La estrategia de Google es la de dominar el mercado del software como su principal objetivo y la de ir incursionando en el desarrollo de dispositivos como el Google NexusOne.

Android decide dirigir sus esfuerzos en el mundo de la telefonía móvil, optando por crear un sistema operativo, con aplicaciones incluidas apegadas a lo que

tiene Google, y que mejor manera de realizar aplicaciones que disponer de un kit de desarrollo y de un concurso público para incentivar a los desarrolladores a migrarse a su plataforma.

Android es una oportunidad grande para escribir aplicaciones innovadoras para los dispositivos móviles. Este sistema operativo es una pila de software de software libre incluyendo aplicaciones dedicadas, junto con un grupo de librerías API para escribir aplicaciones móviles que pueden dar forma a la apariencia, sensación y la función de los teléfonos móviles.

En los últimos años, el mayor avance en el desarrollo del sistema operativo del teléfono móvil ha sido la introducción de MIDlets9 Javahosted. Los MIDlets se ejecutan en una máquina virtual de Java, permitiendo a los desarrolladores crear aplicaciones que se ejecutan en la amplia variedad de hardware que soporta el tiempo de ejecución Java.

La introducción de MIDlets de Java ha ampliado el número de desarrolladores, pero la falta de acceso a hardware de bajo nivel y la seguridad de ejecución han hecho que la mayoría de las aplicaciones móviles sean programas de escritorio diseñados para funcionar en una pantalla más pequeña en vez de tomar ventaja de la movilidad inherente de la computadora de mano.

Android es uno de los sistemas operativos móviles diseñados para el hardware móvil cada vez más potentes. Windows Mobile e iPhone de Apple ofrecen ahora el desarrollo de aplicaciones móviles cada vez más amigables. Sin embargo, Android, prioriza las aplicaciones nativas en los creados por terceros y restringe la comunicación entre aplicaciones y datos nativos del teléfono. Android ofrece nuevas posibilidades de aplicaciones móviles al ofrecer un entorno de desarrollo abierto basado en una fuente abierta del Kernel de Linux. El acceso de hardware está disponible para todas las aplicaciones a través de una serie de bibliotecas de la API, y la interacción de aplicaciones, que cuidadosamente controlado, es totalmente compatible.[12]

### **2.4.2. Que es Android**

El término "Android" tiene su origen en la palabra griega ANDR, que significa "hombre 0 mujer" y el sufijo EIDE, que se significa "por igual o de la especie". Esto junto significa "ser humano".

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, aplicaciones esenciales y middleware, lo que significa una referencia a un conjunto de programas del sistema o un conjunto de programas de aplicación que forman un sistema completo. Esta plataforma de software proporciona una base para las aplicaciones como una verdadera plataforma de trabajo.

El logotipo de Android fue diseñado con la fuente Droid, hecha por Ascender Corporation. El verde es el color del robot Android que representa el sistema operativo. El color print es PMS 376C y color GBN en hexadecimal es #A4C639, como se especifica en la Android Brand Guidelines.[12]

### **2.4.3. Arquitectura de Android**

#### **2.4.3.1. Kernel Linux**

En la base tenemos el kernel 2.6.36 de Linux, Android lo utiliza por su robustez demostrada y por la implementación de funciones básicas para cualquier sistema operativo, por ejemplo: seguridad, administración de memoria y procesos, implementación de conectividad de red (Network Stack) y varios intérpretes (drivers) para comunicación con los dispositivos físicos (hardware).[12]



**Figura 13**Kernel de Linux

Android utiliza como base el kernel de Linux pero los dos sistemas no son lo mismo, Android no cuenta con un sistema nativo de ventanas de Linux ni tiene soporte para glibc (Librería estándar de C) ni tampoco es posible utilizar la mayoría de aplicaciones de GNU de Linux.

Además de todo lo ya implementado en el kernel de Linux, Android agrega algunas cosas específicas para plataformas móviles como la comunicación entre procesos (Lograda a través del binder), la forma de manejar la memoria compartida (ashmem) y la administración de energía (con wakelocks). De las características únicas del kernel utilizado por Android encuentran más información en Android KernelFeatures.[12]

#### **2.4.3.2. Librerías y Ejecución**

Sobre el kernel, tenemos un conjunto de librerías de C y C++ utilizadas por el sistema para varios fines como el manejo de la pantalla (surface manager), mapas de bits y tipos de letra (Free Type), gráficas en 2D y 3D (SGL y OpenGL), manejo de multimedia (Media Framework), almacenamiento de datos (SQLite) y un motor para las vistas web y el navegador (WebKit).

Junto a estas librerías, encontramos lo necesario para la ejecución de las aplicaciones a través de la máquina virtual Dalvik. Cada aplicación utiliza una instancia de la máquina virtual ejecutando un archivo DEX (DalvikExecutable) y el sistema está optimizado para que se ejecuten múltiples instancias de la máquina virtual. Se desarrolla en Java pero no se utiliza una máquina virtual de Oracle para su ejecución ni tampoco archivos CLASS [13].



**Figura 14** Librerías y ejecución

### 2.4.3.3. Estructura de Aplicaciones

Sobre las librerías encontramos una estructura que nos brinda un contexto para desarrollar, este framework permite a los desarrolladores aprovechar su sistema de vistas ya construido, administrar notificaciones y acceder datos a través de proveedores de contenido entre otras cosas.[12]



**Figura 15** Estructura de las aplicaciones

### 2.4.3.4. Aplicaciones

Las aplicaciones centrales que incluye el sistema por defecto son: teléfono, navegador, manejo de contactos, etc. En esta capa de la arquitectura es donde trabajaremos desarrollando aplicaciones.[12]



**Figura16 Aplicaciones básicas**

#### **2.4.3.5. Herramientas**

Para el desarrollo de aplicaciones en Android se cuenta con algunas herramientas que Google mantiene y que son constantemente actualizadas para lograr la mejor productividad al momento de trabajar con estas.

Todas las herramientas para el trabajo con Android son gratuitas y pueden ser descargadas libremente desde los sitios oficiales.[12]

#### **2.4.3.6. SDK (Software Development Kit), Kit de desarrollo de software**

El Kit de Desarrollo Estándar de Android está disponible para todos los sistemas operativos Windows, Mac y Linux, este puede ser descargado desde el sitio de desarrolladores de Android y puede tardar algunos minutos dependiendo del ancho de banda con el que se cuente.

Actualmente este SDK se puede descargar de la siguiente dirección electrónica.

Google en la página de desarrollo de Android recomienda estos pasos para la instalación del SDK:

1. Preparar el computador de desarrollo para la instalación y asegurarse de que se cumpla con los requerimientos del sistema.
2. Descargar e instalar el paquete inicial del SDK, para Windows se recomienda que se utilice el instalador tipo winzard que permitirá mantener organizada la instalación.



3. Si se va a desarrollar en Eclipse se deberá instalar el plugin ADT.
4. Añadir las plataformas y los otros componentes al SDK.
5. Explorar el contenido del SDK de Android (Opcional)
6. En caso de inconvenientes se puede recurrir a la guía oficial de instalación de Android citada al pié de esta página.

#### **2.4.3.7. ADT (Android DevelopmentTool) Herramienta de desarrollo de android**

Es un plugin para el IDE Eclipse, que está diseñado para brindar un poderoso entorno integrado para la creación de aplicaciones.

ADT extiende las capacidades de Eclipse y permite configurar nuevos proyectos de Android, crear interfaces gráficas, añadir componentes basados en el API del Framework Android, depurar las aplicaciones haciendo uso de las herramientas del SDK y permitir exportar las aplicaciones en formato “.apk” que es el formato para redistribuir las aplicaciones y que sean instaladas en los dispositivos físicos.

Es altamente recomendado el desarrollo con este plugin ya que se puede iniciar de una manera muy rápida en el desarrollo de aplicaciones Android. Dentro del portal de desarrolladores de Android se puede encontrar paso a paso las instrucciones como descargar e instalar el plugin ADT en Eclipse.[12]

#### **2.4.3.8. Eclipse**

Es un Entorno de Desarrollo Integrado multiplataforma de código abierto principalmente utilizado para el desarrollo de aplicaciones java.

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Eclipse emplea módulos (en inglés plug-in) para proporcionar toda su funcionalidad al frente de la plataforma de cliente enriquecido, a diferencia de otros entornos monolíticos donde las funcionalidades están todas incluidas, las necesite el usuario o no. Este

mecanismo de módulos es una plataforma ligera para componentes de software. Adicionalmente a permitirle a Eclipse extenderse usando otros lenguajes de programación como son C/C++ y Python, permite a Eclipse trabajar con lenguajes para procesado de texto como LaTeX, aplicaciones en red como Telnet y Sistema de gestión de base de datos. La arquitectura plugin permite escribir cualquier extensión deseada en el ambiente, como sería Gestión de la configuración. Se provee soporte para Java y CVS en el SDK de Eclipse. Y no tiene por qué ser usado únicamente para soportar otros lenguajes de programación.

Eclipse se puede descargar del sitio oficial, con la versión Classic o para desarrolladores java es suficiente para comenzar el desarrollo de proyectos en Android.[12]

#### **2.4.4. Versiones de Android**

##### **2.4.4.1. Android beta**

La versión beta de Android fue lanzada el 5 de noviembre de 2007, mientras el Software development kit (SDK) fue lanzado el 12 de noviembre de 2007. La fecha del 5 de noviembre es popularmente celebrada como el "cumpleaños" de Android. Las versiones públicas Beta del SDK fueron lanzados en el siguiente orden:[13]

- 16 de noviembre de 2007: m3-rc22
- 14 de diciembre de 2007: m3-rc37a
- 13 de febrero de 2008: m5-rc14
- 18 de marzo de 2008: m5-rc15
- 18 de agosto de 2008: 0.9
- 23 de septiembre de 2008: 1.0-r1

#### **2.4.4.2. Android 1.0 Apple Pie**

Android 1.0, la primera versión comercial del software, fue lanzado el 23 septiembre de 2008. El primer dispositivo Android, el HTC Dream.

#### **2.4.4.3. Android 1.1 Banana Bread**

El 9 de febrero de 2009, La actualización Android 1.1 fue lanzada, inicialmente para el HTC Dream solamente. Android 1.1 fue conocido como "PetitFour" internamente, aunque este nombre no se utilizó oficialmente. La actualización resolvió fallos, cambio la API.

#### **2.4.4.4. Android 1.5 Cupcake**

El 30 de abril de 2009, La actualización de Android 1.5 fue lanzada, basada en núcleo Linux 2.6.27. Esta fue la primera versión en usar un nombre basado en un postre ("Cupcake",Magdalena glaseada), un tema que se utilizaría para todas las versiones de aquí en adelante. La actualización incluye varias nuevas características y correcciones de interfaz de usuario.

#### **2.4.4.5. Android 1.6 Donut**

El 15 de septiembre de 2009, el SDK de Android 1.6 SDK – dubbed Donut – fue lanzado, basado en el núcleo Linux 2.6.29.

#### **2.4.4.6. Android 2.0/2.1 Eclair**

El 26 de octubre de 2009, el SDK de Android 2.0 – con nombre en clave Eclair – fue lanzado, basado en el núcleo de linux 2.6.29.

#### **2.4.4.7. Android 2.2.x Froyo**

El 20 de mayo de 2010, El SDK de Android 2.2 (Froyo, yogur helado) fue lanzado, basado en el núcleo Linux 2.6.32.

#### **2.4.4.8. Android 2.3.x Gingerbread**

El 6 de diciembre de 2010, el SDK de Android 2.3 (Gingerbread) fue lanzado, basado en el núcleo Linux 2.6.35.

#### **2.4.4.9. Android 3.x Honeycomb**

El 22 de febrero de 2011, el SDK de Android 3.0 (Honeycomb) – fue la primera actualización exclusiva para tablet Android – fue lanzada, basada en el núcleo de linux 2.6.36. El primer dispositivo con esta versión, fue la tableta Motorola Xoom, fue lanzado el 24 de febrero de 2011.

#### **2.4.4.10. Android 4.0.x Ice CreamSandwich**

El SDK para Android 4.0.1 (Ice CreamSandwich), basado en el núcleo de linux 3.0.1, fue lanzado públicamente el 19 de octubre de 2011. Gabe Cohen de Google declaró que Android 4.0 era "teóricamente compatible" con cualquier dispositivo Android 2.3.x en producción en ese momento. El código fuente para Android 4.0 se puso a disposición el 14 de noviembre de 2011.

#### **2.4.4.11. Android 4.1 JellyBean**

Google anunció Android 4.1 (JellyBean) en conferencia Google I/O el 27 de junio de 2012. Basado en el núcleo de linux 3.0.31, JellyBean fue una actualización incremental con el enfoque primario de mejorar la funcionalidad y el rendimiento de la interfaz de usuario. La mejora de rendimiento involucró el "Proyecto Butter", el cual usa anticipación táctil, triple buffer, latencia vsync extendida y un arreglo en la velocidad de cuadros de 60 fps para crear una fluida y "mantecosa"-suavidad de la interfaz de usuario. Android 4.1 JellyBean fue lanzado bajo AOSP el 9 de julio de 2012, y el Nexus 7, el primer dispositivo en correr JellyBean, fue lanzado el 13 de julio de 2012.

#### **2.4.4.12. Android 4.2 JellyBean**

Se esperaba que Google anunciara JellyBean 4.2 en un evento en la ciudad de Nueva York el 29 de octubre de 2012, pero el evento fue cancelado debido al Huracán Sandy. En lugar de reprogramar el evento en vivo, Google anunció la nueva versión con un comunicado de prensa, bajo el eslogan "A new flavor of JellyBean". El primer dispositivo en correr Android 4.2 fue el Nexus 4 de LG y el Nexus 10 de Samsung, los cuales fueron lanzados el 13 de noviembre de 2012.

### **2.5 Metodología Mobile-D**

Se podría pensar que Mobile-D es una creación un tanto antigua, ya que se desarrolló como parte de un proyecto finlandés, ICAROS, allá por 2004. Sin embargo, creemos que vale la pena mencionarlo por dos razones. Primera: fue creado mediante un proyecto de cooperación muy estrecha con la industria. El grueso del trabajo fue realizado por los investigadores del VTT. Aun así la metodología de diseño se elaboró con una participación importante de las empresas de TI finlandesas. Tal como se puede ver en los experimentos que se han documentado esto consiguió que la investigación llevada a cabo no se alejara demasiado de las reglas de desarrollo de las aplicaciones Comerciales, Segundo Mobile-D es una mezcla de muchas técnicas. Tal como se verá luego, los investigadores no dudaron en echar mano de las prácticas habituales de desarrollo software.

Pero, al mismo tiempo, consiguieron crear una contribución original para el nuevo escenario del desarrollo de aplicaciones para sistemas móviles. Creemos que este ejemplo ilustra perfectamente cómo se pueden usar conjuntamente diferentes metodologías y técnicas en el contexto del desarrollo ágil.

En las siguientes subsecciones hablamos de la motivación del proyecto, los fundamentos de la metodología y los experimentos prácticos que se llevaron a cabo durante la investigación. Si fuera necesaria una documentación más

extensa, el lector se puede dirigir a la documentación completa de esta metodología disponible en el sitio web del proyecto.[14]

### **2.5.1. Motivación**

La metodología se creó en un periodo de intenso crecimiento en el terreno de las aplicaciones móviles. Por tanto, en ese momento no existían demasiados principios de desarrollo a los que acudir. Los autores de Mobile-D apuntan a la necesidad de disponer de un ciclo de desarrollo muy rápido para equipos muy pequeños. De acuerdo con sus suposiciones, Mobile-D está pensado para grupos de no más de 10 desarrolladores colaborando en un mismo espacio físico. Si trabajan con el ciclo de desarrollo propuesto, los proyectos deberían finalizar con el lanzamiento de productos completamente funcionales en menos de diez semanas.[14]

### **2.5.2. Principios Básicos**

La aproximación de Mobile-D se ha apoyado en muchas otras soluciones bien conocidas y consolidadas: eXtremeProgramming (XP), Crystal Methodologies y RationalUnifiedProcess (RUP). Los principios de programación extrema se han reutilizado en lo que se refiere a las prácticas de desarrollo, las metodologías Crystal proporcionaron un input muy valiosos en términos de la escalabilidad de los métodos y el RUP es la base para el diseño completo del ciclo de vida.

El ciclo del proyecto se divide en cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y prueba del sistema (figura 9). En general, todas las fases (con la excepción de la primera fase exploratoria) contienen tres días de desarrollo distintos: planificación, trabajo y liberación. Se añadirán días para acciones adicionales en casos particulares (se necesitarán días para la preparación del proyecto en la fase de inicialización, por ejemplo).[14]

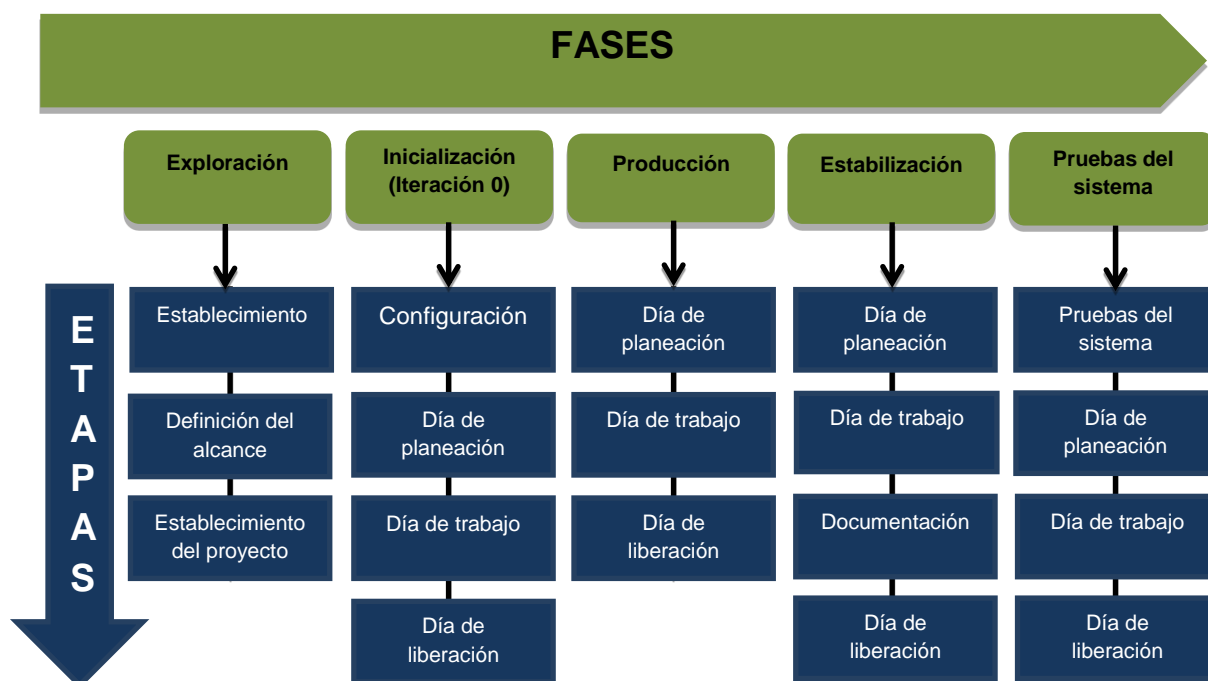


Figura17 Fases y etapas de Mobile-D

### 2.5.3. Fases:

La fase de exploración, siendo ligeramente diferente del resto del proceso de producción, se dedica al establecimiento de un plan de proyecto y los conceptos básicos. Por lo tanto, se puede separar del ciclo principal de desarrollo (aunque no debería obviarse).

Los autores de la metodología ponen además especial atención a la participación de los clientes en esta fase.

Durante la fase de inicialización, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo). Los autores de Mobile-D afirman que su contribución al desarrollo ágil se centra fundamentalmente en esta fase, en la investigación de la línea arquitectónica. Esta acción se lleva a cabo durante el día de planificación. Los desarrolladores analizan el conocimiento y los patrones arquitectónicos

utilizados en la empresa (extraídos de proyectos anteriores) y los relacionan con el proyecto actual. Se agregan las observaciones, se identifican similitudes y se extraen soluciones viables para su aplicación en el proyecto. Finalmente, la metodología también contempla algunas funcionalidades nucleares que se desarrollan en esta fase, durante el día de trabajo.

En la fase de "productización" se repite la programación de tres días (planificación trabajo liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades.

Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano (de ahí el nombre de esta técnica de Test-DrivenDevelopment, TDD). Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación.

En la fase de estabilización, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante en los proyecto multi-equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizarán tareas similares a las que debían desarrollar en la fase de "productización", aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

La última fase (prueba y reparación del sistema) tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos de cliente y se eliminan todos los defectos encontrados.[15]



#### **2.5.4. Enfoque Pragmático**

Los autores de esta metodología dicen haberlo probado obteniendo una certificación CMMI de nivel 2. Esto parece ser una ventaja comparativa importante frente a otras metodologías, puesto que la contratación de empresas para la externalización del desarrollo software se rige por la auditoría de los ciclos y técnicas de desarrollo que utilizan (y CMMI es una de las métricas de aseguramiento de calidad más aceptadas en el sector).

Adicionalmente, sus creadores han introducido Mobile-D en numerosos proyectos de desarrollo con clientes reales. La base inicial de 4 casos de estudio se ha desarrollado durante años y afirman sus autores que los ciclos de desarrollo se han actualizado y mejorado a partir de la experiencia obtenida.[15]

## CAPITULO 3

### DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

#### 3.1 Exploración

El propósito de la exploración es la planificación y el establecimiento del proyecto, dando las bases de la aplicación definiendo el planeamiento y establecimiento del proyecto para de esta manera poder implementar el producto en relación al desarrollo de software, y sentar las bases del mismo empezando desde los requerimientos iniciales.

##### 3.1.1. Establecimiento de Stakeholders

El propósito de esta tarea es establecer los grupos de interés:

- Operadores de UAV del CIDFAE: Que por la información que se recibe pueden conocer la posición y situación de la nave en el aire y al momento de que decola la nave pueden conocer la altura y ruta que está siguiendo para poder corregir alguna falla sin necesidad de estar en el Shelter.

##### 3.1.2. Establecimiento del Proyecto

El escenario que queremos aplicar es el tener toda la información de los instrumentos de vuelo y posición GPS del UAV, en un único dispositivo electrónico. Para mayor comodidad, en vez de escoger un Shelter de comunicaciones que realice esta función, vamos a utilizar un dispositivo móvil ya que de esta manera se disminuye costos y aumenta la movilidad y flexibilidad para el monitoreo.

Para comenzar, necesitamos encontrar una manera de comunicar el UAV con el dispositivo Android. Una posible manera de hacer esto sería por medio de comunicaciones inalámbricas WiFi. La forma en cómo se realizara esta comunicación será por medio de sockets.

Una vez identificado realizada la comunicación entre el UAV y el dispositivo Android, se hará una llamada para la obtención de la interfaz gráfica correspondiente a los instrumentos básicos de navegación y posición.

#### **3.1.2.1. Análisis sobre requisitos del sistema:**

En este literal del análisis se van a enumerar los requisitos que se deben cumplir para poder hacer un buen uso de esta aplicación.

- Se deberá contar con un dispositivo móvil tipo tableta de 10.1” con sistema operativo Android 4.0 o superior.
- Se necesitará una red inalámbrica WiFi en el dispositivo móvil.
- El sistema deberá ser fácil de utilizar para cualquier tipo de usuario que tenga conocimiento básico sobre aviación.
- Se minimizarán los errores que se pudieran producir a lo largo de la comunicación.

### **3.2 Inicialización**

El propósito de esta fase es la de permitir el éxito de las siguientes fases mediante la elaboración y verificación de los requisitos seleccionados por el cliente.

### 3.2.1. Requerimientos iniciales

Los requerimientos iniciales identificados son los siguientes:

- Listado de mapas
- Selección de mapas
- Información de altímetro
- Información de brújula
- Información de horizonte artificial
- Información de velocímetro
- Información de ruta
- Información de modo de vuelo
- Información de tipo de altura medida
- Información de GPS
- Información de porcentaje de motor
- Conexión con el servidor

### 3.2.2. Planificación Inicial

En esta planificación crearemos las historias previstas para el desarrollo del proyecto, todas estas historias de usuario fueron cambiadas a lo largo del proyecto a medida que el cliente cambiaba los requisitos o tenía una visión más clara de lo que quería. Las historias de usuario se encuentran en el **Anexo A**.

### 3.2.3. Análisis de requerimientos iniciales

Tabla 4 Requerimientos iniciales<sup>20</sup>

REQUERIMIENTO	IMPORTANCIA
Conexión con el servidor	9.7
Información de brújula	9.5
Información de altímetro	9.5
Información de horizonte artificial	9.5
Información de velocímetro	9.5
Listado de mapas	9.0
Selección de mapas	9.0
Información de ruta	9.0
Información de GPS	8.6
Información de modo de vuelo	8.6
Información de porcentaje de motor	8.6
Información tipo de altura medida	8.6

Basándonos en la importancia de los requerimientos iniciales se ha elaborado la Pila del Producto, ver **Anexo B**, con lo que se ha podido dividir por módulos para el desarrollo de aplicación, los cuales presentamos a continuación:

<sup>20</sup>Las unidades de la tabla están dadas en el esfuerzo que se le dará a cada una.

- 1) Módulo de Conexión
  - a) Crear conexión
  - b) Actualización de conexión
  - c) Consulta de conexión
  - d) Eliminación de conexión
  
- 2) Módulo de Instrumentos de Vuelo
  - a) Recepción datos
  - b) Procesamiento datos
  - c) Presentación de datos
  - d) Actualización de datos
  
- 3) Módulo de Ruta
  - a) Cargar mapas
  - b) Seleccionar mapa
  - c) Escalar mapa
  - b) Dibujar ruta
  
- 4) Módulo de Información de vuelo
  - a) Recepción de datos
  - b) Procesamiento de datos
  - c) Presentación de datos
  - d) Actualización de datos

### **3.2.3.1. Análisis de requerimientos y pre-requisitos**

Para poder desarrollar los requisitos funcionales es necesario establecer los pre-requisitos para así poder implementarlos.

### **3.2.3.2. Información de conexión**

Pre-requisitos:

- Socket
- Registro de IP, puerto

### **3.2.3.3. Información de brújula**

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos de brújula
- Interpretar y graficar datos en instrumento
- Actualizar datos

### **3.2.3.4. Información de altímetro**

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos de altímetro
- Interpretar y graficar datos en instrumento
- Actualizar datos

### **3.2.3.5. Información de velocímetro**

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos de velocímetro
- Interpretar y graficar datos en instrumento
- Actualizar datos

### **3.2.3.6. Listado de mapas**

Pre-requisitos:

- Ingresar mapas a la memoria de la Tablet
- Matriciar mapa en coordenadas (x,y)

### **3.2.3.7. Selección de mapas**

Pre-requisitos:

- Listado de mapas

### **3.2.3.8. Información de ruta**

Pre-requisitos:

- Tener mapa seleccionado
- Recibir trama de datos de puntos GPS (x,y)
- Filtrar datos de puntos GPS
- Graficar coordenada en mapa matriciado

### **3.2.3.9. Información de GPS**

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos de GPS
- Interpretar y presentar datos en pantalla
- Actualizar datos

### **3.2.3.10. Información de modo de vuelo**

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos



- Filtrar datos del modo de vuelo
- Interpretar y presentar datos en pantalla
- Actualizar datos

### 3.2.3.11. Información de porcentaje de motor

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos del porcentaje de motor
- Interpretar y graficar datos en pantalla
- Actualizar datos

### 3.2.3.12. Información tipo de altura medida

Pre-requisitos:

- Recibir trama de datos
- Filtrar datos de altura
- Calcular alturas con referencia a tierra
- Interpretar y presentar datos en pantalla
- Actualizar datos

### 3.2.3.13. Planificación de fases

Tabla 5 Planificación de fases

FASE	ITERACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Inicialización</b>	Iteración 0	Establecimiento del proyecto, Entrenamiento, Análisis de requerimientos iniciales.

<b>Producción</b>	Iteración módulo de conexión	Implementación del módulo de conexión. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de instrumentos de vuelo	Implementación del módulo de instrumentos de vuelo. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de ruta	Implementación del módulo de ruta. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de información de vuelo	Implementación del módulo de información de vuelo. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
<b>Estabilización</b>	Iteración módulo de conexión	Refactorización del módulo de conexión. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces.

		Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de instrumentos de vuelo	Refactorización del módulo de conexión. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de ruta	Refactorización del módulo de conexión. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
	Iteración módulo de información de vuelo	Refactorización del módulo de conexión. Refinamiento y actualización de historias de usuario. Refinamiento de interfaces. Generación y ejecución de pruebas de aceptación.
<b>Pruebas del sistema</b>	Iteración pruebas del sistema	Se realiza la evaluación de las pruebas y se realiza el análisis de los resultados.

### 3.2.3.14. Plan de iteraciones

El plan de iteraciones que se encuentra en el **Anexo C**.

### 3.3. Diseño del sistema

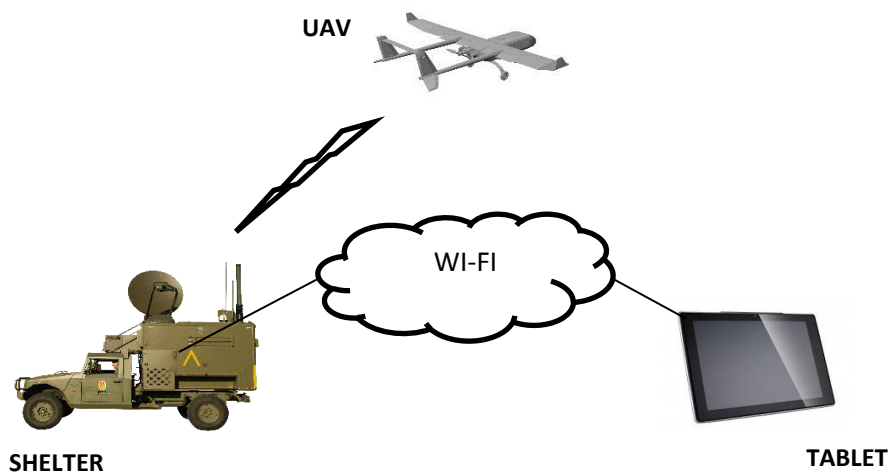


Figura 18 Diseño del sistema

El diseño del sistema consta de tres componentes: un UAV, un SHELTER y la aplicación móvil la cual accede a la información que recibe el ShelterdelUAV, a través de redes inalámbricas.

#### 3.3.1. Descripción de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

### 3.3.1.1. Menú principal

Tabla 6 Menú principal


<b>MENÚ PRINCIPAL</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esta es la primera pantalla a la que accedemos al abrir la aplicación, siendo el menú principal, donde podemos encontrar los botones para acceder a los diferentes menús siguientes y sobre la intensidad de la señal de WI-Fi.</li></ul>

Figura 19 Pantalla menú principal

### 3.3.1.2. Menú para realizar conexión

Tabla 7 Menú de conexión


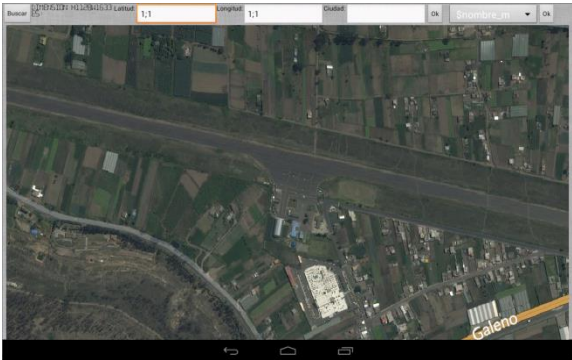
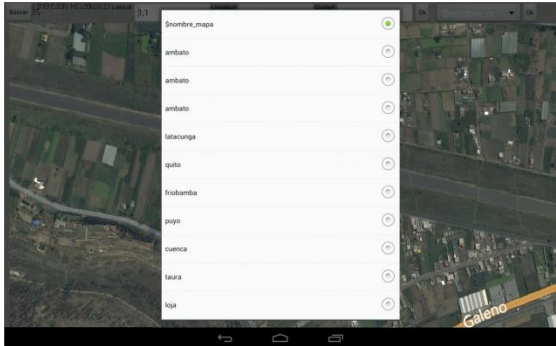
<b>MENÚ DE CONEXIÓN</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Este menú nos permite realizar la conexión entre la Tablet y el Shelter.</li><li>• Aquí ingresamos la Ip y el Puerto del servidor a donde estamos apuntando.</li></ul>

Figura 20 Pantalla menú de conexión


### 3.3.1.3. Menú para ingreso o selección de mapas

Tabla 8 Menú selección de mapas

<b>MENÚ SELECCIÓN DE MAPAS</b>	
 <p><b>Figura 21 Pantalla menú selección de mapas 1</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El menú para seleccionar mapas nos presenta esta pantalla.</li> <li>• Al seleccionar el botón buscar se abre la galería de imágenes.</li> <li>• En la imagen seleccionada observamos las coordenadas de los extremos de la imagen.</li> <li>• Al seleccionar el botón OK, la imagen se carga en la aplicación.</li> <li>• Desde el combo box podemos seleccionar un mapa cargado anteriormente</li> </ul>
 <p><b>Figura 22 Pantalla menú selección de mapas 2</b></p>	

### 3.3.1.4. Pantalla principal de la aplicación

Tabla 9 Pantalla principal

<b>PANTALLA PRINCIPAL</b>	
 <p>Figura 23 Pantalla principal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta es la pantalla principal de la aplicación en donde tenemos la información de instrumentos de vuelo, datos de vuelo, modo de vuelo y ruta que está siguiendo el UAV.</li> </ul>

## 3.4 Producción y Estabilización

El propósito de esta fase es implementar la funcionalidad requerida en el producto mediante la aplicación iterativa y el ciclo de desarrollo incremental.

### 3.4.1. Día de Planificación

Las tareas que se realizan en la planificación de cada día de desarrollo de la aplicación móvil son:

- Taller de Post- iteración: El propósito de esta tarea es mejorar iterativamente el proceso de desarrollo de software para ajustarse mejor a las necesidades del cliente. Esto incluye la identificación de las fortalezas y debilidades en el



proceso, así como la generación de acciones de mejora para la siguiente iteración.

- Análisis de Requerimientos: El propósito del análisis de requisitos es priorizar y analizar cuidadosamente los requisitos seleccionados para cada iteración. Durante esta tarea se asegura que los requisitos son correctamente entendidos.
- Planificación de la iteración: El objetivo de la planificación de la iteración es generar el calendario y el contenido de la iteración para ejecutar.
- Elaboración de Pruebas de Aceptación: El propósito de las pruebas de aceptación es verificar que los requisitos del cliente se han implementado correctamente.
- Revisión de Pruebas de Aceptación: El propósito de esta tarea es difundir el conocimiento de las pruebas de aceptación y los requisitos del sistema para todo el equipo y permitir que los miembros del equipo realicen comentarios sobre las pruebas de aceptación para así mejorar su calidad.

### **3.4.2. Día de trabajo**

Las tareas que se realizan en un día de trabajo son:

- Sesiones diarias: En donde se comunica los avances y problemas encontrados en el desarrollo, se las realiza en las mañanas antes de iniciar labores.
- Test DrivenDevelopment: Son las pruebas unitarias que se elaboran antes de escribir el código.
- Programación en Parejas: Es un estilo de programación donde dos desarrolladores trabajan juntos, uno es utiliza el teclado y el ratón durante una sesión de programación en parejas, mientras que el otro se sienta delante del ordenador al lado del conductor. El objetivo de la

programación en parejas es mejorar la comunicación, difundir el conocimiento dentro del equipo y asegurar la calidad del código.

- La Refactorización: Es el proceso de mejora interna de los programas informáticos existentes sin modificar su estructura. Con la que se logran pequeñas mejoras en el código, lo cual garantizan que el software sea modificable, extensible y fácil de leer.
- Informar a los Clientes: El propósito de esta tarea es proporcionar al cliente los avances que se van dando en cada día de trabajo, y con esto damos al mismo la posibilidad de que el de su opinión sobre lo que se está implementando y orientar de mejor manera al desarrollo.

### **3.4.3. Día de liberación**

Las tareas individuales de un día de liberación son los siguientes:

- Pruebas de Pre – Liberación: El propósito de esta tarea es asegurarse de que el software que se produce está listo para la prueba de aceptación y liberación.
- Pruebas de aceptación: El propósito de las pruebas de aceptación es verificar que los requisitos que el cliente haya establecido para el software se aplican correctamente. Durante el lanzamiento del día de las pruebas de aceptación se ejecutan con la cliente y los problemas encontrados (es decir, defectos y mejoras) se documentan.
- Ceremonias de publicación: Están las tareas finales antes de hacer una versión del software. En la práctica, las ceremonias de liberación consisten en dos actividades esenciales; liberar la auditoría y la creación de línea base. Estas actividades se llevan a cabo para confirmar que todo se ha hecho bien en la iteración actual y la base para se garantiza un mayor desarrollo.

## **CAPITULO 4**

### **PRUEBA Y REPARACIÓN DEL SISTEMA**

El propósito de esta fase es para ver si el sistema implementa lo que el cliente necesitaba, ya que Mobile-D enfatiza en que se realicen un sinnúmero de pruebas, ya que en esta fase no solo participan los desarrolladores sino el cliente principalmente en las pruebas de aceptación.

Para garantizar la calidad y el buen funcionamiento de la aplicación móvil el diseño de pruebas se lo implemento en JUnit.

#### **4.1 Plan de Pruebas**

En este capítulo el plan de pruebas está dividido en:

- Pruebas unitarias
- Pruebas de aceptación
- Pruebas de tiempo de carga

##### **4.1.1 Pruebas Unitarias**

Las pruebas deben ser escritas antes que los métodos, y su implementación y ejecución deben consumir el menor tiempo posible.

Se crearon todas las pruebas de una clase antes de comenzar a desarrollar los métodos, para lo cual nos apoyamos en una herramienta que nos ayude a realizarlas de forma automática, por lo que utilizamos JUnit que es una herramienta de Java especializada para la creación de pruebas unitarias, para probar el movimiento de las imágenes en la pantalla principal se verifico mediante la observación directa de los mismos como es el caso de los reportes.

Para la pantalla principal se prueba lo siguiente:

- Datos válidos
- Valores límite
- Datos inválidos
- El diseño debe ser como está en la documentación

#### **4.1.2 Pruebas de Aceptación**

Estas pruebas fueron diseñadas en base las historias de usuario, por lo que resulto fácil realizarlas en vista al conocimiento obtenido sobre lo que se quería el cliente por las pasantías realizadas anteriormente en el CIDFAE, adicional por que para el desarrollo de la aplicación se lo realizo trabajando en conjunto con los clientes en el mismo centro de investigación.

#### **4.1.3 Pruebas de Tiempo de Carga**

Para las pruebas de tiempo de carga se tomó en cuenta lo siguiente criterios:

- Se tomaron en cuenta los instrumentos básicos de vuelo (altímetro, horizonte artificial, brújula, velocímetro)
- Se realizaron las pruebas simulando los datos de la trama real, repitiendo 50 veces este proceso.
- Se midió el tiempo de respuesta para llegar al tiempo esperado que era tiempo real.

#### 4.1.4 Resultados de las Pruebas por iteración

##### Resultados Iteración 1

Tabla 10 Resultados Iteración 1

	<b>Número de pruebas</b>	<b>Porcentaje</b>
Pruebas aceptadas	2	50%
Pruebas reprobadas	2	50%
<b>Total</b>	4	100%
Pruebas corregidas	2	100%

##### Resultados Iteración 2

Tabla 11 Resultados Iteración 2

	<b>Número de pruebas</b>	<b>Porcentaje</b>
Pruebas aceptadas	8	57%
Pruebas reprobadas	6	43%
<b>Total</b>	14	100%
Pruebas corregidas	8	100%

##### Resultados Iteración 3

Tabla 12 Resultados Iteración 3

	<b>Número de pruebas</b>	<b>Porcentaje</b>
Pruebas aceptadas	5	71%
Pruebas reprobadas	2	29%
<b>Total</b>	7	100%
Pruebas corregidas	2	100%

## Resultados Iteración 4

Tabla 13 Resultados Iteración 4

	Número de pruebas	Porcentaje
Pruebas aceptadas	2	50%
Pruebas reprobadas	2	50%
<b>Total</b>	4	100%
Pruebas corregidas	2	100%

## Resultados Iteración 5

Tabla 14 Resultados Iteración 5

	Número de pruebas	Porcentaje
Pruebas aceptadas	4	67%
Pruebas reprobadas	2	33%
<b>Total</b>	6	100%
Pruebas corregidas	2	100%

## Resultados Iteración 6

Tabla 15 Resultados Iteración 4

	Número de pruebas	Porcentaje
Pruebas aceptadas	7	78%
Pruebas reprobadas	2	22%
<b>Total</b>	9	100%
Pruebas corregidas	2	100%

## Resultados Iteración 7

Tabla 16 Resultados Iteración 7

	Número de pruebas	Porcentaje
Pruebas aceptadas	2	67%
Pruebas reprobadas	1	33%
<b>Total</b>	3	100%
Pruebas corregidas	1	100%

## Resultados Iteración 8

Tabla 17 Resultados Iteración 8

	<b>Número de pruebas</b>	<b>Porcentaje</b>
Pruebas aceptadas	3	75%
Pruebas reprobadas	1	25%
<b>Total</b>	4	100%
Pruebas corregidas	1	100%

## Resultados Iteración 9

Tabla 18 Resultados Iteración 9

	<b>Número de pruebas</b>	<b>Porcentaje</b>
Pruebas aceptadas	2	67%
Pruebas reprobadas	1	33%
<b>Total</b>	3	100%
Pruebas corregidas	1	100%

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

En el inicio de esta tesis específicamente en el capítulo primero, presentamos los objetivos planteados a cumplir para llegar al objetivo general. Por lo cual aquí exponemos las conclusiones respecto al cumplimiento de dichos objetivos:

- Se han identificado exitosamente el cómo se realiza el monitoreo en tierra de UAV.
- Se ha conseguido el conocimiento necesario sobre aplicaciones móviles en Android y protocolos de comunicación inalámbrica que esta maneja.
- Se ha diseñado e implementado una aplicación Android siguiendo los lineamientos de la metodología Mobile-D con lo cual se logró el monitoreo de UAV'S cumpliendo con todas las especificaciones necesarias, comunicando inalámbricamente con el Shelter de manera correcta y presentando al usuario una interfaz sencilla
- Se ha realizado una batería de pruebas completa y exhaustiva, que ha permitido validar todos los requisitos planteados inicialmente, y que ha permitido concluir que el sistema funciona correctamente en todos los aspectos solicitados integrando así la red de comunicaciones.

Así pues, una vez cumplidos todos los objetivos propuestos, podemos concluir que se ha alcanzado satisfactoriamente el objetivo general al realizar una aplicación móvil que permitió la optimización del monitoreo de UAV'S, con interfaces sencillas, eficaces y eficiente.

Como grupo de trabajo al elaborar este proyecto de investigación se ha podido superar las dificultades encontradas mediante la investigación y trabajo



tesonero. Descubriendo el gran potencial que tiene el sistema operativo Android para el desarrollo de aplicaciones móviles.

En conclusión, este proyecto ha cumplido todas nuestras expectativas puestas desde un principio en él, desde el buen funcionamiento de todo el sistema, hasta las satisfacciones que nos ha dejado el desarrollarlo.

## 5.2 Recomendaciones

En este literal vamos a presentar algunas posibles líneas de investigación que puedan servir para ampliar este proyecto:

- Control del UAV: en este proyecto se consideró solo el monitoreo de UAV'S, por lo cual una de las principales recomendaciones sería el trabajar en tener desde una Tablet a más del monitoreo el control de la aeronave.
- Plataforma de desarrollo: hemos utilizado Android debido a su amplia utilización y rápido crecimiento, pero podría trabajarse en otros sistemas operativos móviles como iOS, Ubuntu, etc., pero siguiendo el lineamiento de la metodología Mobile-D debido a que está especializada en este tipo de desarrollo.
- Comunicación Inalámbrica: para este proyecto la comunicación se la realizó mediante WiFi, pero sería de gran ayuda el utilizar otro tipo de tecnología inalámbrica para así tener mayor alcance y flexibilidad en el monitoreo, como el usar 3G, Wimax.

## Bibliografía

- [1] Pressman, R. (2005) Ingeniería del Software un enfoque práctico. Madrid, Mc Graw Hill.
- [2] Armas, P. (2012) «Modernización de la aeronave RPV Cotopaxi en el Proyecto UAV» *Aeroespacial*, vol. II, pp. 10-12, Latacunga: Fuerza Aérea Ecuatoriana
- [3] Bendayan, L. (2010) Sistema de adquisición remota de imágenes mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV). Iquitos.
- [4] Spain, I. (2010) Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVS), Madrid.
- [5] Sanchez, R. (2011) Sistemas aéreos no tripulados y espacio aéreo en Europa: una combinación estratégica, Madrid.
- [6] Penia, M. (2007) Estación de seguimiento SKY-EYE para UAVs: mecanismo de georeferenciación y ortorectificación de imágenes aéreas, Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- [7] Iza, L. Monitoreo y control de nivel del banco de pruebas automatizado para el laboratorio de bombas centrifugas a través de internet, mediante labview datalogging and supervisory control (DSC), Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- [8] Martinez, R. (2007) Comunicaciones Inalámbricas un enfoque aplicado, Ra-Ma: Alfaomega.
- [9] Carballar, J. (2007) Wi-Fi, Instalación, Seguridad y Aplicaciones, Ra-Ma: Alfaomega.
- [10] Instruments, M. (2006) «Metrologic México». [En línea]. Available: 11. [http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion\\_tecnica/estandares\\_inalambricos.php](http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion_tecnica/estandares_inalambricos.php).
- [11] Olnewz, J. (2007) Wireless# Guide to, Wireless Communications, Thompson.
- [12] Catacta-Guaita, (2011) Desarrollo e implementación de software de reconocimiento de dolares americanos dirigido a personas con discapacidad visual utilizando telefonos móviles inteligentes con sistema operativo android, Salgolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- [13] Garzon,J. (2011) La historia de android, Gabatek.
- [14] Blanco, Camarero y Fumero. (2008) Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles: Introducción al desarrollo con android y el iphone, Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- [15] V. Electronics, «Agile,» 2008. [En línea]. Available: <http://agile.vtt.fi/mobiled.html>.
- [16] Escamilla,R. (2010) Diseño, Construcción, Instrumentación y Control de un vehículo aéreo no tripulado (UAV), México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- [17] Barreiros,A. (2007) Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones, Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- [18] M. d. Defensa, (2009) 18. Sistema de Observación y prospectiva tecnológica, UAS “Unmanned Aircraft System”. Sobre su integración en el espacio aéreo no segregado, Madrid.
- [19] Flores, J. y Rivadeniera, C. (2013) Diseño e implementacion del sistema de instrumentación de un vehículo aéreo no tripulado, Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- [20] Duran,O. (2009) Geolocalización usando tecnología wifi (Wireless Fidelity), México: Universidad Nacional Autónoma de México.