

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



MARIANO ALBERTO MARTÍNEZ BERGANZA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL
LIDAR LEICA RCD30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA
DE DATOS EN LAS FASES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EN EL
MIRADOR PETÉN, GUATEMALA C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

MARIANO ALBERTO MARTÍNEZ BERGANZA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López

VOCAL PRIMERO

Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. M. Sc. Cesar Linneo García Contreras

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz

VOCAL CUARTO

P. Agr. Josué Benjamín Boche López

VOCAL QUINTO

M. E. H. Rut Raquel Curruchich Cumez

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

Guatemala, noviembre de 2015

Honorable Junta Directiva.
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **“ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR LEICA RCD30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS EN LAS FASES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EN EL MIRADOR PETÉN, GUATEMALA C.A.”**; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Mariano Alberto Martínez Berganza

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por regalarme la vida, ser mi guía en el camino de la búsqueda del más alto propósito y aspiraciones nobles de mi corazón, a ti mi amigo y salvador te dedico mi vida, logros, talentos, metas y cada una de mis fuerzas que me han llevado a ser una persona íntegra que trata de ponerte en el primer lugar, gracias por tu amor y por darme la oportunidad de soñar y creer.

A MIS PADRES: David Augusto Martínez López y Lesbia Elizabeth Berganza Berganza, por creer en mi desde niño, por inspirarme a ser una persona que trascienda, por darme valores cristianos, y la excelencia personal, este título es un reflejo de la semilla de amor que depositaron en mi, agradezco sus sacrificios especialmente de mi mamá que ha sido un ejemplo inagotable de que a pesar de las circunstancias puedo hacerlo mejor, gracias por aceptar mis defectos y amarme incondicionalmente, mamá tu amor no tiene límites.

A MIS HERMANOS: Carlitos por ser la persona que me ha enseñado que cuando uno desea algo se puede alcanzar, gracias por ser un ejemplo de que no hay límites más que los que uno se ponga, gracias por tus consejos, por ser mi hermano mayor que siempre cuida de mí y que quiere lo mejor, Lisbeth por ser mi hermanita y ser una persona que se preocupa por mi bienestar, siempre estás pendiente que no tome malas decisiones y eso lo valoro mucho, a Davisito, Julisa, Paco y Lily por formar parte del legado de mi papá, y porque sé que para él siempre han sido parte importante de su linaje, también valoro que sean un ejemplo de éxito y de fe cristiana.

A MIS ABUELOS: A papa Carlitos, mama pipina, papa vi y mama pia les agradezco por iniciar el camino de las bendiciones que hoy experimento, ser un ejemplo de esfuerzo, fe, humildad, honestidad, voluntad, dignidad, nobleza y amor, siempre que miro para atrás en mi árbol del recuerdo, siempre escucho grandes historias, y desde muy pequeño me inspiran a ser como mis grandes héroes que son ustedes, gracias por el legado de fe en Jesús que han puesto en mi corazón.

A MI FAMILIA: En especial a mis tíos, primos, cuñada y sobrinos los amo infinitamente, espero que esto sea un ejemplo para que sepan que todo se puede con Dios, el apoyo de la familia y la autoconfianza.

A MIS AMIGOS: Y familia extendida, independientemente del tiempo que tengo de conocerlos a cada uno y una de ustedes, se han ganado un lugar muy especial en mi corazón, cuentan conmigo incondicionalmente y confío en que ni el tiempo ni la distancia cambiará lo que hay entre nosotros. Gracias por todo Melvin, Claudia, Anita, Diego Castañeda, Henry Rodas, Silvia aqueyay, Raul Raquena, Erick Marroquin, Alex Muy, Gabriela Guzman, Melissa Morales, Allan Caravantes, Edgar Armas, Cristian Lara, Sayury y cada uno con los que curse y compartí en la FAUSAC

AGRADECIMIENTOS

A el Colegio Bilingüe Campo Real.

Por haberme cambiado para bien, formándome durante los mejores años de mi vida, por enseñarme el valor de la familia y de los amigos y la hermandad, especialmente a mis amigos Luis, Víctor, Jorge, Roberto, Raulito, Maryorie y a la profesora Silvia, por enseñarme el potencial que tenemos en la vida.

A la Facultad de Agronomía y la USAC.

Por ser mi alma mater, por haberme visto convertirme en un hombre de bien y en profesional, por enseñarme que tengo un compromiso con el pueblo de Guatemala y que al pueblo es a quien me debo.

A mi grupo de trabajo en la FAUSAC en RNR.

A Melissa, Claudita, Edgar, Anita, Diego, Melvin, por compartir momentos únicos y especiales, por respetar mis convicciones y además por compartirlas, por creer en mí, por su apoyo, nunca lo olvidare ¡GRACIAS COMPAÑEROS!

A la Iglesia Adventista Del Séptimo Día.

Por haber sido parte indispensable de mi vida, a cada persona con la que e compartido más allá de una religión, o de algo tradicionalista, hemos compartido el amor de Dios.

A mis supervisores y asesores.

Carlos Búcaro y Cesar Linneo gracias por todo el apoyo, la solidaridad y la amistad brindada durante este proceso.

A Tecnología de Negocios S.A.

Gracias por haberme permitido realizar mi EPS en su institución, por haberme enseñado tanto, por su hospital durante mi estadía en la empresa tanto como en el Petén y en las oficinas centrales ubicada en la ciudad capital de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ESTRUCTURA DE LA EMPRESA TECNOLOGÍA DE NEGOCIOS, S.A.	1
1.1 Presentación	2
1.2 Marco Referencial	3
1.2.1 Ubicación geográfica	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 Metodología	5
1.4.1 Fase 1. Fase inicial de gabinete	5
1.4.2 Fase 2. Fase final de gabinete.....	5
1.5 Resultados	6
1.5.1 Información primaria	6
1.5.2 Proyectos elaborados desde el año 2007 al 2015 por el Departamento de Ingeniería y Estructura de la Empresa Tecnología de Negocios, S.A.	7
1.5.3 Organigrama del Departamento de Ingeniería e Infraestructura de la Empresa Tecnología de Negocios, S.A.	8
1.5.4 Principios y valores de la Empresa Tecnología de Negocios, S.A.	11
1.5.5 Metas del Área de Ingeniería e Infraestructura.....	13
1.6 Conclusiones.....	15
1.7 Bibliografía	16

CAPÍTULO II COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR LEICA RED30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS, EL MIRADOR PETÉN, GUATEMALA, C.A.	17
2.1 Glosario.....	18
2.2 Introducción.....	19
2.3 Marco Teórico	20
2.3.1 Marco conceptual.....	20
2.3.2 Marco Referencial	27
2.4 Objetivos	38
2.4.1 Objetivo General.....	38
2.4.2 Objetivos específicos	38
2.5 Metodología	39
2.5.1 Evaluación de hardware y software del Drone UX5 con como propuesta de monitoreo en el Mirador, Petén	39
2.5.2 Descripción de las Variables de monitoreo para la evaluación del hardware y del software para el drone UX5 y el LIDAR leica rcd 30	43
2.5.3 Evaluación del software para el drone UX5	47
2.5.4 Matrices de Ventaja y Desventajas.....	48
2.5.5 Metodología para propuesta de recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR Leica rcd30 para la cuenca el Mirador, Petén	49
2.6 Resultados	50

CONTENIDO	PÁGINA
2.6.1 Resultados de la evaluación del hardware y Software del drone UX5 con aplicación de monitoreo en el Mirador, Petén	50
2.6.2 Propuesta técnica para recopilación de datos por medio de LIDAR	78
2.7 Conclusiones.....	95
2.8 Recomendaciones	97
2.9 Bibliografía	99
CAPITULO III SERVICIOS REALIZADOS	103
3.1 Supervisión para el plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de rutas viales en el tramo Carmelita-el Tintal, San Andrés, Petén	104
3.1.1 Presentación	104
3.1.2 Objetivos	105
3.1.3 Metodología	106
3.1.4 Resultados.....	108
3.2 Bibliografía	115
3.3 Anexos.....	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Valores empresariales de Tecnología de Negocios S.A.	13
Cuadro 2: Evaluación de ventajas y desventajas del Drone UX5	48
Cuadro 3: Evaluación del hardware para plan de vuelo del Drone UX5	52
Cuadro 4: Evaluación del hardware para cámara fotogramétrica del drone UX5	60
Cuadro 5: Relación entre altura y resolución	62

Cuadro 6: Evaluación del hardware para el GPS e INS del Drone UX5	68
Cuadro 7: Evaluación de ventajas y desventajas de la propuesta del Drone UX5	75
Cuadro 8: Evaluación de ventajas y desventajas de la propuesta del LIDAR Leica rcd30.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oficinas de la empresa Tecnología de Negocios S.A.	3
Figura 2. Reuniones Administrativas del departamento de Ingeniería e Infraestructura del personal administrativo de planificación y gestión de obras.....	6
Figura 3. Organigrama del Departamento de Ingeniería e Infraestructura.....	8
Figura 4. Proyecto de puentes en donde se diseñó y ejecutó por el Departamento de Ingeniería Civil.....	10
Figura 5. Circuito de trabajo en el mirador Petén.....	28
Figura 6. Flujo de trabajo del drone UX5.....	39
Figura 7. Diagrama de metodología de propuesta de evaluación de Hardware y software para monitoreo	42
Figura 8. Representación del e-box que contiene el hardware del Drone UX5	51
Figura 9. Cámara Sony sin espejo NEX-ST de 16.1 mega pixeles	65
Figura 10. Software del Drone UX5 en la fase de planificación de misiones.....	73
Figura 11. Diagrama de propuesta para recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR.....	78
Figura 12. Puntos digitales de la superficie, para poder realizar cubiertas en el terreno para suelos.....	81
Figura 13. Cálculo de las alturas medias, para biomasa y Co2 con aplicación de Inventario Forestal	83

CONTENIDO	PÁGINA
Figura 14. Variación índice KP en un período de 3 días.....	85
Figura 15. Reunión para planificación de trabajo con el -CONAP-.....	108
Figura 16. Se observa el equipo de trabajo para supervisión Forestal en campo, en los cuales se encuentran personas de la Cooperativa Carmelita, del -MARN- y del -CONAP-.....	109
Figura 17. Toma de datos en Campo para el control y supervisión Ambiental.....	110
Figura 18. Árboles a extraer a lo largo del sendero.	111
Figura 19 A. Especies forestales identificadas en la zona de estudio a lo largo del tramo del sendero Carmelita-El Tintal.....	116
Figura 20 A. Lista general de los arboles a extraer.....	117
Figura 21 A. Lista general de los arboles a extraer.....	118

RESUMEN

La empresa Tecnología de Negocios, S.A. busca incursionar con ventajas competitivas en los temas referentes al cambio climático, y de la ingeniería civil, en el departamento de ingeniería y estructura de la empresa. Manejan parámetros de calidad, utilizando “Diferentes soluciones en distintas situaciones” es por ello que ahora están incursionando en el tema de sistemas de información geográfico por medio de drones y de LIDAR para Guatemala.

Los métodos Drone UX5 y LIDAR Leica rcd30; como nuevos aportes en el entorno natural de Guatemala y en el área del Mirador; están tomando relevancia en la agricultura, agroforestería y monitoreo estructural; esto debido a sus funciones como herramientas facilitadoras de eficacia tecnológica, para la generación de nuevos conocimientos geográficos y georeferenciados.

El diagnóstico se realizó con la finalidad de conocer a la empresa Tecnología de Negocios S.A. especialmente en el departamento de ingeniería y estructura. Para poder ver cuáles eran los enfoques de trabajo en el corto, mediano y largo plazo Este diagnóstico es presentado en el primer capítulo de este trabajo.

En el segundo capítulo, como parte de la Investigación, se realizó la comparación de el rendimiento de imagen del Trimble UX5 Aerial Imaging Rover y los flujos de trabajo optimizados de Trimble Business Center Photogrammetry para permitir la creación de precisión y calidad sin precedentes en el monitoreo, en un área densa de bosque como lo es el de la cuenca del Mirador. Esto en comparación a la adquisición de datos LIDAR.

Finalmente, en el último capítulo, se presentan los servicios realizados en el EPS. El que consistió en supervisar y apoyar un plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de la ruta vial (sendero)

para ejecutar un mejoramiento de las condiciones de transitabilidad turística, sin afectar la biodiversidad ni la naturalidad paisajística del sendero. Incluyendo actividades de salvamento y saneamiento y extracción forestal a lo largo de un sendero ubicado entre la Comunidad de Carmelita y el campamento del Sitio Arqueológico El Tintal, San Andrés.

CAPÍTULO I
DIAGNOSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ESTRUCTURA DE LA
EMPRESA TECNOLOGIA DE NEGOCIOS S.A.

1.1 Presentación

La empresa Tecnología de Negocios S.A. busca incursionar con ventajas competitivas en los temas referentes al cambio climático, y de la ingeniería civil, en el departamento de ingeniería y estructura de la empresa. Manejan parámetros de calidad, utilizando “Diferentes soluciones en distintas situaciones” es por ello que ahora están incursionando en el tema de sistemas de información geográfico por medio de drones y de LIDAR para Guatemala

La información fue obtenida por documentos secundarios, capacitaciones y de entrevistas realizadas a la Lic. Susel Ruano, encargada de la administración de la empresa y del departamento de ingeniería y estructura.

La empresa Tecnología de Negocios S.A. es una empresa dedicada a ofrecer servicios y productos de alta calidad, contando con el respaldo de las mejores marcas en diversas ramas comerciales, con el fin de satisfacer las necesidades del mercado Guatemalteco. Inicio sus operaciones en el 2007, y en la actualidad cuenta con un creciente de experiencia y trabajo.

El presente diagnóstico se realizó con la finalidad de conocer la empresa Tecnología de Negocios S.A. especialmente en el departamento de ingeniería y estructura. Para poder ver cuáles eran los enfoques de trabajo en el corto, mediano y largo plazo.

El diagnóstico permitió crear una propuesta para el uso del drone UX5, para el monitoreo de construcciones de la empresa, siempre considerando las metas y proyectos a ejecutar dentro del marco de trabajo de Tecnología de Negocios S.A.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Ubicación geográfica

La empresa Tecnología de Negocios S.A. se encuentra dentro del país de Guatemala, en el departamento de Guatemala municipio de Mixco, en San Cristóbal, en la 0 calle 3-34 Sector B-5 zona 8 de Mixco San Cristóbal 1, en las coordenadas 91° 36' y 14° 36'.

En la figura 1 se muestra la sede central de la empresa Tecnología de Negocios S.A. y del departamento de ingeniería y estructura.



Figura 1. Oficinas de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

Fuente: Martínez Mariano, 2014

1.3 Objetivos

1.4 General

Conocer la situación actual del área de Ingeniería y estructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

1.4.1 Específicos

1. Conocer los principios y valores de la empresa Tecnología de Negocios S.A.
2. Recopilar por medio de información secundaria y reuniones administrativas los parámetros de calidad, metas esperadas en el departamento de ingeniería y estructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

1.5 Metodología

El procedimiento que se realizó para obtener los resultados presentados en este informe, se describen a continuación:

1.5.1 Fase 1. Fase inicial de gabinete

A. Recopilación de información.

- a) Se recolectó información documental y se identificó los parámetros de calidad que se utilizan para satisfacer los requisitos en cada uno de los proyectos realizados y ejecutados de la empresa Tecnología de Negocios S.A. en el área de ingeniería y estructura.
- b) Por medio de reuniones administrativas se conoció cuáles son las metas actuales esperadas en el área de ingeniería y estructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.
- c) Se recolectó información secundaria donde se puede conocer los principios y valores de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

1.5.2 Fase 2. Fase final de gabinete

A. Análisis de la información.

- a) Se Procesó la información recolectada tanto en forma documental y en las reuniones administrativas y se ordenó lo que se buscaba en los objetivos.
- b) Se Generó el informe final del plan de diagnóstico del departamento de ingeniería y estructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

1.6 Resultados

1.6.1 Información primaria

Estos resultados se lograron en base a reuniones de trabajo entre las cuales se explicaron las metas en el departamento de ingeniería e infraestructura, organigrama de trabajo, principios y valores de la empresa así como el poder conocer los aspectos del drone UX5 como el punto de investigación para la empresa.



Figura 2. Reuniones Administrativas del departamento de Ingeniería e Infraestructura del personal administrativo de planificación y gestión de obras

Fuente: Martínez Mariano, 2014

En la figura 2 se puede observar una exposición Reuniones Administrativas del departamento de Ingeniería e Infraestructura del personal administrativo de planificación y gestión de obras.

1.6.2 Proyectos elaborados desde el año 2007 al 2015 por del departamento de ingeniería y estructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

El departamento de Ingeniería y Estructura inicia sus operaciones en el año 2007 las actividades laborales que han realizado en el transcurso de los años hasta el año 2015 son las siguientes:

1. **Proyectos en el sector público:** Se generan proyectos para diferentes entidades gubernamentales ofreciendo los productos o servicios como carreteras, construcción e instalación de hospitales, construcción de muros de contención y gaviones, construcción de edificios (más de 3 niveles), agua potable, drenajes, polideportivos, techos, pozos mecánicos, plantas de tratamientos, hidroeléctricas, estufas mejoradas, empedrado y construcción de viviendas.(2)
2. **Proyectos en el sector privado:** Se posee la distribución y representación de distintas marcas que permiten generar proyectos innovadores, entre estas marcas se encuentran, D-Link, lenovo, Marcy, Polar, Forza y life fitness.

Esto ha permitido la construcción de los lugares de promoción de dichas marcas, además de realizar puentes Bailey, puentes de Metal, puentes bóvedas, pasos transversales, levantamiento topográfico y agrimensura, dragados de succión, movimiento de tierras, estudio de Suelos Geotécnicos.(2)

3. **Potabilización de agua y medio ambiente:** En el área de Ingeniería e Infraestructura, se está innovando el utilizar métodos especializados para el manejo de químicos y construcciones con un lado amigable con el ambiente como la utilización de sistemas de información geografiaca, y bpm industriales.(2)

1.6.3 Organigrama del departamento de ingeniería e infraestructura de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

En base a la investigación de fuente primaria se pudo determinar cuál es la estructura del departamento de Ingeniería e infraestructura, en la figura 3 se representa el organigrama determinado por la siguiente estructura:

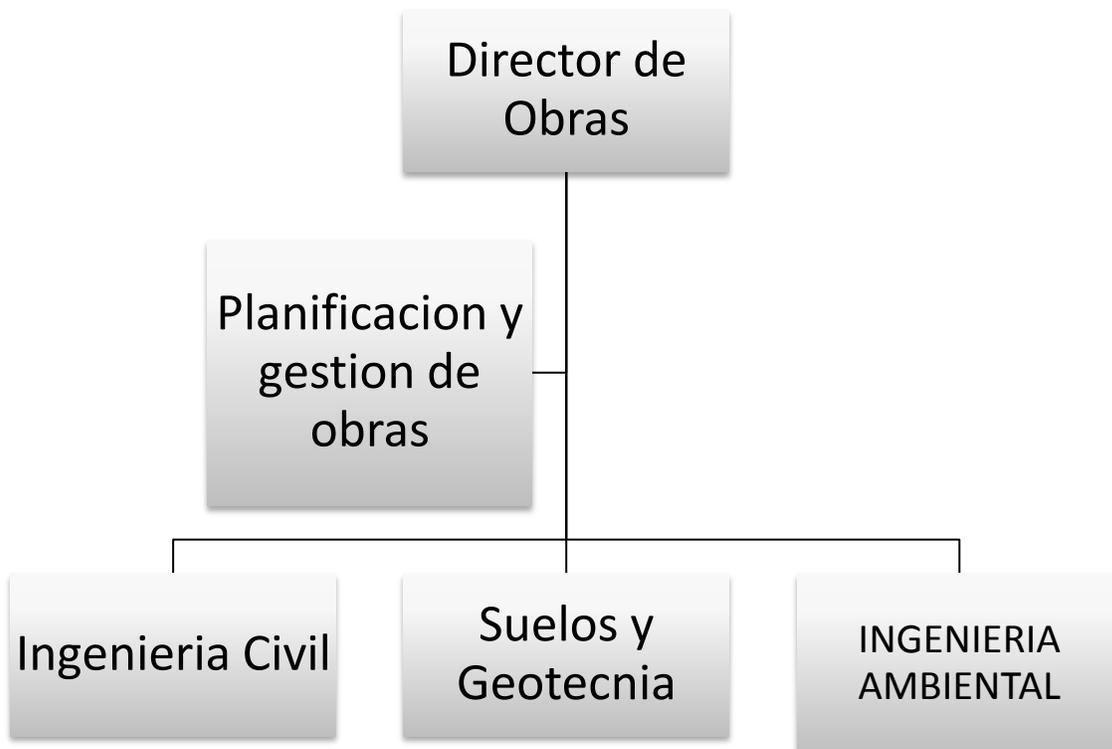


Figura 3. Organigrama del Departamento de Ingeniería e Infraestructura

Fuente: Martínez Mariano, 2014

A continuación se describe como es esta integrado el organigrama con sus respectivas funciones:

- **Director de obras:** Este rubro en el organigrama lo dirige el gerente general administrativo quien es el coordinador de los proyectos desde la parte de pre. Inversión, hasta la parte de monitoreo y ejecución donde recibe apoyo de cada uno de las sub-unidades del departamento de Ingeniería como parte del poder delegar responsabilidades específicas. (2)

Otra de las funciones del coordinador de obras es el de presentar los proyectos que se han adquirido y poder transmitir esta información, con la finalidad de dar los siguientes pasos técnicos y legales de la empresa. (2)

- **Planificación y gestión de obras:** Este rubro está coordinado por la administradora de empresa de la compañía, el departamento de logística y el departamento Legal de la empresa, dentro de los cuales se distribuyen de la siguiente forma. (2)
- ✓ **Administradora de empresa:** Dentro de sus múltiples funciones esta la parte de prefactibilidad, específicamente en la metodología financiera de todo proyecto, verificando con contadores que se lleven los procesos de este rubro económico con una fluidez y parámetros de cumplimientos adecuados, también es encargada de supervisar cada aspecto de la oficina interna, según el normativo interno de la empresa.
- ✓ **Departamento de logística:** Su función es la de planificar en base al presupuesto y a la base legal del proyecto el cómo se realizara la promoción, traslado, viajes, compra de materiales, interacción con los actores principales de la empresa, monitoreo de personal, gestionar y estructurar si es para el sector publico licitaciones del estado.

- ✓ **Departamento legal:** Este departamento es el encargado de todo trámite pertinente a los renglones de legitimidad, contratos, y demás procesos de asesoramiento en el contexto de ser una empresa de sociedad anónima.

Ingeniería Civil: En este departamento se llevan el diseño final y ejecución de obras, dentro de este departamento se cuenta con personal profesional con experiencia, dibujante y personal de construcción, en la figura 4 se puede observar un proyecto de puentes en Escuintla en donde se diseñó y ejecuto por el departamento de Ingeniería civil



Figura 4. Proyecto de puentes en donde se diseñó y ejecutó por el Departamento de Ingeniería Civil

Fuente: Martínez Mariano, 2014

- **Suelos y geotecnia:** En este departamento se estudia por medio de instrumentos de laboratorio de suelos en el renglón de resistencia, granometría, perforación de pozos, movimiento de tierra, prueba de asfalto y concreto para carreteras, y demás proyectos en torno al tema de suelo y geología.
- **Ingeniería con aspectos ambientales y agrimensura:** Este departamento es el más nuevo dentro del área de ingeniería e infraestructura ya que en el 2013 se

incorporó el poder trabajar la topografía con fines de agrimensura, planimetría, sin embargo debido a los avances de catastro la empresa a adquirido equipos topográficos de doble frecuencia, Drone UX5, LIDAR, para poder tener diversidad de tecnología para funciones de agricultura de precisión, en el área ambiental se a puesto dentro del área de ingeniería el principio de la sostenibilidad ecológica con fundamento holístico dentro del cual se considera el cuidar el ambiente, es por ello que se quiere ir mejorando esta área del departamento de Ingeniería e Infraestructura ya que aporta tecnología y el equilibrio del sistema en que vivimos.(2)

1.6.4 Principios y valores de la empresa Tecnología de Negocios S.A.

La empresa de tecnología de negocios s.a tiene la característica de buscar el liderazgo e integridad humanístico de cada uno de los miembros de la institución, es por ello que al comprender estos pilares del sustento de éxito se puede aprender cual es el sistema intrínseco que permite el crecimiento de la empresa, cabe mencionar que los principios y valores están dados por la experiencia de otras sociedades anónimas exitosas como lo son la Toyota, Walt Disney, LG electronics y otras fuentes de inspiración. (2)

1. **Principios:** Dentro de los principios con que se laboran se encuentran los siguientes:
 - (a) Planificar: Siempre antes de desarrollar un proyecto se debe de planificar y llevar el procedimiento necesario con el área administrativa de la empresa.
 - (b) Calidad: Una de los términos con los cuales se acepta a una persona para laborar, o una oferta de negocios, es que se esté dispuesto a trabajar siempre con estándares altos. (2)

- (c) Clientes: Los clientes son los que tienen la razón, siempre y cuando no se incumplan los principios de planificación y calidad.
 - (d) Innovación: Uno de las cualidades más importantes de la empresa es siempre aportar algo nuevo a la sociedad guatemalteca y de ser posible en el extranjero.
 - (e) Justo a Tiempo: Ser una empresa que todo lo que haga sea con la menor cantidad de recursos en el tiempo preciso o puntual de entrega. (2)
2. **Valores:** Los siguientes valores de la empresa Tecnología de Negocios S.A., siendo estos pilares y fundamentos en el desarrollo integral de cada empleado, es por ello que se considera que se tiene claro que todos los días se aprende algo, además de tener la motivación empresarial, algo muy importante es el tener claro que la preparación mediante el aprendizaje de todas las técnicas y recursos necesarios para el buen manejo de un negocio, son esenciales para la gente de negocios de hoy. Para poder evolucionar con nuestras ideas de negocios se requiere de aprender cosas que no sabemos y en el mundo empresarial actual, el que no evoluciona está destinado a la desaparición, por lo que solo queda prepararse y aprender cosas nuevas cada día (2)

Tal como lo muestra el cuadro a continuación, los valores empresariales de Tecnología de Negocios S.A. son seis, los que conllevan a comprender la importancia de la simplicidad de los mismos.

Cuadro 1. Valores empresariales de Tecnología de Negocios S.A.

Integridad	Compromiso
Honestidad	Ética Profesional
Lealtad	Ser Creativo

Fuente: Martínez Mariano, 2014

1.6.5 Metas del Área de Ingeniería e Infraestructura

La empresa se caracteriza por tener proyectos extensos por lo cual centran recursos y esfuerzos en lograr estos procesos dentro de las cuales se encuentran:

- **Meta en el corto Plazo (5 años)**

1. Proyecto de infraestructura básica en el circuito carmelita-mirador para ser entregado en julio del 2014
2. Perforación y estudio de Suelos en el Salvador y en otras partes de Guatemala para el año 2014- 2016.
3. Monitoreo en Guatemala utilizando LIDAR y Drones.
4. Construcciones e infraestructura
5. Proyectos ambientales y sociales

- **Meta en el mediano Plazo (10 años)**
 1. Creación de base de datos LIDAR y de Drone para uso de GIS en Guatemala
 2. Elaboración de proyectos de agrimensura de precisión
- **Meta al largo plazo (15 años)**
 1. Trascender a nivel internacional por la tecnología e información de GIS y uso de tecnología de monitoreo de construcción.

1.6 Conclusiones

- Se identificaron 6 principios y valores en la empresa Tecnología de Negocios S.A. Estos son: compromiso, ética Profesional, ser creativo, lealtad, honestidad e integridad.
- Se identificaron que el departamento de ingeniería y estructuras tienen metas al corto, mediano y largo plazo, en donde su proyección es a la utilización de drones y el sistema LIDAR, como una propuesta para solucionar problemas geográficos, enfocado al medio ambiente y a la construcción.

1.7 Bibliografía

1. Ruano, S. (15 de Marzo de 2014). Analisis financiero para la evaluacion de los dos metodologias georeferenciadas. Guatemala, Tecnología de Negocios, Gerente Administrativa. (M. A. Martinez Berganza, Entrevistador).
2. Martínez Berganza, C. A. (23 de Marzo de 2014). Plan de uso de monitoreo del dron UX5 y LIDAR Leica RCD30. Guatemala, Tecnología de Negocios, Asesor Técnico de Ingeniería. (M. A. Martinez Berganza, Entrevistador).

CAPITULO II

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR LEICA RED30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS, EL MIRADOR PETÉN, GUATEMALA, C.A.

COMPARISON OF THE TWO SYSTEMS GEOREFERENCED UX5 DRONE AND LEICA LIDAR RED30 FOR MONITORING AND GEOGRAPHIC DATA COLLECTION, THE LOOKOUT PETÉN GUATEMALA, C.A.

2.1 Glosario

Drone	Aeronave que vuela sin tripulación , controlado desde el suelo por medio de sensores georeferenciados.(31)
DSM	(Modelo Digital superficial) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continúa del terreno.(31)
DTM	(Modelo Digital del Terreno) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continúa del terreno. (31)
E-BOX	Contenedor para la electrónica de vuelo, para el Drone. (30)
Propelino	Es un hidrocarburo perteneciente a los alquenos, incoloro e inodoro. Es un homólogo del etileno. Como todos los alquenos presenta el doble enlace como grupo funcional. (3)
PIXEL/CM	Cada uno de los elementos que componen una imagen, dispuestos matricialmente en filas y columnas en valores de cm. (31)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, es un acrónimo en ingles para la palabra drone. (30)

2.2 Introducción

Los métodos Drone UX5 y LIDAR Leica rcd30; como nuevos aportes en el entorno natural de Guatemala y en el área del Mirador; están tomando relevancia en la agricultura, agroforestería y monitoreo estructural; esto debido a sus funciones como herramientas facilitadoras de eficacia tecnológica, para la generación de nuevos conocimientos geográficos y georeferenciados. Esta metodología se basa en una generación de nubes de puntos precisos, con aplicación de mapas temáticos, que conllevando a ahorrar tiempo de trabajo, utilizando escasos recursos físicos.

La recopilación de datos geográficos con el uso de el LIDAR Leica rcd 30, con lleva el beneficio de medir datos extras como el DSM (Digital Surface Model) o DTM (Digital Terrein Model); que sirve para analizar la cantidad de biomasa en un bosque para poder vender bonos de carbono.

La propuesta del uso del Drone UX5 para monitoreo puede ser utilizado a nivel de estudio de plagas en un bosque.(Rodríguez Sánchez, 2012), ortofotos recientes con resolución de imágenes de 2.4cm/pixel, y monitoreo de proyectos en condiciones geográficas complicadas, esto conlleva el concepto de no usar un piloto tripulado, ya que su fundamento radica en poder gestionar datos geográficos sin el riesgo humano, ideal para proyectos con mucha nubosidad, área de riesgo de deslaves, y areas boscosas no densas.(Martínez Berganza, 2014)

2.3 Marco Teórico

2.3.1 Marco conceptual

A continuación se presentan algunos conceptos teóricos que son necesarios para la realización de la investigación.

2.3.1.2 Drone

Un UAV (Unmanned Aerial Vehicle) es una aeronave genérica diseñada para operar sin un piloto humano a bordo, este término ha sido utilizado en trabajos geomáticos, aunque existen otros términos para denominarlos.

Aunque tiene su origen en el campo militar o de espionaje, desde la primera experiencia en 1979, los UAV se han convertido en una nueva herramienta para la medición fotogramétrica. Actualmente, existen más de veinte modelos comerciales de UAV para registro cartográfico. . (UVS International, 2013)

2.3.1.3 LIDAR

(Light detection and ranging) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y y z. LIDAR, que se utiliza principalmente en aplicaciones de representación cartográfica láser aéreas, está surgiendo como una alternativa rentable para las técnicas de topografía tradicionales como una fotogrametría. LIDAR produce data sets de nube de puntos masivos que se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir usando ArcGIS. (Rodriguez Sánchez, 2012)

2.3.1.4 Drone UX5 cámara

La cámara UX5 tiene - a diferencia de una cámara compacta tradicional - un sensor de imágenes de gran tamaño que captura imágenes muy nítidas de gran colorido, incluso en condiciones de oscuridad o nublados. El 16,1 MP cámara y su óptica de encargo dan la UX5 la capacidad de capturar datos de hasta 2.4 cm (0.94 pulgadas) de resolución.(Trimble)

2.3.1.5 LIDAR Leica rcd30

El LIDAR posee las siguientes descripciones técnicas 60MP y 80MP individuales cabezales de cámara ofrecen co-registrados, las imágenes multiespectrales RGBN, Forward Motion Compensation Mecánica (FMC) a lo largo de dos ejes Sistema de lentes estabilizado endurecidos y térmico con bayoneta innovadora de montaje y de usuario obturador central reemplazable con la abertura de alta precisión controlada automáticamente Concepto modular para standalone sola, multi cabezal y configuraciones oblicuas(Leica Geosystems, 2014)

2.3.1.6 Imágenes Multiesprectales

Las imágenes multiespectrales son una tecnología sofisticada que se desarrolló para resolver los problemas de captación de huellas digitales que sufren los sistemas de imágenes convencionales en condiciones que no son ideales.

El problema principal es que las tecnologías convencionales dependen del contacto completo y sin obstrucciones entre la huella digital y el sensor, una condición que escapa al mundo real. (ArcGIS Resources, 2013)

2.3.1.7 Punto de Nubes LIDAR

Se denomina “nube de puntos” o pointcloud a un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional, sin topología alguna que los relacione. Estos vértices se definen normalmente por sus coordenadas XYZ, y suelen representar muestras de la

superficie externa de un objeto. Su densidad o distribución atiende exclusivamente al método con que haya sido creada la data set.(ArcGIS Resources, 2013)

2.3.1.8 Tipos de LIDAR

- **Terrestres estáticos:** mediante un geoposicionamiento se sitúan en distintos lugares para obtener varios escaneos, que en un post-proceso serán conjuntados en un solo dataset. Es el más común para trabajos de edificaciones, patrimonio, etc.
- **Terrestre dinámico:** también conocido como *Mobile Mapping*, donde se montan el sistema LIDA sobre algún vehículo terrestre (todoterrenos, quads, trenes, etc.) y con una equipación especial realiza un escaneo continuo, que va generando un dataset en los alrededores de la ruta por la que pasa. Utilizado en mantenimiento de carreteras, paisajismo, urbanismo, etc
- **Aéreo:** es un montaje en una aeronave especialmente adaptada, que va escaneando el terreno cenitalmente. En muchos casos, este tipo de equipamiento emite haces de gran diámetro, de forma que les permite clasificar las muestras en función de la cantidad de luz recibida de vuelta, para detectar masas arbóreas, agua (ríos, lagos, mar), etc. Muy utilizado en todos los campos de la topografía.(ArcGIS Resources, 2013)
- **Batimétrico:** es para escanear suelos marinos, con un montaje parecido al aéreo pero sobre un barco, y con tecnología adaptada para medir correctamente sobre un medio líquido.(ArcGIS Resources, 2013)

2.3.1.9 Formatos del LIDAR

A pesar de la relativa sencillez de este tipo de datos, existen múltiples variantes de formatos utilizados, en función del fabricante del equipamiento, los sensores conectados al dispositivo, y los programas de post-procesado utilizados. Los más importantes son los siguientes:

- **XYZ:** el formato más básico, que almacena en ASCII solamente la información de coordenadas de los vértices.
- **PTS:** formato ASCII propietario de *Leica*, capaz de almacenar información asociada a cada vértice y de separar distintos conjuntos de puntos.
- **PTX:** el formato complementario al PTS, también de *Leica*, que almacena por separado cada una de las sesiones de escaneado y la información de calibración del escáner, así como las matrices de transformación del marco de coordenadas de referencia.
- **LAS:** el estándar de facto para los escaneos LIDAR aéreos, público y bien documentado. Capaz de almacenar múltiple información sobre los vuelos y escaneos, y de clasificar la información por capas, cuenta además con LAStools y LASlib, un paquete software *open-source* desarrollado por la Universidad de Carolina del Norte
- **SD:** formato ampliamente utilizado para muestreos 3D, normalmente con escáneres de mano.

2.3.1.10 Sistemas Georeferenciados

Un Sistema de Información Georeferenciada (GIS) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. (ArcGIS Resources, 2013)

2.3.1.11 Fotogrametría

En fotogrametría aérea, se busca el solape o recubrimiento entre dos fotografías consecutivas para formar un par estereoscópico. De esta forma y mediante la adecuada disposición de las imágenes y la utilización de instrumentos aptos para ello, es posible visualizar el objeto en 3D, por lo que se podría registrar tridimensionalmente. (ArcGIS Resources, 2013)

2.3.1.12 Sensores Laser de Barrido

La última tecnología incorporada al mundo de la Geomática (finales del siglo XX), ha sido el registro mediante escáner láser de barrido o LIDAR. Se ha utilizado LIDAR, tanto aéreo como terrestre, para la documentación de monumentos, principalmente porque se pueden registrar gran cantidad de datos tridimensionales muy precisos en un corto espacio de tiempo. (Ariza López, 2013)

Estos datos vienen representados por una nube de puntos con coordenadas XYZ en sistema de coordenadas común, proporcionando al usuario la comprensión de la distribución espacial del objeto. Además, estos datos pueden incluir información adicional, como la intensidad del pulso láser o el color. Esta técnica se ha convertido en una útil herramienta en la documentación del patrimonio cultural, ya que permite modelar tanto superficies lisas como superficies con grabados. (Ariza López, 2013)

2.3.1.13 Métodos directos o indirectos utilizados comúnmente para la fotogrametría

Se puede realizar el registro tridimensional de dos formas: por medio de restitución fotogramétrica, de manera asistida por un operador que mediante visión estereoscópica dibuja los elementos (tanto planimétricos como altimétricos) que en las imágenes aparecen; o por medio de correlación fotogramétrica donde, mediante un algoritmo de comparación de imágenes, se calculan puntos tridimensionalmente de manera no asistida. (Ariza López, 2013)

Ambas operaciones, y otras necesarias en el proceso fotogramétrico, se llevan a cabo utilizando estaciones fotogramétricas digitales que son la combinación de hardware, de visión y movimiento especiales, y software apropiado instalados sobre un ordenador. (Ariza López, 2013)

Los métodos directos que son los que emplean directamente un instrumento de medición para obtener la magnitud (tamaño) del fenómeno que se quiere conocer, y los métodos indirectos que además del instrumento de medida se requiere realizar cuando menos una operación matemática.

Las cámaras utilizadas para dicho proceso estereoscópico o de captación de imágenes según el soporte utilizado para la captura son:

- Digitales o analógicas (utilizan una película, que posteriormente será necesario digitalizar en escáneres especiales).
- Según la precisión: métricas, semimétricas o no métricas.
- Según su disposición: aérea o terrestre.

2.3.1.13 Métodos indirectos

Tratan de obtener las coordenadas terreno para un conjunto de puntos en cada modelo, en principio seis, distribuidos regularmente en los extremos del mismo. Si bien esta situación podría ser posible en bloques fotogramétricos de muy pocos modelos, no lo es cuando el número de modelos es elevado, debido al coste, temporal y económico, que tienen los trabajos de campo necesarios. (Ariza López, 2013)

Por esta causa, es habitual aprovechar las cualidades métricas de los modelos fotogramétricos para a partir del conocimiento de las coordenadas terreno en un número mínimo de puntos del bloque, distribuidos adecuadamente, obtener coordenadas terreno para todos los puntos restante de los modelos que lo integran. A este proceso se le

denomina aerotriangulación, y es una metodología ampliamente utilizada. (Ariza López, 2013)

A los puntos a los que se les dota de coordenadas terreno se les denomina en Fotogrametría puntos de apoyo. Estos puntos, a los que se les confía la bondad de la métrica de todo el trabajo fotogramétrico, deben cumplir una serie de condiciones:

- En la fotografía, debe estar perfectamente identificados.
- En campo, deberá poderse identificar de forma clara, ser plenamente accesible y, por supuesto, encontrarse en la misma ubicación que cuando se tomó en la imagen.

2.3.1.14 Métodos directos

La evolución e integración que han experimentado tanto los sistemas de navegación GNSS – usándose para la gestión, control del vuelo y obtención de las coordenadas de los centros de los haces perspectivas capturados por las cámaras digitales – como los sistemas inerciales INSIMU – que observan con precisión los giros de la cámara -, posibilitan la obtención directa de los parámetros de la orientación externa, no siendo preciso complementar estos datos con datos de apoyo de campo para algunos tipos de proyectos, o reduciendo el número de puntos de apoyo significativamente en caso de no obtenerse con la suficiente precisión. (Ariza López, 2013)

Un receptor GNSS permite, observando según técnicas relativas en postproceso, la determinación de posiciones con precisiones inferior al decímetro, imposibles de conseguir por otros procedimientos, pero ni está diseñado para evaluar magnitudes angulares, ni las que se podrían obtener a partir de varios receptores GNSS que se colocasen próximos en la aeronave serian suficientemente precisas. (Ariza López, 2013)

2.3.2 Marco Referencial

2.3.2.1 Ubicación

La cuenca de El Mirador, acoge entre otros sitios arqueológicos como el Mirador, la ciudad más grande de los Mayas, y a la segunda en tamaño, Tintal, (Ambas más grandes que Tikal, la superpotencia del Clásico), además de Nakbé la ciudad más antigua de los Mayas en las tierras bajas. (Hansen, 1998)

El camino, inicia en una zona deforestada con cultivos de la comunidad de Carmelita; luego se introduce en el bosque y sigue entre colinas bajas bordeando las zonas de bajos o humedales, el camino llega al sitio arqueológico La Florida a 8.94 km de distancia de la comunidad y unos 2.3 horas de caminata. (Hansen, 1998)

Luego de La Florida hay otro tramo similar hasta llegar a el Tintal (7.61 km de recorrido), este se encuentra a 16.55 km al noreste de la aldea Carmelita. Fue una poderosa ciudad con dos grupos monumentales uno pegado al bajo con un foso que lo rodea por tres lados (2.2 km de largo, ancho de 15 m y una profundidad de 8 m) y varios edificios monumentales; aquí está uno de los tres grupos tríadico que tiene una base de 105 m por 78 m y de 44 m de alto, una cancha para el juego de pelota, la más grandes del área y otros grupos de edificios (Castañeda & Hansen, 2006)

El Parque Nacional Mirador-Río Azul se ubica en la Reserva de la Biosfera Maya, en jurisdicción de los municipios de San Andrés, San José, Flores y Melchor de Mencos, departamento de Petén. (CONAP, 2009)

Para facilitar la comprensión de la ubicación y dadas las características geográficas del área, la información se organizó en dos sectores.

- El Sector Oeste que incluye los Sitios Arqueológicos El Mirador, Nakbe y sus accesos desde Carmelita y Uaxactún.

Flores-San Andrés- Carmelita- El Mirador

El recorrido inicia en Flores, siguiendo la Ruta Flores-Carmelita (89 km de los cuales 35 son asfaltados y 54 de terracería). Luego se recorre 65 km de senderos y calzadas mayas en una caminata de dos días a través del bosque hasta llegar al sitio arqueológico El Mirador. (CONAP, 2009)

Flores-Uaxactun-Nakbe- El Mirador

El recorrido inicia en Flores, siguiendo la Ruta Flores-Uaxactun, atravesando el Parque Nacional Tikal (88 km de los cuales 65 son asfaltados y el resto -23- de terracería). Al llegar a Uaxactun se continúa por el camino que conduce al Cruce Santa Isabel, donde se desvía hasta llegar al campamento Yucatán, donde finaliza el recorrido en vehículo de doble tracción. (CONAP, 2009)

Luego se camina durante cuatro horas para llegar al campamento La Lientina, donde se pernocta. Al siguiente día se caminan tres horas por un sendero hasta llegar al sitio arqueológico Nakbe y tres horas adicionales recorriendo la calzada maya hasta llegar al sitio arqueológico El Mirador. (CONAP, 2009).

Vía Helicóptero a El Mirador

Desde el Aeropuerto Internacional La Aurora se realiza un recorrido en helicóptero de una hora treinta minutos de duración. Desde el Aeropuerto Internacional de Flores el recorrido posee una duración de veinte minutos. (CONAP, 2009)

Sector Este Flores-Biotopo Dos Lagunas

El Biotopo Dos Lagunas se ubica al norte de Tikal a 180 km desde Flores, Petén. La principal vía de acceso es a través de la Ruta Flores-Uaxactun, atravesando el Parque Nacional Tikal (88 km de los cuales 65 son asfaltados y 23 de terracería). Al llegar a Uaxactun se recorre la brecha de 49 km hacia el Norte durante aproximadamente cinco

horas a través de senderos y antiguos caminos madereros hasta la Sede Administrativa El Cedro. (CONAP, 2009).

2.3.2.2 Clima

El clima es tropical, con una temperatura promedio entre 21 y 30 grados centígrados y un promedio de 1,136 milímetros de precipitación anual que fluctúa estacionalmente (CONAP, 2009).

Se dan las estaciones seca o verano y lluviosa o invierno, la temporada seca o de verano abarca usualmente los meses de febrero a mayo y tomando en cuenta eventos climáticos como “El Niño” pueden pasar hasta tres meses sin lluvia.(CONAP, 2009)

2.3.2.3 Flora

En el Parque se encuentran diversos tipos de bosques, caracterizados según Castañeda, así:

Bosque Alto. Los bosques altos son los más ricos y exuberantes del Petén, con árboles de 40 a 50 metros de altura, donde se distingue la existencia de Zapotales que se encuentran mayormente en sitios como Tintal, Caracol, Xulnal, el campamento El Guacute y La Florida. (Castañeda & Hansen, 2006)

- Caoba (*Swietenia macrophylla*),
- Cedros (*Cedrela mexicana*, *C. odorata*),
- Ceiba (*Ceiba pentandra*),
- Chico Zapote (*Achras zapota*),
- Pucté (*Bucida buceras*),
- Copó o Amate (*Ficus* sp.),
- Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*),
- Ramón (*Brosimum alicastrum*).

Bosque Ramonal o Ramonales. Los bosques de Ramón (*Brosimum alicastrum*), son el tipo predominante de los terrenos elevados del área de El Mirador, y se extiende al norte hacia la Biosfera de Calakmu en estos bosques existe también abundancia de chacah (*Burseraceae: Bursera simaruba*), el que pudo haber tomado un papel muy importante en el asentamiento de sitios Mayas Preclásicos, ya que este árbol es la especie preferida para la quema de piedra caliza y la manufactura de la cal Maya. (Castañeda & Hansen, 2006)

Los bosques inundables o bajos. Abarcan hasta 100 km² durante la época de lluvia, usualmente con grandes poblaciones del árbol de Tinto (*Haematoxylum campechianum*), donde es posible observar aves, gran diversidad de orquídeas, así como huellas de mamíferos y especies endémicas como el cabro bayo (*Mazama pandora*) (Castañeda & Hansen, 2006)

2.3.2.4 Fauna

En cuanto a la fauna, es posible encontrar diversas especies de mamíferos, reptiles, aves que son parte de la diversidad natural del ecosistema incluyendo las siguientes

- Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*),
- Cabrito (*Mazama americana*),
- Tepezcuintle (*Agouti paca*),
- Coche de Monte (*Tayas sutajacu*),
- pizotes (*Nasuan arica*),
- Armadillo (*Dasypus novemcintus*)
- Lagarto (*Cocodrilus moreletti*),
- Salamandras (*Bolitoglosa sp.*),
- Tortugas (*Dermatemys sp.*),
- cantil (*Agkistrodon bilineatus*),
- Coral (*Micrurus sp.*),
- barba amarilla (*Bothrops asper*)

- Cascabel (*Crotalus durissus*)
- loro real (*Amazona farinosa*),
- Oropéndola (*Zarhynchus wagleri*),
- Pájaros Carpinteros (*Campephilus guatemalensis*),
- faisán (*Crax rubra*),
- cojolita (*penélopepurpurascens*),
- Gavilán (*Buteospp.*),
- rey zope (*Sarcoramphus papa*),
- zopilote Común (*Cathartes aura*),
- Vencejo tucán (*Ramphastuss ulfuratus*)

En el sector de El Mirador, estudios del Proyecto Arqueológico revelaron la presencia del Falso Vampiro (*Vampyrum spectrum*). Este murciélago es el más grande del hemisferio, y fue encontrado en el área de Nakbe. (Castañeda & Hansen, 2006)

Los ecosistemas de bosque alto y serranía son hábitat de especies carismáticas como el Jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), el jabalí (*Tayasu tajacu*), ocelote (*Felix pardalis*), mono aullador (*Allouata pigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), venado cola blanca (*Odocoileusvirginianus*) y el tapir (*Tapirus bairdii*). (Castañeda & Hansen, 2006)

2.3.2.5 Caracterización de los Atractivos

La zona está nuevamente cubierta de bosque y es el área mejor conservada de la región, gozando de una extraordinaria mezcla del patrimonio natural y cultural. Por su posición geográfica, el Parque Nacional y el Biotopo forman el corazón de la Selva Maya, conectando las áreas protegidas de Guatemala, México, y Belice. (CONAP, 2009)

De igual forma, el área provee conectividad entre los bosques altos y húmedos de Petén y los bosques bajos y secos de Yucatán, y por ende abastece de especies a ambas eco-regiones.

Los sitios del Oeste del parque forman parte del Reino Kan, posiblemente el primer estado Maya y del Hemisferio Occidental, y se interconectan por un sistema de calzadas antiguas. Hoy en día, la zona tiene un alto potencial para la conservación, la puesta en valor de su increíble patrimonio, y el desarrollo socio-económico local y nacional por medio del turismo a continuación se resume estos puntos de interés (CONAP, 2009)

SECTOR OESTE: MIRADOR-NAKBE

- Sitio Arqueológico El Mirador
- Estructura La Danta en el Sitio Arqueológico El Mirador
- Red de Calzadas Mayas
- Huellas de especies carismáticas como el Jaguar y el Tapir
- Cultura forestal en Carmelita

SECTOR ESTE: RIO AZUL-DOS LAGUNAS

- El Desierto
- Recintos funerarios Mayas de Río Azul
- Sitio Arqueológico Río Azul
- Observatorio Astronómico Maya de Uaxactun
- Fauna endémica
- Cultura Forestal en Uaxactun

Se incluyen la Pirámide La Danta, como la estructura de mayor volumen del mundo antiguo, la red de calzadas mayas que conectan los sitios arqueológicos y especies carismáticas en peligro de extinción como el Jaguar (*Panthera onca*) y el Tapir (*Tapirus bairdii*). (CONAP, 2009)

2.3.2.6 LIDAR en América Latina

El Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) financió un proyecto conjunto, llamado “Caracterización de los Aerosoles Estratosféricos y Troposféricos sobre América Central y del Sur,” entre la Universidad de Buenos Aires, la estación LIDAR de Camagüey (Cuba) y la Universidad de Rutgers, con el objeto de mejorar las observaciones de aerosoles en esta región.(Leica Geosystems, 2014)

A fin de impulsar los objetivos fijados en el proyecto, se organizó un Taller sobre las Mediciones LIDAR en América Latina, que se desarrolló en Camagüey, Cuba entre el 6 y el 8 de marzo de 2001.

El taller también fue financiado por el Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP) y el Programa sobre los Procesos Estratosféricos y su Relación con el Clima (SPARC). Los objetivos específicos del taller fueron promover la comunicación y la cooperación entre los miembros de la comunidad científica involucrados en la investigación LIDAR en América Latina, y planear futuros proyectos de investigación LIDAR en la región.

Es importante desarrollar una red global de LIDAR para vaLIDAR y completar los registros satelitales. Como el Hemisferio Norte está bastante bien representado, este taller se centró en los Trópicos y el Hemisferio Sur, aprovechando los observatorios de LIDAR existentes en América Latina.(Leica Geosystems, 2014)

2.3.2.7 Interacción hombre-robot con vehículos aéreos no tripulados basada en visión (utilizando estrategias de evaluación en Software y Hardware) en México

En la tesis para grado de Maestro en Ciencias en Computación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados ´ del Instituto Politécnico Nacional de Cd. Victoria, Tamaulipas, México en noviembre del año 2,012 Daniel Soto Guerrero evaluó el desarrollo de una interfaz entre un vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés) y una persona.(Guerrero Soto, 2012)

La interfaz propuesta en la tesis se basa en el reconocimiento de gestos que el usuario realiza con su dorso y brazos, capturados por una cámara de video montada en el vehículo aéreo también, con el uso de un dispositivo láser para uso de la triangulación visual, estimar la distancia entre el vehículo y el usuario.(Guerrero Soto, 2012)

En el capítulo de estrategias describe el enfoque propuesto para abarcar los objetivos de tesis y las herramientas empleadas en el hardware y software, respecto del hardware, se describe totalmente el proyecto, sus componentes y arquitectura donde se menciona la importancia de la cámara; en cuanto a software, se describe la arquitectura de la aplicación desarrollada. La aplicación lleva como nombre IHRVANT por Interfaz Hombre-Robot con un Vehículo Aéreo No Tripulado. Además, el capítulo describe los escenarios de trabajo en los que la interfaz fue desarrollada y probada. (Guerrero Soto, 2012)

2.3.2.8 Diseño, Construcción, Instrumentación y control de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) en México

En la tesis para obtener el grado en Ingeniero en control y automatización en el Instituto Politécnico Nacional de la escuela superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica de Cd. De México D.F en noviembre de 2010 Rafael Escamilla Núñez realizo un prototipo basado en la orientación de los UAV para vuelo en línea recta, por lo que tuvo que familiarizarse con principios aerodinámicos entre ellos el ala, peso, perfil aerodinámico y fuselaje.

En el capítulo cuatro que lleva por nombre instrumentación del prototipo se menciona los aspectos importantes del hardware como lo es el INS o IMU.(Nuñes Escamilla, 2010)

2.3.2.9 Sistema de navegación de un cuadricoptero guiado por movimiento de manos para operaciones de búsqueda y rescate en Ecuador

La tesis de grado de Ingeniero Eléctrico de la Universidad Politécnica Salesiana con sede en Ecuador en el año 2013 Roberto Carlos Guerrero y Francisco Javier Coronel realizan un sistema para operaciones de búsqueda y rescate con un UAV con una plataforma de simulación de vuelo para operarlo por medio de un control de gestos para este fin utilizaron el software Autodesk Inventor donde fueron programados en LABVIEW, en el

capítulo 1.3 que lleva por nombre Hardware, se menciona la importancia de la cámara HD con sus sensores para la alta definición al momento de búsqueda y rescate. (Ortiz Padilla & Pulla Arévalo, 2012)

2.3.2.10 El sistema LIDAR aplicado a la geomática, generando modelos digitales de elevación (MDE) en México

La Universidad Autónoma de México, por parte de la carrera de Ingeniería, en la tesis de grado de ingeniero geomántico Sergio Galván Pineda, en el año 2014 expone el poder conocer más acerca del funcionamiento, características y manera de trabajar con el sistema LIDAR, para generar modelos de elevaciones con software especializado, además de aprender a crearlos.

Así mismo saber de algunos usos y aplicaciones en diversas ramas de la ingeniería en las cuales es empleado y se podrán conocer las ventajas y desventajas del sistema. (Pineda Galván, 2014)

2.3.2.11 Análisis de los factores que influyen en la precisión de un MDE y estimación de parámetros forestales en zonas arbustivas de montaña mediante datos LIDAR en España

En la universidad Politécnica de Valencia en la tesis de grado doctoral Javier Estronell Cremades menciona que un alto porcentaje de la superficie forestal de la zona Mediterránea de España está cubierta por masas arbustivas densas y bajas. La elevada dificultad que supone su gestión, junto con el desconocimiento del comportamiento de estas masas, hace necesario el desarrollo de herramientas eficaces para su mejor gestión y análisis.

El sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) ha sido ampliamente utilizado en el ámbito forestal para estimar variables que caracterizan la estructura de los bosques. Sin embargo, pocas investigaciones se han centrado en la vegetación arbustiva, es por este

motivo que se resalta en este estudio los algoritmos necesarios para determinado fin, entre ellos el cálculo de biomasa. (Cremades Estronell, 2013)

2.3.2.12 Diseño, optimización y análisis de sistemas basados en técnicas láser, para el modelado geométrico, registro y documentación, aplicados a entidades de interés patrimoniales en España

El objetivo de la presente tesis doctoral es el desarrollo e implementación de un sistema para mejorar la metodología de extracción de la información geométrica necesaria asociada a los procesos de documentación de entidades de interés patrimonial, a partir de la información proporcionada por el empleo de sensores láser, tanto aéreo como terrestre.

Para ello, inicialmente se realiza una presentación y justificación de los antecedentes y la problemática en el registro de información geométrica para el patrimonio, detallando todos aquellos sistemas de registro y análisis de la información geométrica utilizados en la actualidad.

Este análisis permitirá realizar la comparación con los sistemas de registro basados en técnicas láser, aportando sugerencias de utilización para cada caso concreto. Posteriormente, se detallan los sistemas de registro basados en técnicas láser, comenzando por los sensores aerotransportados y concluyendo con el análisis pormenorizado de los sensores terrestres, tanto en su aplicación en modo estático como móvil.

Se exponen las características técnicas y funcionamiento de cada uno de ellos, así como los ámbitos de aplicación y productos generados. Se analizan las fuentes de error que determinan la precisión que puede alcanzar el sistema.

Tras la exposición de las características de los sistemas LIDAR, se detallan los procesos a realizar con los datos extraídos para poder generar la información necesaria para los diferentes tipos de objetos analizados(Arranz, 2013)

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Analizar dos sistemas georeferenciados ,el drone UX5 y el LIDAR LEICA rcd 30 para monitoreo y recopilación de datos geográficos para las fases de construcción el mirador, Petén

2.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar Hardware y Software del drone UX5 como propuesta de monitoreo en las fases de construcción el mirador, Petén
- Realizar una propuesta técnica para recopilación geográfica de datos, por medio del LIDAR Leica rcd30 en El Mirador, Petén

2.5 Metodología

2.5.1 Evaluación de hardware y software del Drone UX5 con como propuesta de monitoreo en el Mirador, Petén

Para poder realizar una evaluación del sistema del drone UX5 es necesario analizar si el hardware, que es un conjunto de volúmenes de las base de datos junto con dispositivos asociados a su control y el software que es la interface de almacenamiento de Datos (C.J. Date, 2001) son capaces de monitorear un área de complicaciones geográficas como es el Mirador Petén.

En la figura 6 se encuentra la metodología el se presenta el flujo de trabajo según las etapas o fases de los ítems necesarios para realizar el trabajo, esta información se fundamenta en la experiencia y fabricación de la empresa Trimble. (Trimble, 2014)

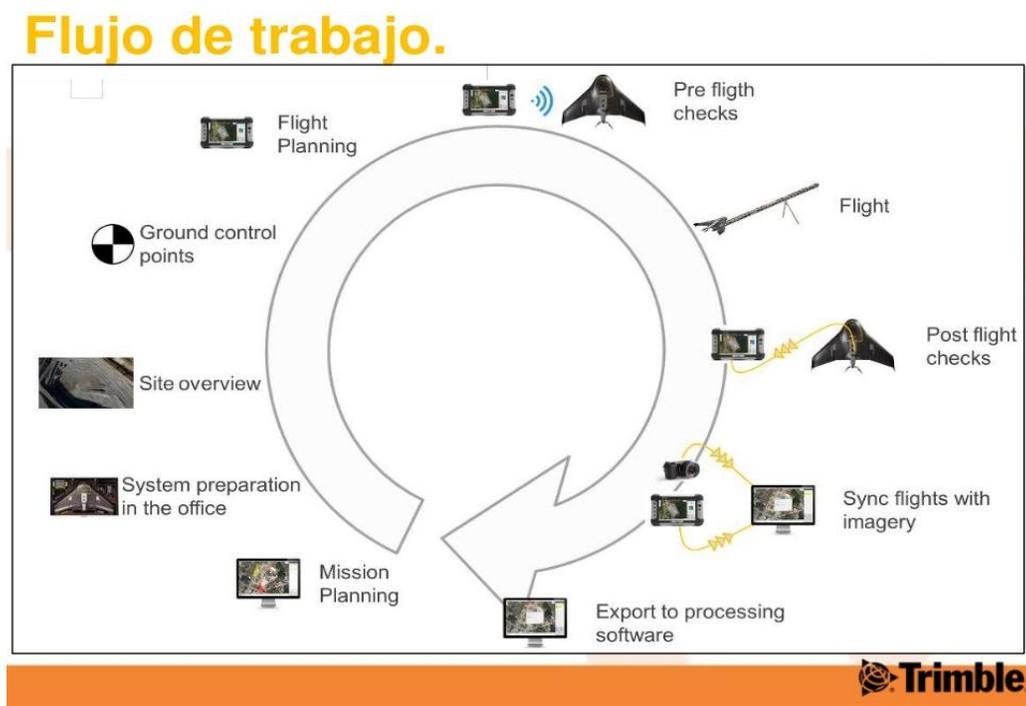


Figura 6. Flujo de trabajo del drone UX5

Fuente: Página oficial de Trimble en el año 2014

En la figura del flujo de trabajo del dron UX5 se puede observar cómo es que se realizan los procesos desde la fase de planeación hasta la exportación de datos, en la fase de gabinete inicial, se encuentra la planeación de la misión por medio del software de oficina, es importante posteriormente realizar una revisión del lugar de trabajo, esto puede hacerse desde el monitor de la computadora o en campo, a partir de ahí se puede determinar cuántos puntos de control son necesarios para asegurar la imagen a tomar, la primera fase termina con la planeación de vuelo, posteriormente se procede a la fase de campo donde en base al plan de vuelo se hacen los últimos chequeos necesarios para ejecutar el vuelo, desde la distancia permitida entre la plataforma de despegue vs cualquier obstáculo (esta distancia está establecida en el manual del dron UX5), en el campo aun se puede determinar un chequeo de la información después del vuelo, en la fase de gabinete final, se une la información de vuelo del software con las imágenes, para poder exportarlas en el formato de entrega.

En base al flujo de trabajo se tomo para esta metodología los puntos claves tanto para la fase de gabinete inicial, gabinete final y la fase de campo para desarrollarlos y evaluarlos vs los ítems de monitoreo los cuales se describen a continuación:

Fase de Gabinete Inicial y final

- **Evaluación del plan de vuelo:** El diseño de todo dron está en función de que el hardware cumpla con los principios aéreos dinámicos que se ven reflejados en el peso, fuselaje, hélice (propulsión), etc., es necesario evaluar estos factores con el ambiente a desarrollarse el monitoreo. (Pineda Galván, 2014)
- **Evaluación del software dron UX5:** Es necesario evaluar como es llevado la planificación de la misión de vuelo y en el procesamiento de imágenes para ello es necesario ver los recursos del software para saber sus alcances de monitoreo. (Pineda Galván, 2014)

Fase de Campo

- **Evaluación de cámara fotogramétrica:** La evaluación de la cámara como hardware es prioritario al momento de monitorear, ya que se suelen utilizar cámaras de pequeño o medio formato, no tomando en cuenta los mega pixeles adecuados para el detalle y sensores de la cámara que le complementen, de esta parte dependerá la performance del dron UX5 para toma de datos fotográficos. (Ortiz Padilla & Pulla Arévalo, 2012)
- **Evaluación del GPS y INS:** En estos años de estudio del hardware de un dron se busca evaluar la disponibilidad de sistemas de posicionamiento GPS/INS fiables, ya que este sistema deberá proporcionar los parámetros para no perder calidad en las coordenadas del punto medido, (Pineda Galván, 2014)

Para la evaluación correspondiente se tomara los siguientes pasos:

- 1) **Matriz de doble entrada:** Se realizara una matriz por cada una de las partes generales, desglosándolas en Items específicos tanto de Hardware y Software del dron UX5 que irán en una de las entradas de la matriz y en la otra entrada se encuentran las variables de monitoreo.(Bertoli, 2014)

La ponderación está determinada según indicadores establecidos y explicadas en cada matriz de evaluación, por lo cual después de obtener los resultados se explicara los motivos del punteo de forma técnica.(Martínez Berganza, 2014)

- 2) **Matriz de Ventajas y Desventajas:** Es la parte donde se puede concluir objetivamente en cuanto en cuan eficaz, a las variables se detallan en la matriz.

En la figura 7 se representa el diagrama de la metodología para la propuesta de evaluación de hardware y software para monitoreo. (Martínez Berganza, 2014)

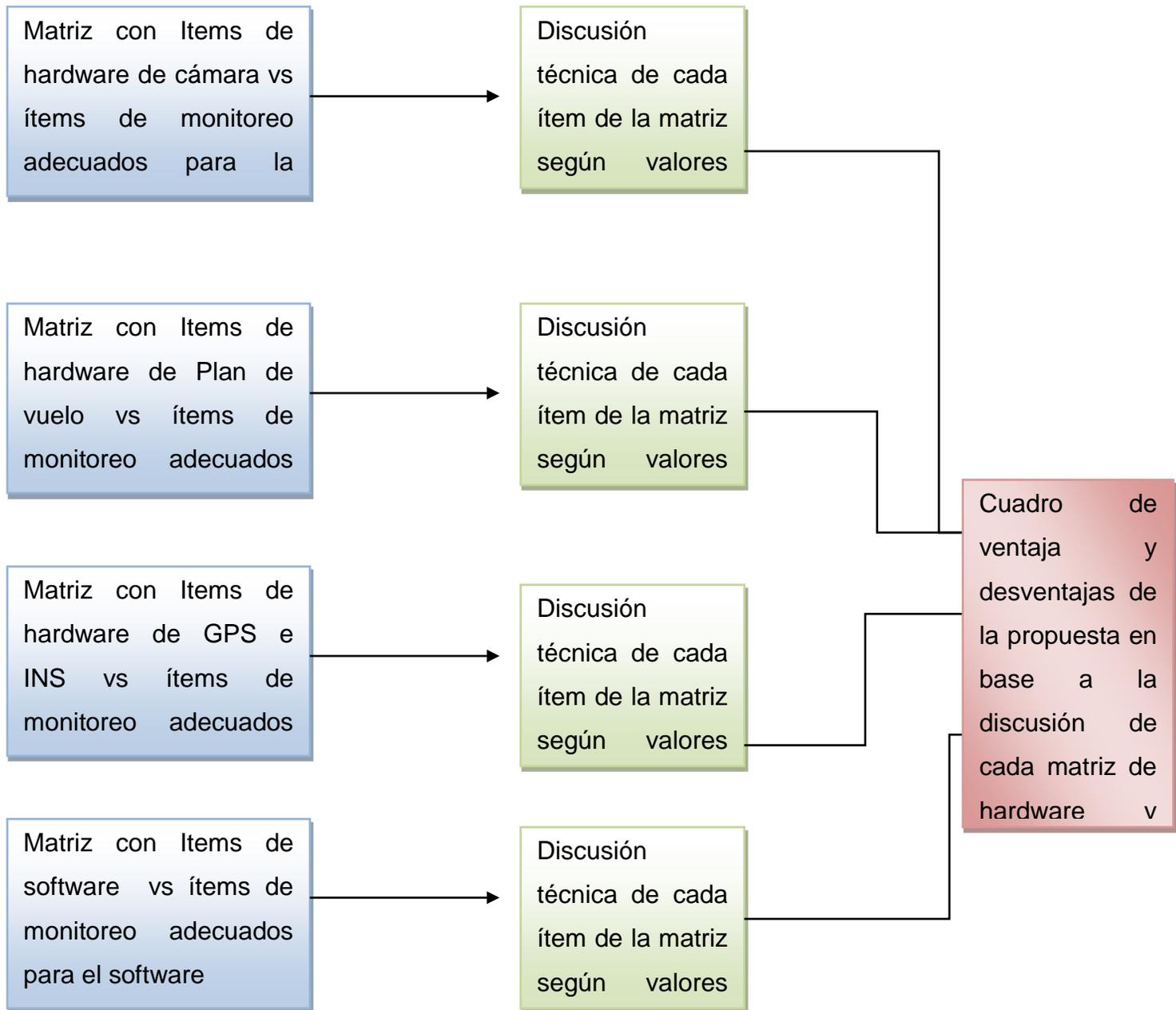


Figura 7. Diagrama de metodología de propuesta de evaluación de Hardware y software para monitoreo

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

2.5.2 . Descripción de las Variables de monitoreo para la evaluación del hardware y del software para el drone UX5 y el LIDAR leica rcd 30

Con la evolución de la información fotogramétrica en el avance de proyectos de desarrollo de software, es necesario evaluar la calidad con la que se realizan las actividades y tareas establecidas, así como el seguimiento y control de los recursos humanos y materiales que se disponen en el desarrollo del mismo.(Bertoli, 2014)

Las variables propuestas a evaluar son determinantes en los factores más usuales en el monitoreo de un proyecto como indicadores de eficiencia y eficacia con drones para fotografía los cuales se describen a continuación:

- **Calidad:** La calidad es una propiedad inherente de cualquier estudio, que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie; Sin gestión de calidad existirán muchos factores de riesgo en los proyectos o servicios como inconformidad de los clientes, incremento de costos, entre otros.(Llorens Fabregas, 2006).
- **Diseño:** En el monitoreo de proyectos se produce una simbiosis entre lo que se espera cumplir de los objetivos planificados y el poder garantizar la calidad del diseño de un proyecto cuidando el proceso que se va a seguir, incluyendo definiciones acerca de cómo intervendrán los participantes en el proyecto (Kendall & Kendall, 2011).
- **Tiempo:** Esta parte del monitoreo hace énfasis en tener en cuenta todos los procesos necesarios para lograr la conclusión del proyecto a en el plazo óptimo.(Llorens Fabregas, 2006).
- **Control:** Tiene como objetivo principal el mantener el proyecto alineado con sus objetivos,(Llorens Fabregas, 2006)

- **Reporte:** En el monitoreo de proyectos es importante dar un reporte fotogramétrico de avance, ya de esta forma se puede comprobar el avance del proyecto. (Martínez Berganza, 2014)

A continuación se describe como se pondero de forma cualitativa a cada ítem a evaluar, según el flujo de trabajo y los aspectos de monitoreo antes mencionados.

2.5.2.1 Matriz de doble entrada de evaluación del hardware para plan de vuelo y GPS del drone UX5

Uno de los propósitos de la empresa trimble en la creación del el drene UX5 es la innovación en el diseño actual de imágenes aéreas.

Su predecesor el Gatewing X100 no podía soportar los embates del clima como lo hace el UX5(Trimble, 2014).La ponderación que se ingresa para el análisis de plan del vuelo del drene están basadas en las siguientes determinaciones técnicas:

- **Calidad Alta para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar del plan de vuelo evita totalmente los riesgos de monitoreo y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo.(Martínez Berganza, 2014)
- **Calidad Media para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar del plan de vuelo evita los riesgos de monitoreo pero no resuelve los problemas de gestión geográfica, además de una resistencia no total, es decir que puede ser afectado algún ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo. (Bertoli, 2014)
- **Calidad Baja para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar del plan de vuelo no evita los riesgos de monitoreo y no resuelve los problemas de gestión geográfica, además de una no resistencia, es decir que puede ser afectado totalmente algún ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo. (Martínez Berganza, 2014)

- **Mejora del Control de Monitoreo:** Es cuando los ítems a evaluar hacen que los objetivos del proyecto se cumplan de manera más eficiente, con el contexto a que tiene un efecto significativo en el diseño.(Martínez Berganza, 2014)
- **Poca mejora en el Control del Monitoreo:** Es cuando los ítems a evaluar hacen que los objetivos del proyecto se cumplan de manera más eficiente, con el contexto a que tiene no tienen un efecto significativo en el diseño(Martínez Berganza, 2014)
- **Tiempo óptimo para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar hace del plan de vuelo más óptimo que cualquier otro medio de monitoreo, es decir vía terrestre haciendo un costo justificado de vuelo.(Martínez Berganza, 2014)
- **Tiempo normal para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar hace del plan de vuelo más el mismo tiempo que cualquier otro medio de monitoreo, es decir vía terrestre haciendo un costo no justificado de vuelo(Martínez Berganza, 2014)

Estos ITEMS, fueron justificados y descritos no así realizando matrices ya que se considera técnicamente adecuado solo su argumentación (Martínez Berganza, 2014)

2.5.2.2 Matriz de doble entrada de evaluación del hardware para cámara fotogramétrica del DRON UX5

La empresa trimble ha desarrollado un plan de cámara para cubrir varios klm^2 la cual trabaja perfectamente a la sensibilidad de luz y rango dinámico de visión, además de tener una resolución hasta de 2.5 cm/pixel (Trimble, 2014).La ponderación que se ingresa para el análisis de la cámara fotogramétrica del drene están basadas en las siguientes determinaciones técnicas:

- **Calidad Alta para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar de la cámara fotogramétrica puede detallar imágenes con resolución entre 2.5 -6cm/ pixel para evitar riesgos en el proyecto y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente

de trabajo a la sensibilidad de luz y en el rango dinámico de visión(Martínez Berganza, 2014).

- **Calidad Media para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar de la cámara fotogramétrica puede detallar imágenes con resolución entre 7 -15cm/ pixel para evitar riesgos en el proyecto y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo a la sensibilidad de luz y en el rango dinámico de visión(Martínez Berganza, 2014).
- **Calidad Baja para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar de la cámara fotogramétrica puede detallar imágenes con resolución entre 16 -25 cm/ pixel para evitar riesgos en el proyecto y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo. a la sensibilidad de luz y en el rango dinámico de visión(Martínez Berganza, 2014).
- **Mejora del Control de Monitoreo:** Es cuando los ítems a evaluar hacen que los objetivos del proyecto se cumplan de manera más eficiente, con el contexto que tiene un efecto significativo en el diseño.(Martínez Berganza, 2014).
- **Poca mejora en el Control del Monitoreo:** Es cuando los ítems a evaluar hacen que los objetivos del proyecto se cumplan de manera más eficiente, con el contexto que no tienen un efecto significativo en el diseño.
- **Tiempo óptimo para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar hace de las imágenes y mapas más óptimo que cualquier otro medio de monitoreo, es decir vía terrestre o de fotografía tanto ortofotos, imágenes satelitales, y fotografías del (IGN) haciendo un costo justificado de vuelo.(Martínez Berganza, 2014).

- **Tiempo normal para Monitoreo:** Es cuando el ítem a evaluar hace de las imágenes y mapas es igual que cualquier otro medio de monitoreo, es decir vía terrestre o de fotografía tanto orto fotos, imágenes satelitales, y fotografías del (IGN) haciendo un costo no justificado de vuelo.(Martínez Berganza, 2014).
- **Excelente Reporte de monitoreo:** En el monitoreo se necesita hacer un reporte, si la cámara fotogramétrica del Dron UX5 es capaz de producir una resolución de 3cm/pixel, y poder interpolar estas imágenes a un reporte es considerado excelente información de respaldo de monitoreo.

2.5.3 Evaluación del software para el drone UX5

Para poder tener una ejecución adecuada del proyecto de trabajo, es importante analizar cada una de las características de los sistemas operativos software de los cuales la ponderación son las siguientes:

- Calidad
- Tiempo
- Control

Los cuáles serán ponderados por medio de cómo se manejaría en el post proceso de campo en los cuales se toman en cuenta los siguientes ITEMS:

- Trimble Business Center
- Trimble Access

Estos ITEMS, fueron justificados y descritos no así realizando matrices ya que se considera técnicamente adecuado solo su argumentación (Martínez Berganza, 2014)

2.5.4 Matrices de Ventaja y Desventajas

En el cuadro 2 de se consideran los puntos más importantes exponiéndolo en ventajas y desventajas de cada uno de los ítems evaluados. (Bertoli, 2014)

Cuadro 2: Evaluación de ventajas y desventajas del Drone UX5

	Cuadro resumen para el Drone UX5	
Item/Monitoreo	Ventajas	Desventajas
Software		
Cámara		
Plan de Vuelo		
GPS/INS		

Fuente Propia: Elaborado por Mariano Martínez

2.5.5 Metodología para propuesta de recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR Leica rcd30 para la cuenca el Mirador, Petén

La metodología esta con base a los procesos con lo que cuenta la empresa Tecnología de Negocios S.A. en investigaciones del LIDAR y de revisión bibliográfica de España, a continuación se desglosa los pasos que se tomaron en cuenta para la metodología:

- Revisión de bibliografía respecto a la cuenca El Mirador específicamente información geográfica.(Martínez Berganza, 2014).
- Se realizó la consulta de información bibliográfica que se generó en estudios previos utilizados como fuentes secundarias de información, estos estudios fueron tesis realizadas en España, también se tomo en el análisis artículos relacionados con el tema de geografía y topografía, páginas de internet que proporcionaron información del tema, . (Martínez Berganza, 2014).
- Se realizó un análisis temático con los elementos que cuenta la empresa Tecnología de Negocios S.A. para poder elaborar la propuesta técnica.(Martínez Berganza, 2014).

2.6 Resultados

2.6.1 Resultados de la evaluación del hardware y Software del drone UX5 con aplicación de monitoreo en el Mirador, Petén

Se realizó una evaluación técnica del hardware y software en base a los Items de monitoreo y el sistema operativo del drone UX5 según su diseño y aplicación de fabrica, para ello se trabajo con especialistas del tema de Gate wing que es la empresa creadora y certificadora del Trimble UX5.

El UX5 de Trimble es una aeronave no tripulada, esto consiste en un término genérico y se refiere a una aeronave que se opera sin un piloto a bordo, se conoce comúnmente como una aeronave pilotada remotamente.

El UX5 sigue una trayectoria pre programada donde el despegue, el vuelo y el aterrizaje requieren de una intervención humana o manual mínima, si es necesario el equipo que opera la aeronave en tierra puede intervenir para cambiar la trayectoria de vuelo o para aterrizar. (Trimble, 2014)

En algunos casos, como por ejemplo cuando hay errores de comunicación o se pierde la señal GPS, la intervención pre programada automáticamente se activará para restablecer la pérdida de la señal o para cancelar el vuelo de forma anticipada y ejecutar un aterrizaje seguro.(Trimble, 2014)

El UX5 contiene una cámara que toma imágenes aéreas sobre el área definida, durante el vuelo, todas las imágenes se adquieren a una altura especificada, a lo largo de líneas paralelas con un solape específico entre las exposiciones de imagen. (Trimble, 2014)

A la vez, la información de posición de las imágenes se registra para el procesamiento adicional con el software, en el manual del Trimble UX5 se encuentra la siguiente figura del e-box que es un resumen de lo antes mencionado (Trimble, 2014)

La figura 8 en el manual del Trimble UX5 se encuentra la representación del e-box que contiene el hardware del drone UX5 (Trimble, 2014)

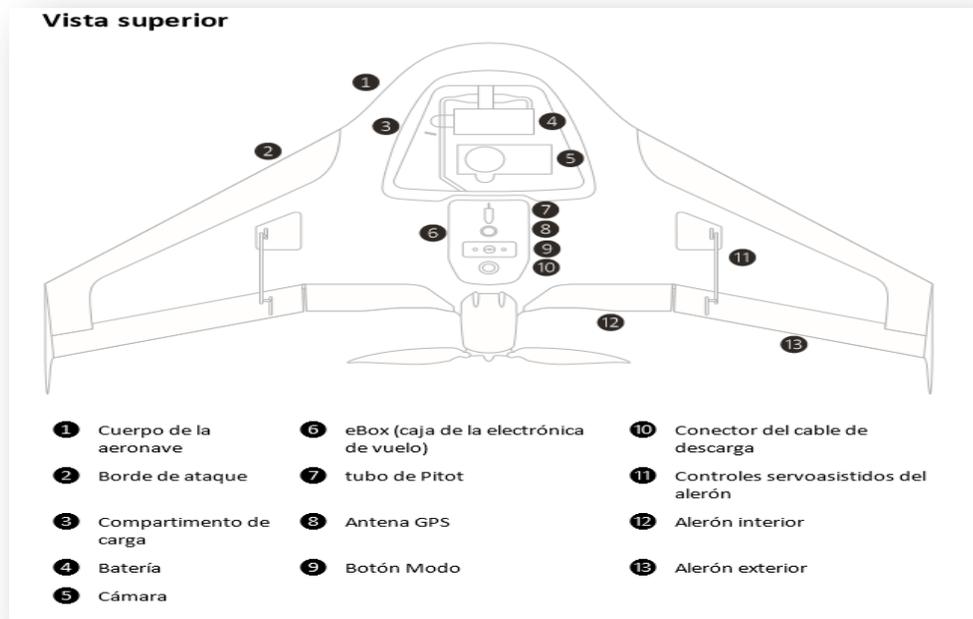


Figura 8. Representación del e-box que contiene el hardware del Drone UX5

Fuente: Manual del Drone UX5 Trimble

En la figura se puede observar cada una de las partes del hardware del Drone UX5, esto para las matrices de doble entrada como la elaborada para el plan vuelo, realizada en base a los componentes principales del hardware propuesto para el vuelo del drone UX5 como lo son:

- alas fijas
- peso
- envergadura superficial del ala
- El material que compone al hardware, la espuma de propileno con fibra de vidrio
- propulsión
- En consideración al fuselaje se optó por utilizar el parámetro de la batería.

En el cuadro 3 se realizó la evaluación del hardware para el plan de vuelo del drone UX5, y como estos items influyen en el desempeño de las variables propuestas de monitoreo tales como en el tiempo, control y calidad. (Trimble, 2014)

Cuadro 3: Evaluación del hardware para plan de vuelo del Drone UX5

	Evaluación del hardware para plan de vuelo del Drone UX5		
Hardware/Monitoreo	Tiempo	Control	Calidad
Alas Fijas	Optimo	Mejora	Alta
(2.5kg) de peso	Optimo	Mejora	Media
Envergadura superficial del ala de vuelo	Optimo	Mejora	Media
Espuma de propelineno y fibra de vidrio	Optimo	Mejora	Alta
Propulsión (Helice eléctrica inversa motor sin escobillas de 700 w)	Optimo	Mejora	Media
Batería (14´8v,6000mAh)	Normal	Poca Mejora	Baja

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

A partir de esta evaluación se procedió a realizar una descripción técnica de cada Item para el plan de vuelo en relación con su variable de monitoreo las cuales se describen a continuación

2.6.1.1 Descripción de la matriz de resultados de las alas fijas para el plan de vuelo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control y calidad:

- **Alas fijas vs tiempo óptimo en el plan de vuelo:** Es indispensable para la programación del vuelo evaluar la velocidad del viento del Mirador, Petén. Para las condiciones climáticas la forma aerodinámica de las alas, hace que sean capaces de generar una diferencia de presiones entre su cara superior (extradós) y su cara inferior (intradós), esto permite que al desplazarse por el aire produzca la fuerza ascendente de sustentación que mantiene al DRON UX5 en vuelo, inclusive en condiciones de 65 km/hr del viento, haciendo que se pueda monitorear en la parte de Petén de una forma que plan de vuelo es óptimo en comparación cualquier a otro medio de monitoreo directo, es decir vía terrestre haciendo un costo justificado de vuelo.(Trimble, 2014)
- **Alas fijas vs Mejora del Control de plan de vuelo:** El hecho que la empresa Trimble haya creado un dron, que posea las alas fijas en forma de flecha según la categoría de forma o posiciones de las alas (Trimble, 2014), en comparación a un dron con alas fijas en forma de hélice como son los RAF que tiene funcionamiento de helicóptero más centrado a condiciones climáticas libre de lluvias y a vientos moderados esto no haría eficiente el utilizarlo en monitoreo de un lugar específico como El Mirador Petén. (Trimble, 2014)

Por lo tanto el UX5 hace que sea ideal para el monitoreo debido a que en el plan de vuelo las mismas no afectan en la eficiencia del proyecto, si no que mejora las condiciones de control para el Mirador, Petén.

- **Alas fijas vs la alta calidad del plan de vuelo:** Las alas fijas por ser pequeñas en comparación a una avioneta presentan una calidad alta al momento de resolver problemas de gestión geográfica durante su vuelo, siempre y cuando se tome en cuenta la densidad del bosque alto del área a monitorear.

Debido a la sustentación de vuelo y balanceo en el eje le proporciona una velocidad crucero de hasta 80 klm/hr, lo cual dependiendo de la precisión y la resolución cm/pixel las alas fijas forman una alta resistencia para cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo.

La importancia de las alas fijas tipo flecha radica en que al momento de monitorear desde el plan de vuelo se mantenga la sustentación, el control de vuelo proporcionando el balance adecuado, al ser las alas de material de carbono con el interior con un cuerpo espumoso de polipropileno expandido, lo cual lo hace relativamente sin peso excesivo reduciendo todos los esfuerzos de corte. (Trimble, 2014)

2.6.1.2 Descripción de la matriz de resultados para el peso (2.5 Kg) para el plan de vuelo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control y calidad

- **Peso (2.5kg) vs tiempo óptimo en el plan de vuelo:** En la creación del hardware la empresa Trimble y Gatewing enfoco el diseño a ser un equipo que posea fibra de carbono, creando en el despegue y en la planificación de vuelo un uso práctico optimo, ya que no es difícil transportar el drone UX5 de un lugar a otro, por su peso haciendo que el tiempo de preparación de vuelo sea practico y de esta forma poder monitorear y trasladar el equipo de un lugar a otro sin mayor dificultad, lo que hace que sea practico más que una estación total, GPS sub métrico que son instrumentos terrestres. (Trimble, 2014)
- **Peso (2.5kg) vs Mejora del control del plan de vuelo:** Para poder determinar el plan de vuelo eficiente del drone UX5 es necesario que el peso de diseño sea el

ideado para la plataforma de despegue, por lo que existe una mejora a la eficiencia de control por lo liviano que es al momento de volar en el área de El Mirador Petén, considerando que su peso hace que pueda elevarse a una altura de 5,000 msn evitando las masas boscosas siempre y cuando se realice los requerimientos para ejecutar el vuelo en la fase de gabinete inicial.

- **Peso (2.5kg) vs Media calidad del plan de vuelo:** El peso del drone UX5 a evaluar del plan de vuelo evita los riesgos de monitoreo pero no resuelve los problemas de gestión geográfica si se considera la densidad boscosa al momento del despegue y el aterrizaje, además de una resistencia no total, es decir que puede ser afectado algún ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo. (Trimble, 2014)

El UX5 es un producto revolucionario, con formato de pequeño avión de apenas 2,5 kg de peso y de fácil uso, que permite hacer levantamientos de zonas peligrosas, o de difícil acceso sin poner en peligro al usuario sin embargo el e-box puede lastimarse.

2.6.1.3 Descripción de la matriz de resultados para la envergadura superficial del ala para el plan de vuelo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control y calidad

- **Envergadura superficial del ala vs tiempo optimo del plan de vuelo:** En términos aeronáuticos es importante el comprender como es que se forma el fenómeno físico de la sustentación del drone UX5, los elementos que logran este fenómeno son:
 - El espesor: que hace referencia a la distancia entre la parte superior del ala (llamada extradós) y la parte inferior de la misma (llamada intradós).

- **Cuerda:** que es la distancia entre (el borde de ataque) parte delantera y (el borde de salida) parte posterior del ala todo esto influye al factor tiempo.

Estos fenómenos físicos hacen que se pueda utilizar una velocidad crucero, que mejora a la de instrumentos topográficos comunes en Guatemala, haciendo un tiempo óptimo de monitoreo.

- **Envergadura superficial del ala vs mejora del control de plan de vuelo:** En términos de envergadura superficial de las alas del drone UX5 el diseño y equidistancia de las alas rectas con sus extremos están dirigidos hacia atrás, en vez de formar un ángulo recto con el fuselaje, su configuración es opuesta (con los extremos de las alas dirigidos hacia adelante) también se utiliza en algunos aviones. Hace que sea un método eficiente al momento de monitorear debido al principio de sustentación.
- **Envergadura superficial del ala vs calidad media del plan de vuelo:** A velocidades cuando el drone UX5 se encuentra en vuelo y son más bajas que 25 Km/h, el aire sí tiene tiempo para reaccionar, y sufre un empuje a lo largo de la envergadura por el borde de ataque en ángulo, hacia las puntas de las alas en la raíz de las alas, junto al fuselaje, esto no tiene un efecto perceptible, pero al acercarse a las puntas, el flujo de aire es empujado a lo largo de la envergadura, no sólo por el borde de ataque, sino por todo el aire que se mueve a lo largo de la envergadura junto a él.

Así en los extremos, el flujo de aire se mueve a lo largo del ala, en vez de pasar sobre ella, este fenómeno se conoce como flujo de envergadura lo cual en las condiciones del mirador Petén puede ejercer complicaciones debido a las características bióticas siendo de calidad media para el plan de vuelo.

2.6.1.4 Descripción de la matriz de resultados para la espuma de propelileno y fibra de vidrio para el plan de vuelo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control y calidad

- **Espuma de propelileno y fibra de vidrio vs tiempo optimo del plan de vuelo:** la espuma de propelileno está formada por monómeros, el propileno, es resistente en cuanto a impactos, mucho más flexible y más resistente a la temperatura esta variable hace al hardware del drone UX5, una ventaja en cuanto a tiempo eficiente y optimo debido a que las condiciones del lugar no producen dificultad en el monitoreo del plan de vuelo.
- **Espuma de propelileno y fibra de vidrio vs mejora del control de plan de vuelo:** La fibra de vidrio se conoce comúnmente como un material aislante, también se usa como un agente de refuerzo con muchos productos poliméricos; normalmente se usa para conformar plástico reforzado con vidrio que por metonimia también se denomina fibra de vidrio, una forma de material compuesto consistente en polímero reforzado con fibra.

Por lo mismo, en esencia exhibe comportamientos similares a otros compuestos hechos de fibra y polímero como la fibra de carbono, aunque no sea tan fuerte o rígida como la fibra , es mucho más económica y menos quebradiza, por lo cual al momento de monitorear el área del Mirador Petén esa rigidez y compactación con el propileno hace que exista una gran mejora en el control de vuelo del aeroplano no tripulado siendo eficiente con mayor ductilidad que un aparato terrestre de monitoreo.

- **Espuma de propelileno y fibra de vidrio vs calidad alta del plan de vuelo:** La fibra de vidrio al poseer un conjunto de hilos de vidrio y sus condiciones aislantes eléctricas y térmicas hacen del drone UX5 una herramienta adecuada para monitorear con calidad alta.

- **Propulsión (hélice electica inversa, motor sin escobillas de 700w) vs tiempo optimo del plan de vuelo :** El sistema de propulsión es el método de avance del dron que utiliza un motor sin escobillas o motor *brushless* es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor, se muestran muy ventajosos, ya que son más baratos de fabricar, pesan menos y requieren menos mantenimiento, pero su control era mucho más complejo.

Esta complejidad prácticamente se ha eliminado con los controles electrónicos es por ello que el voltaje es de 700 W lo que produce que el tiempo de vuelo sea ideal dependiendo de la batería esto es debido a que el inversor debe convertir la corriente alterna en corriente continua, y otra vez en alterna de otra frecuencia. Otras veces se puede alimentar directamente con corriente continua, eliminado el primer paso.

Por este motivo, estos motores de corriente alterna se pueden usar en aplicaciones de corriente continua, con un rendimiento mucho mayor que un motor de corriente continua con escobillas es por ello que su uso es para aviones radio controlados con batería como lo es el dron UX5.

- **Propulsión (hélice electica inversa, motor sin escobillas de 700w) vs mejora del control del plan de vuelo:** Dentro de las cualidades aerodinámicas del dron UX5 está el de poseer un sistema de propulsión que le hace monitorear dentro del mirador de una forma propicia debido a los 16.5 klm tiene este sistema de hélice inversa hace que el viento, la lluvia no afecte lo que le hace estar en condiciones adecuadas en el vuelo.
- **Propulsión (hélice electica inversa, motor sin escobillas de 700w) vs calidad media del plan de vuelo:** La calidad del motor y su propulsión para el monitoreo en función de las condiciones abióticas y bióticas del lugar es correcta sin embargo al momento de un cambio de viento en la planificación del vuelo afectara la propulsión en cierta forma limitada pero si se notara al momento de volar.

Descripción de la matriz de resultados para la batería (14´8V,6000 mAh) para el plan de vuelo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control y calidad

- **Batería (14´8V,6000 mAh) vs tiempo normal para el plan de vuelo:** La batería es el limitante tomando mayor relevancia en el momento de monitorear si no se coordina, ya que el tiempo que puede durar el dron es prácticamente el mismo sino se coordina bien la fase de gabinete inicial que el que se con otro método terrestre directo,

Sin embargo se puede abarcar mas área con el dron UX5 quedando supeditado a la precisión de resolución del proyecto, en El Mirador Petén se puede llevar a cabo un recorrido de 2 horas con la batería con un buen uso, sin embargo si no se lleva repuesto de la batería sería muy poco el tiempo de uso que se lograría y para recargar en el área donde se encuentra el mirador sería muy impráctico ya que en la cooperativa carmelita en el campamento no se encuentra un enchufe de recarga adecuado,

- **Batería (14´8V,6000 mAh) vs poca mejora en el control para el plan de vuelo:** Para poder llevar un buen control en el monitoreo es necesario el darle el uso correcto de la batería es decir desde sacar el cuerpo del UX5 y cargar las baterías el tiempo que el manual de Trimble UX5 exige como minimo para poder volar, sin embargo hay métodos de estaciones topográficas de doble frecuencia que se podría utilizar en el mirador Petén que puede solventar esta dificultad o se puede monitoriar no por fotografías, de forma terrestre si es que no se le da el respectivo procedimiento al dron UX5.

2.6.1.5 Matriz de resultado de la evaluación del hardware para cámara fotogramétrica del DRON UX5 para monitoreo

La matriz de doble entrada para la cámara fotogramétrica fue realizada en base a los componentes principales del hardware diseñados para seguir las últimas novedades en el

mercado 'consumidor', el Trimble UX5 garantiza una calidad de imagen óptima, junto con la máxima precisión fotogramétrica. (Trimble, 2014)

La cámara UX5 tiene a diferencia de una cámara compacta tradicional un gran sensor de imagen que captura imágenes muy nítidas y ricas en color, incluso en condiciones de oscuridad o nublados. La cámara de 24 MP y su óptica personalizados dan la UX5 la capacidad de capturar los datos hasta 2,0 cm (0,79 pulgadas) de resolución los cuales son evaluados como propuesta para el monitoreo aéreo (Trimble, 2014)

En el cuadro 4 se realizó la evaluación del hardware para la cámara fotogramétrica del dron UX5, y como estos items influyen en el desempeño de las variables propuestas de monitoreo tales como en el tiempo, control y calidad. (Trimble, 2014)

Cuadro 4: Evaluación del hardware para cámara fotogramétrica del dron UX5

		Evaluación de hardware para cámara fotogramétrica del dron UX5 para monitoreo		
Hardware/Monitoreo	Tiempo	Control	Calidad	Reporte
Cámara Sony sin espejo NEX-5T de 16.1 mega pixeles	Optimo	Mejora	Alta	Excelente
Batería (14´8v,6000mAh)	Optimo	Mejora	Alta	Excelente
Sensor APS-C (CMOS)	Optimo	Mejora	Bajo	Excelente

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

A partir de esta evaluación se procedió a realizar una descripción técnica de cada Item para él la cámara fotogramétrica en relación con su variable de monitoreo las cuales se describen a continuación

La cámara captura imágenes durante el vuelo. La cámara tiene un sensor APS-C de 16,1 mega píxeles de gran tamaño que proporciona imágenes nítidas y detalladas la RGB estándar incluye un filtro UV HAZE opcional para aplicaciones especializadas tal como la agricultura. (Trimble, 2014)

- **Resolución de píxel y altura**

En el campo de la resolución de píxel en la ficha misión específica la distancia en el terreno que representa cada píxel. La resolución por defecto es de 3,2 cm, cuanto más pequeño el valor en el campo Resolución de píxel, más detalladas serán las imágenes. Siempre debe especificar un valor equivalente o inferior a la resolución requerida en los ortos fotografías finales, una vez que se han procesado las imágenes. (Trimble, 2014)

- **Resolución de píxel es mayor que la resolución final requerida**

Las imágenes adquiridas durante el vuelo no serán lo suficientemente detalladas y el software de procesamiento de imágenes tendrá que interpolar píxeles adicionales, esto generará imágenes que no tienen la resolución que se espera, el campo Resolución de píxel en la ficha Misión y la altura a la que vuela la UX5 están vinculados. (Trimble, 2014)

En la cuadro 5, basado en el manual del drone UX5 se establece la relación entre la altura de vuelo y su resolución al momento de operar la cámara. (Bertoli, 2014)

Cuadro 5: Relación entre altura y resolución

Altura Resolución de píxel
Mínima: 75 m 2.4 cm
100 m 3.2 cm
150 m 4.8 cm
Máxima: 750 m 23.9 cm

Fuente: Manual del Drone UX5 Trimble

En el cuadro se puede ver como el drone entre más alto vuela, mayor será la distancia en el terreno que cada píxel representa en las imágenes adquiridas durante el vuelo:

El valor en el campo Resolución de píxel determina la altura por defecto que se utiliza para los vuelos dentro de dicha misión. Por ejemplo, si introduce 4,8 cm en el campo Resolución de píxel la aeronave no tripulada volará a 150 m. Durante la planificación del vuelo, podrá ajustar la altura de cada vuelo, tomando en cuenta los obstáculos específicos y el área de escaneado del vuelo.

- **Solape delantero y lateral de imágenes**

El valor por defecto del solape entre imágenes es del 80%. El solape de imágenes puede variar entre 60% y 90%.

Por defecto, los valores de solape delantero y lateral están vinculados, para que cuando cambie un valor, también cambie el otro. Haga clic en el icono Vincular superposición para "romper" el vínculo de modo que los valores de solape puedan configurarse independientemente. Si hace clic en el icono Vincular superposición para volver a establecer el vínculo, el solapé lateral toma el valor del solape delantero.

Un valor de solape superior resultará en:

- una mejor precisión
- una mayor densidad de líneas de vuelo en el área de la misión
- un número más alto de imágenes a procesar
- tiempos de procesamientos más prolongados para las imágenes
- una duración más prolongada del vuelo para la misma área
- **Cámara sony sin espejo NEX-ST de 16.1 mega pixeles vs tiempo óptimo para uso de fotogrametría en monitoreo:** El sensor de 16,1 millones de píxeles APS-C se ha rediseñado para incorporar un nuevo sistema AF híbrido súper rápido, este es el primer Sony CSC a función conectividad Wi-Fi lo que hace que al utilizar el DRONE UX5 tenga ventajas modernas en cuanto el procesamiento de imágenes, además de ello la obturación de la cámara es óptima para el monitoreo. (Trimble, 2014)

Considerando que se pueden modelar las curvas para llevar las imágenes a un punto de precisión adecuada en función del tiempo recorrido, esto con ayuda de puntos de marca se puede compensar el uso de la cámara en función del tiempo y la planificación del vuelo,

Esto lleva a que sea mejor que las ortofotos, u otras imágenes fotogramétricas en la actualidad debido a la precisión que se puede llegar por medio del software, considerando que son fotos actualizadas. (Trimble, 2014)

- **Cámara Sony sin espejo NEX-ST de 16.1 mega pixeles vs mejora del control para uso de fotogrametría en monitoreo:** En la parte superior del cuerpo de la cámara hay un nuevo disco de control, similar en muchos aspectos a una de las dos que aparecen en la Sony NEX-7 top-of-the-range.
- Esto se puede utilizar para cambiar rápidamente la configuración, tales como apertura y velocidad de obturación, dependiendo del modo que se encuentre, haciendo que al momento de monitorear en el mirador, Petén se pueda tener una mejora en el diseño de control dependiendo de la precisión de la cámara. (Trimble, 2014)
- **Cámara Sony sin espejo NEX-ST de 16.1 mega pixeles vs alta calidad para uso de fotogrametría en monitoreo:** La cámara de 16,1 MP, permite capturar imágenes con un valor medio del pixel sobre el terreno (GSD) de 2,4 cm. Esto para evitar riesgos en el proyecto y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo a la sensibilidad de luz y en el rango dinámico de visión.

Los mega pixeles efectivos de la resolución del sensor de imagen de una cámara medida en millones de pequeños puntos (píxeles), generalmente menor que la cantidad *total* de mega píxeles disponibles esto unido a que tiene una resolución de imagen de hasta 4912 x 3264 hacen que el proceso de creación de reporte sea de un nivel profesional. (Trimble, 2014)

La figura 9 representa la cámara Sony NEX-ST, esto se reviso en el manual del drone UX5. (Trimble, 2014)

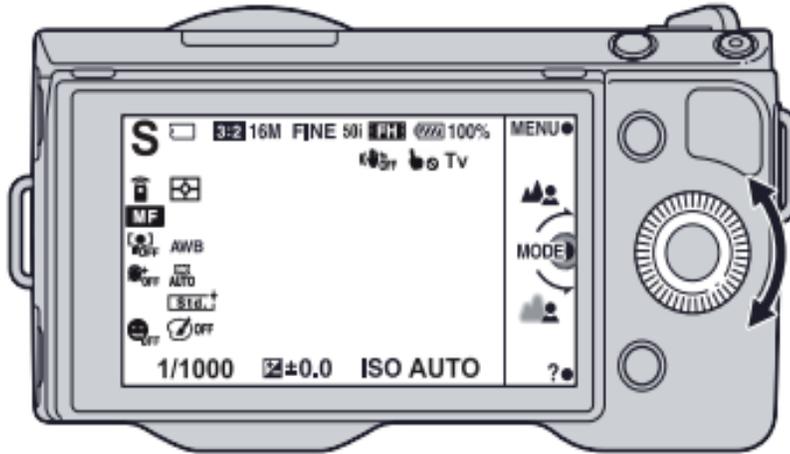


Figura 9. Cámara Sony sin espejo NEX-ST de 16.1 mega pixeles

Fuente: Manual del Drone UX5 Trimble

En la figura 9 se observa la cámara Sony incorporada en el e-box del drone UX5 la que se puede encontrar en riesgo si no se realizan los procedimientos de vuelo adecuados.

2.6.1.6 Descripción de la matriz de resultados para la batería (14´8V, 6000 mAh) para fotogrametría en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control, calidad y reporte

- **batería (14´8V,6000 mAh) vs tiempo óptimo para uso de fotogrametría en monitoreo:** El almacenaje más largo de la batería incorporada del IC prevendrá el paquete de la batería de carga y de descarga del excedente, prolonga la vida de la batería.

Sin embargo técnicamente se recomienda el poder adquirir un paquete extra de batería en función que el Drone UX5 este el mayor tiempo en el aire, durante la fase de gabinete inicial se puede planificar para poder avanzar los Km programados sin embargo hay que considerar los siguientes puntos para poder llevar los procesos de misión adecuados:

1. Asegúrese de que la cámara esté apagada.
2. Deslice la traba del compartimento para batería para abrirlo y quitar la batería.
3. Inserte la batería en el cargador.
4. Conecte el cargador a la fuente de alimentación, se encenderá la luz del cargador, lo que indica que la batería se está cargando, la recarga de una batería completamente agotada a una temperatura de 25 °C tarda aproximadamente unos 280 minutos.

El tiempo de recarga variará según la vida útil que queda de la batería y de la temperatura ambiente.

- **Batería (14´8V,6000 mAh) vs mejora del control para uso de fotogrametría en monitoreo**

La versatilidad de la cámara y el poder cambiar indistintamente la batería si se tiene la fase de planificación de misión y de vuelo contemplado el poder hacer un adecuado uso de la batería esto proporciona una mejoría en el control para monitoreo. (Trimble, 2014)

- **batería (14´8V,6000 mAh) vs alta calidad para uso de fotogrametría en monitoreo**

La batería es considerada como un elemento protegido por ibox de los riesgos en el proyecto y resuelve los problemas de gestión geográfica, además de la alta resistencia cada ítem por las condiciones abióticas del ambiente de trabajo. (Trimble, 2014)

- **batería (14´8V,6000 mAh) vs excelente reporte calidad para uso de fotogrametría en monitoreo**

La batería por su calidad de diseño es adecuada para poder darle las características necesarias a la cámara para el uso de reportes debido a su capacidad de fábrica de tiempo de uso. (Trimble, 2014)

2.6.1.7 Matriz de resultado de la evaluación del hardware para GPS y INS del DRON UX5 para monitoreo

La documentación generada por un vuelo fotogramétrico está básicamente formada por las imágenes registradas. Cuando se utiliza una cámara aérea digital, normalmente está integrada en el avión no tripulado en un sistema que incluye una unidad de posicionamiento GPS/INS. Esta unidad generará las posiciones XYZ en el sistema WGS84 y los ángulos de giro (ω , γ , κ) en el momento de la toma de cada imagen. Es decir, además de las imágenes, se incluye la georreferenciación u orientaciones externas de estas.

Cada una de estas partes del hardware influyen en el desempeño de las variables propuestas de monitoreo tales como en el tiempo, control, calidad y reporte como se expondrá en la discusión técnica de cada ítem. (Martínez Berganza, 2014)

En el cuadro 6 se encuentra la evaluación realizada del hardware para el GPS e INS, y cómo influyen en el desempeño de las variables propuestas de monitoreo tales como en el tiempo, control, calidad. (Martínez Berganza, 2014)

Cuadro 6: Evaluación del hardware para el GPS e INS del Drone UX5

	Evaluación del hardware para el GPS e INS del DRON UX 5		
Hardware/Monitoreo	Tiempo	Control	Calidad
GPS	Optimo	Mejora	Alta
INS	Optimo	Mejora	Alta

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

A partir de esta evaluación se procedió a realizar una descripción técnica de cada Item para el GPS e INS en relación con su variable de monitoreo las cuales se describen a continuación.

2.6.1.8 Descripción de la matriz de resultados para el GPS autónomo en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control, calidad

- **GPS vs optimo tiempo para monitoreo**

Esta es posiblemente una de las cualidades del hardware del UX5 que más resalta debido a que es por ello que se puede determinar que es un sistema no tripulado con cualidades de ondas de geoposicion característico para navegación de precisión de sistemas actuales de aerodinámica.

El sistema UX5 es un pequeño avión no tripulado (1m de envergadura y 2,5kg de peso) completamente autónomo capaz de volar mediante navegación GPS-Inercial y en base a una ruta programada, cubre un área específica con fotografías aéreas tomadas durante el vuelo es por ello que el tiempo óptimo tiene como objeto la ubicación verdadera (utilizando dos o más coordenadas) en un espacio 2D o 3D. Utilizado por ejemplo, para posicionar una fotografía aérea de forma precisa con respecto a otros objetos en un proyecto.

- **GPS vs mejora en el control de monitoreo**

Los punto de control de tierra dan una ubicación de coordenada medida con precisión para una característica física que puede identificarse en el terreno y se utilizar para georeferenciar imágenes lo cual ayuda al momento de monitorear es por ello que exista una mejora sustancial del control. (Trimble, 2014)

Deberían haber estaciones de GPS de doble frecuencia esto para moldear la imagen con mayor precisión y de esta forma poder elaborar en la fase gabinete final un procedimiento de precisión en el software, sin embargo es importante mencionar que la relación de precisión de fotografía en pixeles dependerá también de la logística de estos puntos de control, en el mirador se puede poner distintos puntos de control. (Trimble, 2014)

Si la aeronave no tripulada no recibe comunicación GPS durante un periodo de 4 segundos, aparecerá una notificación en el Tablet, y se activará el siguiente mecanismo de seguridad:

1. La aeronave no tripulada girará en un ángulo de 25° mientras orbita en la ubicación actual durante 20 segundos. Si la aeronave no tripulada vuelve a adquirir la señal GPS, volará a la ubicación de aterrizaje especificada e iniciará una secuencia de aterrizaje normal.

2. Si la aeronave no tripulada no puede volver a adquirir la señal GPS, se activará el Sistema de Finalización del Vuelo ante Emergencia (FTS). Durante la ejecución del FTS:

- a. El motor se apaga y la velocidad se reduce a 70 kph.
- b. La aeronave no tripulada comienza a bajar en círculos de 200 m de diámetro hasta llegar a una altura de 7 m.

- **GPS vs alta calidad para monitoreo**

Como parte del hardware el GPS tiene una antena la cual es de la más alta calidad por la empresa Belga GATEWING donde produce que la calidad de monitoreo sea muy alta en cuanto a diseño y localización submétrica.

2.6.1.9 Descripción de la matriz de resultados para el INS en comparación de los Items de monitoreo tiempo, control, calidad

- **INS vs tiempo óptimo para monitoreo**

Esta parte del hardware y software esta unido proporcionalmente con el GPS autónomo es debido a las señales de satélite para corregirlo o calibrarlo se necesita de una solución a partir de un sistema de navegación inercial (INS). Sistemas de navegación inercial generalmente pueden proporcionar una solución precisa sólo por un corto período de tiempo. (Trimble, 2014)

Además, el software INS debe utilizar una estimación de la posición angular de los acelerómetros al llevar a cabo esta integración, típicamente la posición angular se realiza a través de una integración de la velocidad angular de los sensores giroscópicos, estos también producen sesgos desconocidos que afectan a la integración para obtener la posición de la unidad.

Los beneficios de usar GPS con un INS son que el INS puede ser calibrado por las señales GPS y que el INS puede proporcionar actualizaciones de posición y el ángulo a un ritmo más rápido que GPS. (Trimble, 2014)

- **INS vs mejora en el control para monitoreo**

El sistema inercial es el complemento de los puntos de control terrestre y del GPS autónomo para que esta forma se pueda tener estabilidad de datos a partir de ciertos puntos climáticos adecuados para el análisis en la fase de planeación.

- **INS vs alta calidad para monitoreo** Como parte del hardware el INS complementa la antena del GPS la cual es de la más alta calidad por la empresa Belga GATEWING donde produce que la calidad de monitoreo sea muy alta en cuanto a diseño y localización submétrica.

2.6.1.10 Descripción de resultados para el software del Drone UX5 en comparación de los Items de tiempo, control y calidad

El sistema está compuesto por el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover (Vehículo de Fotogrametría Aérea) para la adquisición de imágenes aéreas; Trimble Access Aerial Imaging para la planificación de la misión, ejecución de los controles previos y supervisión del vuelo, y por último Trimble Business Center Photogrammetry module para el procesamiento de imágenes aéreas y la creación de los productos finales. (Trimble, 2014)

El éxito de la cartografía por fotogrametría aérea se basa sobre todo en la planificación de los vuelos y las prestaciones deseadas. Las fases típicas para la adquisición de imágenes son:

- **Planificación de la Misión:** En la oficina (y en el campo) los usuarios pueden definir la zona de la misión, añadir mapas de fondo y, si fuera necesario, definir

zonas a evitar. El software calcula el tiempo total de vuelo necesario para cubrir la zona de la misión y permite al usuario dividir la zona en varios vuelos cuando sea necesario debido al tamaño de la zona. (Trimble, 2014)

- **Planificación del vuelo:** Para cada vuelo, el piloto identifica la dirección del viento, la ubicación del lanzamiento y el lugar de aterrizaje, por lo que la duración del vuelo se re-calcula en base a las condiciones de campo en el momento del vuelo. A continuación, se monta el lanzador y se completa la lista de comprobaciones previas al vuelo para asegurarse de que el sistema está listo para volar.

Al trabajar en la calidad de monitoreo en el Mirador, Petén se pueden tener productos como Ortofotos, curvas de nivel, modelos tridimensionales (3D), nubes de puntos, modelos digitales de superficie (DSM por sus siglas en inglés) y mapas de características pueden ser fácilmente creados en Trimble Business Center a partir de imágenes aéreas.

Trimble ha creado un nuevo estándar para el procesamiento de imágenes aéreas mediante la incorporación de más de 30 años de experiencia en fotogrametría la siguiente figura muestra como es que el software de Trimble, con flujos de trabajo optimizado, hace planificación de misiones (Trimble, 2014)

En la figura 10 se representa el software de drone UX5 en la fase de planificación de misiones, útil para el vuelo y análisis del plan de aterrizaje.



Figura 10. Software del Drone UX5 en la fase de planificación de misiones

Fuente: Manual del Drone UX5 Trimble

Además de producir los productos fotogramétricos típicos de Trimble Business Center, los datos de “Aerial Imaging” se pueden combinar con los productos de “Trimble Spatial Imaging”, como las estaciones totales de Trimble y láser escáneres 3D de Trimble, para una solución única en el mercado. Las ortofotos se utilizan principalmente para crear imágenes a escala de un sitio y poder realizar mediciones sobre estas, pero este tipo de datos no se puede utilizar para medir las estructuras verticales, tales como edificios o puentes.

Sin embargo, mediante la combinación de datos obtenidos con la tecnología de vanguardia de visualización de Trimble, tal como el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover, Trimble VX Spatial Station y Trimble TX5 3D Laser Scanner, el usuario puede visualizar su

proyecto desde múltiples perspectivas, medir puntos de las imágenes y crear modelos 3D de la infraestructura y el terreno.

Además de producir los productos fotogramétricos típicos de Trimble Business Center, los datos de “Aerial Imaging” se pueden combinar con los productos de “Trimble Spatial Imaging”, como las estaciones totales de Trimble y láser escáneres 3D de Trimble, para una solución única en el mercado. Las ortofotos se utilizan principalmente para crear imágenes a escala de un sitio y poder realizar mediciones sobre estas, pero este tipo de datos no se puede utilizar para medir las estructuras verticales, tales como edificios o puentes.

Sin embargo, mediante la combinación de datos obtenidos con la tecnología de vanguardia de visualización de Trimble, tal como el Trimble UX5 Aerial Imaging Rover, Trimble VX Spatial Station y Trimble TX5 3D Laser Scanner, el usuario puede visualizar su proyecto desde múltiples perspectivas, medir puntos de las imágenes y crear modelos 3D de la infraestructura y el terreno.

La calidad de los productos finales depende de la calidad del equipo fotogramétrico utilizado. El innovador Trimble UX5 Aerial Imaging Rover ha sido diseñado para seguir las últimas novedades en el mercado de las cámaras digitales, lo que garantiza una calidad de imagen óptima con la máxima precisión fotogramétrica.

El nuevo módulo de imágenes aéreas de Trimble Access es un software para la planificación de las misiones de Trimble, la realización de controles previos al vuelo y vuelos de monitoreo - todo con flujos de trabajo intuitivos que garantizan resultados fiables así como la seguridad de las personas involucradas. Módulo de imágenes aéreas de Trimble Access ofrece planificar la misión tanto en la oficina como en la Estación de Control de Tierra (GCS por sus siglas en inglés). El área del proyecto y zonas a evitar se dibujan sobre una interfaz de mapa estándar.

La altura de vuelo sobre el nivel del suelo (AGL por sus siglas en inglés), la Ground Sample Distance (GSD por sus siglas en inglés) y la superposición de fotos se definen y, automáticamente, Trimble Access calcula el número de vuelos, el patrón de vuelo y la duración del vuelo (s). Asimismo el programa propone los lugares de despegue y aterrizaje y entonces el proyecto es llevado al campo para el vuelo.

2.6.1.11 Resultados de la matriz de ventajas y desventajas del Drone UX5

En el cuadro 7 se consideran los puntos más importantes exponiéndolo en ventajas y desventajas de cada uno de los ítems evaluados. (Bertoli, 2014)

Cuadro 7: Evaluación de ventaja y desventajas de la propuesta del Drone UX5

Item/monitoreo	Ventajas	Desventajas
Software	Tiene las herramientas adecuadas para la planificación de una misión de monitoreo para el mirador Petén, desde el cálculo de vuelo hasta la parte de ver los factores bióticos del lugar y poderlos ingresar al software para ver y seccionar el área a monitorear desde la Trimble tablet, se pueden generar a partir de los vuelos ortofotos actualizadas que se pueden ir mejorando en el software su precisión, además de los modelos 3D que son parte importante del relieve. Trimble ha creado un nuevo estándar para el procesamiento de imágenes aéreas mediante la incorporación de más de 30 años de experiencia en fotogrametría de Inpho, una solución de software de Trimble, con flujos de trabajo optimizados en el módulo de	No calcula el DTM el cual es necesario para el área de Petén específicamente en el área boscosa densa ya que al no poder el software esta información no se puede interpretar adecuadamente el terreno,

	Fotogrametría de Trimble Business que es de ultima generación ya que con estaciones totales el software puede tener las fotos en los planos x,y, z que en el mirador podría ser útil para la infraestructura en área no muy densa de bosque	únicamente utilizando métodos indirectos
Plan de Vuelo	Es importante el peso en si del Drone UX5, el material de fabricación y la batería ya que estos están basados en conceptos aéreos congruentes para el área nacional facilitando el tiempo, control y diseño de un proyecto de monitoreo aéreo, el Trimble UX5 trae su plataforma de despegue , su buscador en caso de caer en un lugar que no estuviera programado, posee metros de seguridad de aterrizaje, soporta condiciones bióticas del ambiente de Petén	Deficiencia al momento de aterrizar por la densidad boscosa, y tiene que ser programado por su peso especico del Drone, en un plazo considerable de 1 km ² . donde aterrizar
GPS y INS	Los beneficios de usar GPS con un INS son que el INS puede ser calibrado por las señales GPS y que el INS puede proporcionar actualizaciones de posición y el ángulo a un ritmo más rápido que GPS. Para los vehículos dinámicas altas, tales como misiles y aviones, INS rellena los huecos entre las posiciones GPS. Además, el GPS puede perder su señal y	Uno de los problemas podría ser que se lastimara el e-box del Trimble UX5

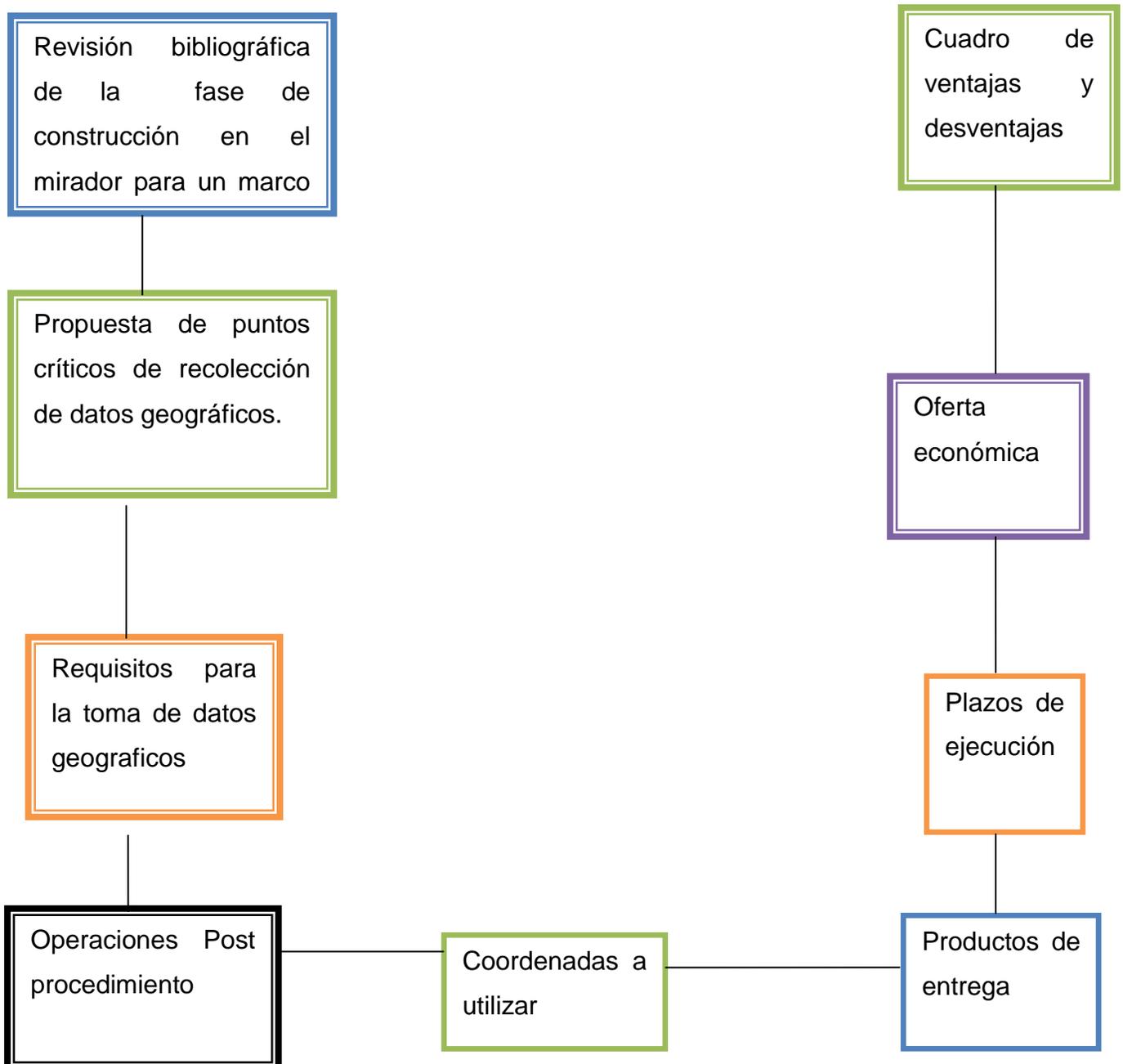
	<p>el INS puede continuar para calcular la posición y el ángulo durante el período de la señal de GPS perdido. Los dos sistemas son complementarios y se emplean a menudo juntos esto hace que el tiempo se optimice al momento de tomar los datos para monitorear en cualquier sector del país</p>	
<p>Cámara Fotogramétrica</p>	<p>A una altura de vuelo de 150 m, el Trimble UX5 produce un a Distancia Equivalente Terrestre (GSD por sus siglas en inglés) de 4.8 cm. Además, el Trimble UX5 es capaz de volar a una altura mínima de 75 m sobre el nivel del suelo alcanzando el valor de 2.4 cm de GSD. Volando a una altura tan baja se requiere de mayor velocidad del obturador de la cámara para prevenir el desenfoque de movimiento hacia adelante. No obstante, la cámara Sony NEX-5R utilizada en el Trimble UX5 es capaz de usar los valores ISO más altos necesarios para compensar la oscuridad resultante de las velocidades de obturación más rápidas, manteniendo el ruido a niveles aceptables para aplicaciones fotogramétrica</p>	<p>Uno de los problemas podría ser que se lastimara el e-box del Trimble UX5, la carga de la batería y daño a la cámara por la densidad boscosa</p>

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

2.6.2 Propuesta técnica para recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR Leica rcd30 para la cuenca el Mirador, Petén

En la figura 11 se representa el diagrama de la metodología para la propuesta de evaluación de hardware y software para monitoreo. (Martínez Berganza, 2014)

Figura 11. Diagrama de propuesta para recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR



2.6.2.1 Revisión Bibliográfica de la fase de construcción en el Mirador, Petén

El Mirador fue referido por primera vez, en informes de empresas petroleras en los años 1926, en 1932, una expedición del Instituto Carnegie visitó parte de la Cuenca; en los años 1950-1951 una delegación del Instituto de Antropología e Historia, a cargo de Heinrich Berlin visitó la Cuenca Mirador y registró varias ciudades perdidas en la selva luego llegó, en 1962, Ian Graham, quien elaboró un mapa de la región. (LOXIS, 2012)

El Mirador se encuentra protegido como zona núcleo dentro del esquema Parque Nacional "Mirador - Río Azul". Este parque en conjunto con otras zonas núcleo es un elemento de conservación del sistema "Reserva de Biosfera Maya"-RBM (decreto 5-90). La Cuenca Mirador tiene un área de 2169 km² y es una zona geográficamente definida, formada por bajos o humedales y montes bajos, cubierta de una densa selva tropical. (LOXIS, 2012)

La Cuenca está formada por dos elementos de conservación: uno al norte como Parque Nacional- zona núcleo y el resto como Zona de Usos Múltiples (ZUM) de la Reserva de Biosfera Maya. La Cuenca Mirador colinda al norte, con el vecino México y la Reserva de Biosfera Calakmul, (declarada por UNESCO, en el año 2014 Patrimonio mixto de la Humanidad). Juntas las dos Reservas de Biosfera forman la segunda mayor selva tropical protegida de América. Un estudio urbanístico comparativo" del Instituto Arqueológico Alemán en el año 2001. La Cuenca se puede delimitar así: al norte con la ya referida Reserva de Biosfera de Calakmul; al oeste con el área ZUM conocida como Paxbán y la-Laguna del tigre, con humedales protegidos en la lista RAMSAR. Al este una falla geológica separa la Cuenca Mirador de la Cuenca del Río Ixcán.

Al sureste, territorio ZUM y el "Área Tikal" con dos zonas núcleo (Biotopo San Miguel La Palotada y el Parque Nacional Tikal). En el lado suroeste, varios segmentos ZUM con

concesiones forestales comunitarias (Carmelita, El Lechuga, La Gloria, Cruce la Colorada) y el poblado de Carmelita. (LOXIS, 2012)
(Martínez Berganza, 2014)

2.6.2.2 Descripción de la propuesta de recopilación de datos geográficos para la cuenca el Mirador

La presente propuesta contempla el desarrollo por parte de Tecnología de Negocios S, A. de un estudio integral del Mirador y su influencia en el desarrollo geográfico nacional mediante láser aerotransportado. (Martínez Berganza, 2014)

El área del proyecto considera un polígono de superficie total de 2169km cuadrados emplazado en la República de Guatemala. Se hará uso de un láser aerotransportado LEICA rcd30 que será instalado en una aeronave Cessna 401 “turbo cargado”.

El manejo integral de la cuenca hidrográfica debe de mantener dentro de un balance apropiado el aprovechamiento y conservación de los diferentes recursos naturales con relación al recurso hídrico existente en la misma.

El LIDAR puede determinar la situación actual de los recursos naturales en la cuenca por medio de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y , z El detalle de las operaciones que Tecnología de Negocios S, A. Al momento de recopilar los datos geográficos sugeridos son los siguientes

- **Estado del uso del suelo y subsuelo**

En este trabajo, se puede utilizar un modelo digital de superficies (DSM) obtenido a partir de los datos del primer retorno LIDAR y la imagen multiespectral de cuatro bandas adquirida simultáneamente con los datos LIDAR, para discriminar 16 cubiertas terrestres. Se han aplicado diferentes métodos de clasificación temática, tanto supervisados como no

supervisados. Para aquellas cubiertas de terreno fácilmente distinguibles por su respuesta espectral, se obtienen las áreas de entrenamiento mediante el uso de diagramas de dispersión (2D) entre bandas (Arquero et al. 1998) y consideraciones estadísticas (Vázquez 2007). Sin embargo, hay otras que solamente se pueden diferenciar a partir de la información LIDAR. (Martínez Berganza, 2014)

Para poder observar cómo se visualiza en el software las nubes de puntos x,y,z , se abstrajo la siguiente figura de un trabajo realizado, para el uso actual de un bosque, y de esto con el DSM , tomar en consideración el subsuelo (LIDAR Belize, 2014)

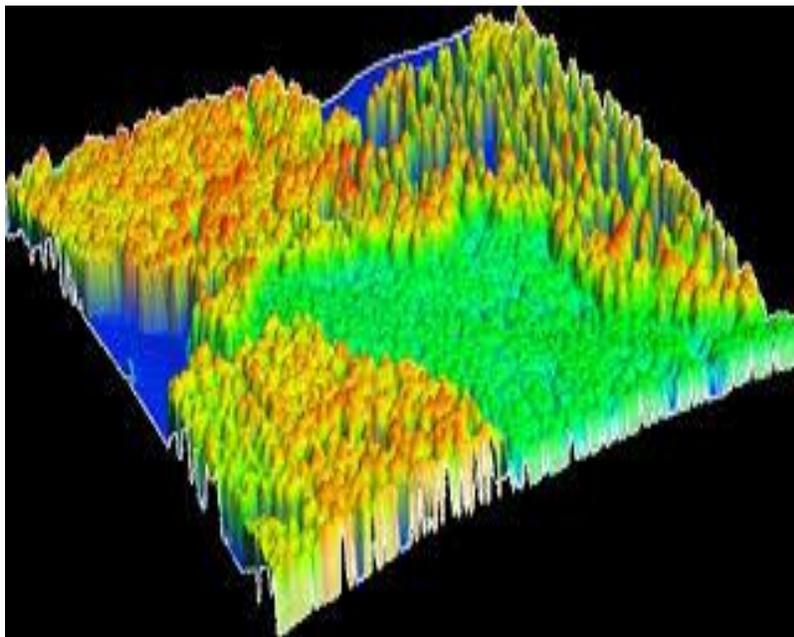


Figura 12. Puntos digitales de la superficie, para poder realizar cubiertas en el terreno para suelos.

Fuente: LIDAR en la arqueología para Belice

En la figura 12 se puede observar cómo el LIDAR Leica rcd30 puede tomar por medio de Puntos digitales de la superficie, poder realizar cubiertas en el terreno para suelos, en sus distintos horizontes fisiográficos, topográficos, uso actual del Suelo, esto añadido a

algoritmos matemáticos puede proporcionar datos útiles para el uso potencial del suelo a una escala de detalle

- **Cálculo de biomasa**

Determinación de unidades de paisaje con cálculo de biomasa para análisis de cómo poder contrarrestar la contaminación por medio de la absorción del CO₂ por medio de la respuesta del LIDAR con la El láser que presenta cierta permeabilidad al encontrarse con superficies vegetales, de modo que es capaz de atravesar el dosel vegetal. Un mismo pulso emite varios retornos para la parte alta de la vegetación, copas, capas intermedias y sotobosque, La información LIDAR tiene un mayor potencial de aprovechamiento si se realiza un procesado de la información,

La estimación a partir variables conocidas nos permite conocer la biomasa disponible, sin embargo, el LIDAR permite ir un nivel más allá determinando, no solo la biomasa útil presente en la explotación forestal, sino la biomasa aprovechable.

En la figura 13 se puede observar al software utilizando los retornos del laser, para elaborar Cálculo de las alturas medias, para biomasa y Co₂ con aplicación de Inventario forestal censado. (ArcGIS Resources, 2013)

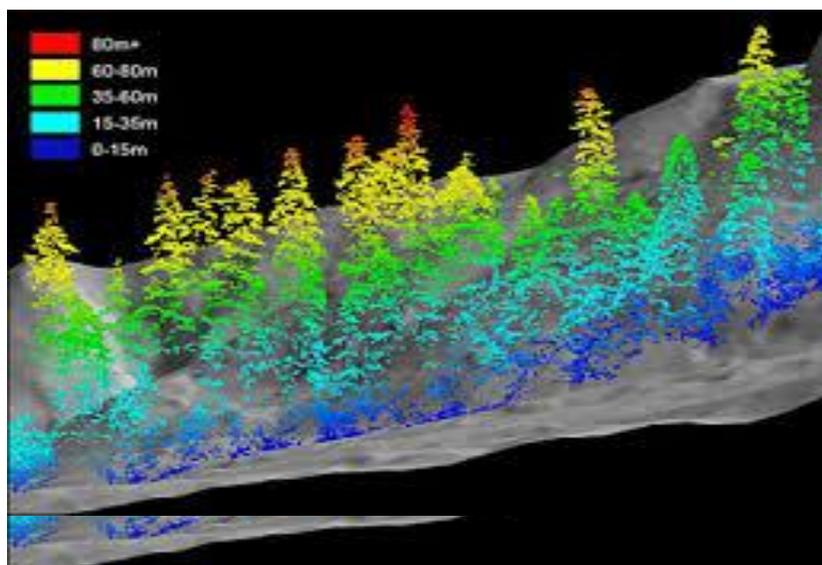


Figura 13. Cálculo de las alturas medias, para biomasa y Co2 con aplicación de Inventario Forestal

Fuente: ArcGis Resources

En la figura se puede observar cómo es que se puede elaborar por medio de una recopilación geográfica enfocada a concatenar los datos terrestres existentes, o datos de campo para un análisis dendrométrico que pretende determinar el volumen y la biomasa de cada planta a partir de medidas morfológicas simple, como son el diámetro del tallo, longitud y peso. Para este estudio es necesario un análisis dasométrico posterior.

Con este se pretende determinar la biomasa y el volumen real (sin huecos) ocupado por los vegetales en una parcela o sub parcela a partir de la medición dendrométrica de algunos de los individuos en su interior y del porcentaje de ocupación de cada especie arbustiva en cada parcela. (Martínez Berganza, 2014)

Para ello, se calcula cada uno de los valores estadísticos obtenidos de los datos LIDAR (variables explicativas) para cada uno de los pixeles incluidos en la zona de estudio. De esta forma, se obtiene un fichero raster por cada una de las variables estadísticas. Posteriormente, se obtienen las coberturas de cada una de las variables del inventario (variables respuesta), aplicando el modelo de regresión que corresponde a cada estrato.

La resolución de pixel para el cálculo de los modelos sobre toda la superficie debe ser similar a la superficie de las parcelas de campo, ya que el ajuste de los modelos de regresión se ha realizado a partir de la relación existente entre los datos de las parcelas de campo y los datos LIDAR obtenidos para dicha parcela.

Este estudio puede demostrar el potencial de los datos LIDAR y los datos espectrales en la estimación de la vegetación arbustiva seca y de la biomasa húmeda por parcelas. Se ha demostrado que las mejores correlaciones se han obtenido por parcelas cuando se han combinado parámetros obtenidos de la imagen aérea y los datos LIDAR, siendo más altas para el caso de la vegetación seca.

Los valores de R2 más bajos se obtienen al utilizar datos espectrales. Es de destacar la importancia de las variables derivadas de los porcentajes de puntos por intervalos de alturas en la predicción de la biomasa. Los resultados de este estudio muestran la posibilidad de realizar estimaciones y cartografiado de biomasa en zonas forestales mediterráneas ocupadas por vegetación arbustiva utilizando una densidad media de datos LIDAR, bandas del visible de imágenes aéreas y aplicando una apropiada selección de variables. Los modelos obtenidos podrían ser utilizados en áreas similares: zonas con alta presencia de vegetación arbustiva con poca variación de especies y baja altura.

A partir de estos resultados se pueden realizar mapas de biomasa que permitan mejorar el conocimiento de los bosques mediterráneos y puedan ser aplicados en la creación de mapas de combustibles forestales para definir modelos de comportamiento espacial de incendios, gestión forestal y dinámica del carbono.

- **Sistema Hídrico**

El LIDAR puede generar un diagnóstico del recurso hídrico planteando escenarios al momento del estudio, Para la modelización se puede utilizar el método del stepwise regression tree (SRT) como una evolución de la clasificación en árbol de Breiman e implementado en el algoritmo GUIDE por Loh,

Se pueden obtener datos geográficos que pueden ayudar a analizar la Oferta hídrica, disponible y actualizada, de aguas superficiales y usos del agua (uso consuntivo, dotación de agua potable, uso industrial, piscicultura, y la preservación ambiental). (Martínez Berganza, 2014)

2.6.2.3 Requisitos para la ejecución en la de toma de datos geográficos

Para la ejecución de los vuelos de levantamiento con láser aerotransportado. Durante la ejecución de las operaciones terrestres y aéreas, se verificarán diariamente, previo al inicio de las operaciones, la existencia de las siguientes condiciones:

- Visibilidad de un número mínimo de 7 satélites de la constelación GPS los cuales deben presentar un ángulo de elevación mayor de 15° en los intervalos horarios elegidos para la ejecución de las misiones de vuelo
- PDOP (Position Dilution Of Precision) menor que 2,5 en los intervalos horarios elegidos para la ejecución de las misiones de vuelo
- Índice Kp donde se visualiza en la siguiente figura, muestra la actividad solar menor o igual a 4, en los intervalos horarios elegidos para la ejecución de las misiones de vuelo. Un índice Kp revela una actividad solar intensa cuyo resultado es una disminución notable de la calidad de la señal GPS y como consecuencia de la calidad de los datos levantados mediante sistema láser aerotransportado. (Leica Geosystems, 2014)

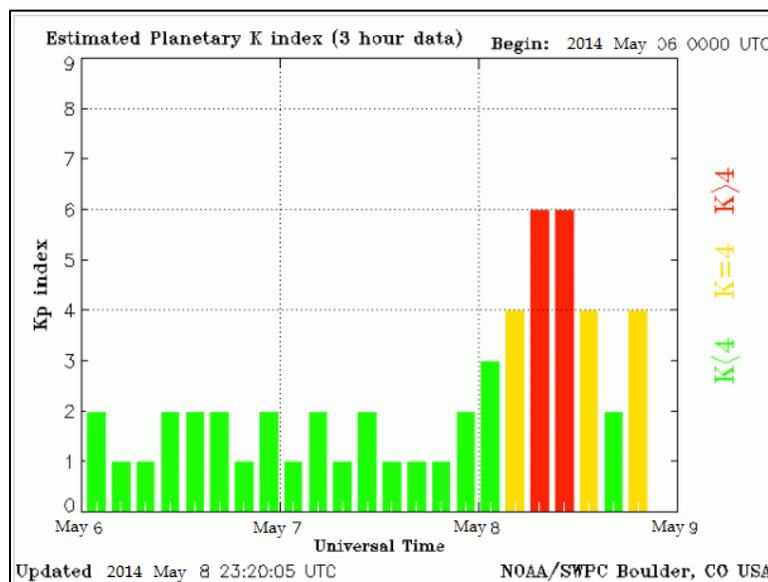


Figura 14. Variación índice KP en un período de 3 días.

Fuente: Leica Geosystems

En la figura 14 se puede observar la variación del índice KP en un periodo de 3 días, esto se registra los intervalos en un periodo de 3 días esto para darle soporte técnico en la hora de vuelo.

Para escala 1:1.000, los parámetros del vuelo se planificarán de manera de disparar una densidad mínima de 4 puntos por metro cuadrado. Cada punto disparado generará a lo menos dos ecos. Ello permitirá obtener una densidad mínima de 1 punto por metro cuadrado en terreno (1 punto cada 1 metro)

Estos parámetros, en conjunto con la precisión brindada por el sistema LIDAR, otorgan precisiones acordes con un producto para escala 1:1.000.

Tecnología de Negocios S, A. se hará cargo de todos los aspectos logísticos en terreno de acuerdo al autocontrol y de la movilización, alojamiento y alimentación de su equipo de Operaciones aéreas, compuesto por:

- 1 Piloto
- 1 Operador de Sistemas
- 1 Mecánico
- 1 Analista de Datos
- 1 Supervisor

2.6.2.4 Operaciones de Post-Procesamiento

El detalle de las labores que Tecnología de Negocios S, A. Ejecutará en gabinete son las siguientes:

1. Procesamiento de la nube de puntos bruta, consistente en su calibración y clasificación, con el fin de obtener el modelo digital del terreno. Los datos ya calibrados posteriormente

se anexarán en un único proyecto, para ejecutar sobre ellos rutinas de clasificación de tipo automática, en base a dos clases o categorías:

- Puntos que constituyen el terreno
- Puntos que no pertenecen al terreno, por ejemplo, vegetación o infraestructuras.

Para llevar a cabo la clasificación automática, se emplearán herramientas de clasificación otorgadas por el programa TERRASCAN.

2. Transformación de las alturas elipsoidales de la nube de puntos bruta a cotas ortométricas de acuerdo al Modelo Geoidal local.

3. Validación del modelo digital de terreno a través de su comparación con perfiles cinemáticos recolectados y post procesados en laboratorio. El área de Control de Calidad ejecuta el control de la precisión del modelo de terreno comparando las altura del modelo mismo con las de los perfiles cínemáticos levantados en terreno y se concluye si se han logrado los niveles de precisión requeridos por las especificaciones.

4. Efectuadas las distintas revisiones se procederá con una CLASIFICACIÓN MANUAL de puntos, labor realizada por Analistas de Datos. Esta tarea comprenderá el reclasificado de los puntos láser, de una manera más pulcra y de acuerdo a criterios cartográficos distintos a los de los algoritmos de Clasificación Automática, es decir, se hará un agrupamiento de puntos entre TERRENO y NO TERRENO con un mayor nivel de detalle. (Martínez Berganza, 2014)

2.6.2.5 Sistema de Coordenadas

En relación al sistema cartográfico del levantamiento, será de coordenadas planas UTM/ WGS84, HUSO 16 Norte y cotas ortométricas referidas al nivel medio del mar.

2.6.2.6 Productos Cartográficos a Entregar

1. Archivos de texto en formato ASCII con los valores de coordenadas para los puntos que corresponden al Terreno.
2. Archivos de texto en formato ASCII con los valores de coordenadas para los puntos que corresponden al tipo NO Terreno.
3. Modelo digital del terreno en formato raster según lo que especificará el cliente.
4. Informe Final con descripción de actividades realizadas en terreno, de autocontrol y los resultados obtenidos en gabinete.

2.6.2.7 Plazos de Ejecución

Se movilizará al área de proyecto en un plazo máximo de 25 días corridos contados desde la fecha de recepción de la “orden a proceder” y además solo una vez que se haya hecho efectivo el pago del anticipo (véase el punto 8 del presente documento). El plazo para movilizar se computará desde el momento en que se verifiquen tanto la recepción de la orden de proceder como el pago efectivo del anticipo. (Martínez Berganza, 2014)

El levantamiento topográfico aéreo tendrá una duración máxima de 3 días efectivos de vuelo. Tecnología de Negocios S, A. ha estudiado atentamente el régimen climático del área de proyecto asesorándose con especialista en el tema y ha llegado a la conclusión que si bien exista la posibilidad de deber suspender las operaciones aéreas en ciertos días en los que no se presenten condiciones climáticas favorables en el área de proyecto constituirán un impedimento a la ejecución exitosa y completa de la etapa de colección de datos. (Martínez Berganza, 2014)

El producto escala 1:1.000 resultante del levantamiento mediante láser aerotransportado, se entregará en un plazo máximo de 50 días hábiles contados desde el término de las operaciones aéreas, hecho que se le comunicará al cliente. Se podrán ejecutar entregas parciales de los productos.

2.6.2.8 Oferta económica

Propuesta técnica para recopilación geográfica de datos por medio del LIDAR Leica rcd30					
Ítem	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario \$ Dólar	Precio Total US \$ Dólar
1	Levantamiento de datos geográficos 1:1.000 mediante tecnología LIDAR Entregables Escala 1: 1.000 Puntos XYZ Modelo Digital de terreno en formato Raster Informe Final Coordenadas UTM WGS-84 Z 16N	Km ²	2,129	\$ 1,500	\$ 3,193,500
TOTAL					\$ 149,030

Propuesta técnica para monitoreo por medio del drene UX5					
Ítem	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario \$ Dólar	Precio Total US \$ Dólar
1	Levantamiento de imágenes mediante el drene UX5 03-05 cm/pixel Informe Final Coordenadas UTM WGS-84 Z 16N	Km ²	16	\$ 1800	\$ 28,800
TOTAL					\$ 28,800

En la propuesta económica se realizó una comparación entre el dron UX5 y el LIDAR leica rcd30, es necesario considerar que cada uno está bajo sus funciones específicas, es decir el dron no puede determinar el DTM como el LIDAR, por lo que no es práctico comparar una propuesta económica de una función más específica, como lo es la modelación en tercera dimensión que realiza el LIDAR, es por esta razón que la comparación económica de la propuesta técnica tiene como función expresar la diferencia de costos de trabajo en resultados entre un sistema georeferenciado y el otro. (Martínez Berganza, 2014)

Las fotografías aéreas georeferenciadas del dron permiten hacer un reconocimiento del área del proyecto con una resolución desde 3 hasta 30 cm/píxel, dichas imágenes georeferenciadas tienen asociadas coordenadas geográficas del lugar donde fueron tomadas; esto gracias al uso de un GPS y un sistema inercial con sensores con esto se puede obtener todas las imágenes geográficamente referenciadas con una precisión relativa de 5cm. (Martínez Berganza, 2014)

Una vez tomada la fotografía, se utiliza un programa fotogramétrico para rectificar todas las imágenes aéreas y sobreponerlas con el objetivo de crear un mosaico orthorectificado del área del proyecto, el formato de entrega de las imágenes son (GEOTIFF, ECW) y el de la nube de puntos X, Y, Z (.SHO, .LAS)

El tiempo de trabajo del dron es de 1km² diario, sin embargo para monitoreo sería por secciones de planificación y de avance, haciendo una entrega rápida de reportes, es importante mencionar que solo se tomaron los 16 km² donde se puede monitorear la infraestructura de trabajo, no la cuenca completa, ya que para este fin se necesitaría mucho tiempo de trabajo y no es algo medible en esta investigación.

El trabajo del LIDAR leica rcd30 se ha discutido en los incisos anteriores, en donde se puede analizar la diversidad de puntos que se puede aplicar por medio de la modelación de datos, regularmente un estudio de LIDAR es 3 veces más su valor por km² que un dron

2.6.2.9 Cuadro de Ventajas y Desventaja

En el cuadro 8 se consideran los puntos más importantes exponiéndolo en ventajas y desventajas de cada uno de los ítems evaluados

Cuadro 8: Evaluación de ventaja y desventajas de la propuesta del LIDAR Leica rcd30

Propuesta	Ventajas	Desventajas
	Es un método que Genera Información en las condiciones adecuadas mapas actualizados a escala 1:1,000	Se necesita computadoras con el software que puedan leer los formatos de entrega, la mayoría de empresas e instituciones no lo poseen
	Puede utilizar los MDE y MDS por medio de láser y producir retornos que pueden generar nubes de puntos con información fotográfica con una cámara de 80 mega pixeles no importando la densidad boscosa	El clima puede ser un factor que afecte si no se planifica en base a procesos meteorológicos (nubes, condiciones extremadas de lluvia, Luz solar)
Recopilación Geográfica por medio de LIDAR	Resuelve y genera información de proyectos en el mirador Petén, no solo en las fases de construcción, sino que en la arqueología, Recursos Naturales, cálculo de biomasa, censo forestal, Recursos Hídricos y uso del suelo	Es necesario poder tener conocimiento de cómo aplicar cada uno de los procesos, para una ejecución adecuada, en Guatemala no existen demasiados especialistas en el tema
	Trabaja con algoritmos matemáticos lo que genera una temática, de que por medio de	Es ideal tener algoritmos matemáticos del área de trabajo en base a

	<p>estos se puede ampliar la información que uno desee</p>	<p>investigaciones históricas para modelarlos con el LIDAR, sin embargo en Guatemala no se realizan tantas investigaciones con algoritmos matemáticos</p>
	<p>No utiliza mucho personal y tiempo de ejecución</p>	<p>El costo es muy elevado , considerando que no hay mucha inversión hacia la tecnología LIDAR aérea en Guatemala, y muy pocas empresas privadas pueden pagar este servicio</p>
	<p>Es una propuesta innovadora ya que es de última generación por el láser de barrido</p>	<p>Al ser una tecnología moderna, hay desconocimiento del tema produciendo inseguridad de su funcionalidad</p>

Fuente propia: Elaborado por Mariano Martínez

2.7 Conclusiones

- El Drone UX5 es una propuesta que establece un nuevo estándar en la precisión, robustez y rendimiento para la cartografía fotogramétrica aérea en donde es importante el peso en si del UAV, el material de fabricación y la batería ya que estos están basados en conceptos aéreos congruentes para el área nacional facilitando el tiempo, control y diseño de un proyecto de monitoreo aéreo, el Trimble UX5 trae su plataforma de despegue , su buscador en caso de caer en un lugar que no estuviera programado, posee metros de seguridad de aterrizaje, soporta condiciones bióticas del ambiente de Petén.
- El rendimiento de imagen del Trimble UX5 Aerial Imaging Rover y los flujos de trabajo optimizados de Trimble Business Center Photogrammetry permite la creación de entregables profesionales con una precisión y calidad sin precedentes en el monitoreo, sin embargo tiene deficiencias debido a que no tiene la capacidad DTM en un área densa de bosque como lo es el de la cuenca del Mirador. Los costes de adquisición de datos se reducen drásticamente en comparación con los de un LIDAR aunque pareciera tener el mismo nivel de detalle no genera los mismos niveles de información geográfica para esta área en Especifico.
- A una altura de vuelo de 150 m, el Trimble UX5 produce un a Distancia Equivalente Terrestre (GSD por sus siglas en inglés) de 4.8 cm. Además, el Trimble UX5 es capaz de volar a una altura mínima de 75 m sobre el nivel del suelo alcanzando el valor de 2.4 cm de GSD, considerando una desventaja el lastimar su e-box
- Dentro de la propuesta de LIDAR para la recopilación de datos geográficos se puede comprobar que es el sistema aéreo más adecuado para la cuenca del Mirador Petén, ya que genera información de aspectos del Bosque como la biomasa por medio de regresiones matemáticas, cálculo de factores del Suelo a escala 1:1000 lo cual ahorra horas de trabajo e inversión, aspectos hídricos, relieve arqueológico, por medio del sistema laser y retornos se puede tener la

información del terreno a comparación del Drone, en un periodo corto de tiempo, solo analizando la inversión de ejecución que puede ser un impedimento del mismo.

- El trabajo del LIDAR leica rcd30 se ha discutido en los incisos anteriores, se puede analizar desde un punto de comparación económica que un estudio de LIDAR es 3 veces más su valor por km^2 que un drone.
- El tiempo de trabajo del drone es de 1km^2 diario, sin embargo para monitoreo seria por secciones de planificación y de avance, haciendo una entrega rápida de reportes, es importante mencionar que solo se tomaron los 16 km^2 donde se puede monitorear la infraestructura de trabajo, no la cuenca completa, ya que para este fin se necesitaría mucho tiempo de trabajo y no es algo medible en esta investigación.

2.8 Recomendaciones

- Implementar un curso electivo en la -FAUSAC- Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos de Guatemala con métodos tecnológicos para la agricultura de precisión con sistemas UAV, ya que es una tecnología práctica, que será implementada en el mercado nacional y universitario por su versatilidad y utilidad, dentro del contenido sugerido estaría, la fase de gabinete inicial, fase de campo y post procesamiento de datos geográficos.
- Utilizar tecnología LIDAR para aplicación en nuevas investigaciones forestales, con la finalidad de desarrollar algoritmos que permitan extraer parámetros de la vegetación en Guatemala a partir de la nube de puntos registrada por el sensor. De esta manera se podría obtener información sobre la biomasa leñosa y foliar, estructura de la ramificación y sobre la interferencia de la biomasa foliar en la medición, también se pueden realizar censos forestales, con sus variables dasométricas.
- Tomar en consideración en la compra de un dron, el poder analizar el hardware y software, ya que pueda que al momento de querer implementarlo no cumpla los requisitos de píxeles para la resolución del proyecto a trabajar, es importante asesorarse adecuadamente cual es el dron que satisfaga ciertos lineamientos a trabajar, dentro de estos se encuentra, la resolución de imagen, destreza del UAV, función, tipo de software y finalidad comercial.
- Es necesario al momento de trabajar ya sea en un área urbana o rural, tener el punto de despegue y aterrizaje bien delimitado, esto se lleva a cabo con un reconocimiento de campo adecuado y previo al plan de vuelo, esto se debe a que en ciertos puntos puede que se dañe el e-box por no tener un área adecuada de 1 km² en el mejor de los casos para poder trabajar el ascenso y descenso del dron.
- Realizar servicios de mapas temáticos a escala de detalles como alternativa de planificación de cuencas por medio del LIDAR Leica rcd30, ya que esto podría

generar información que genere puntos actualizados para poder realizar planificaciones adecuadas, dentro de estos mapas podría realizarse algunos sociales, como mapas para ordenación territorial, mapas biofísicos, de gestión de riesgos a nivel nacional, es decir que sean funcionales y que puedan ser los parámetros de información tecnológica geográfica del futuro.

2.9 Bibliografía

1. Álvarez, C. M. (11 de Marzo de 2013). El Mirador : abre licitacion de obras. *Siglo 21, Guatemala*.
2. ArcGIS Resources. (06 de 03 de 2013). *Using LIDAR in ArcGIS*. Recuperado el 1 de Abril de 2014, de ArcGIS Resources: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/015w/015w0000003z000000.htm>
3. ArcGIS Resources. (06 de 03 de 2013). *What is LIDAR data?* Recuperado el 1 de Abril de 2014, de ArcGIS Resources: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//015w00000041000000>
4. Ariza López, F. J. (2013). *Fundamentos de la evaluacion de la calidad de informacion geográfica*. España: Universidad de Jaen, Servicio de Publicaciones e Intercambio. 28 p.
5. Arnalish, S. (2010). *Como construir e incorporar un sistema de información geográfica a tu proyecto. 2 ed.* España: Anarlich, water and habitat. 170 p.
6. Arranz, J. J. (2013). *Diseño, optimización y análisis de sistemas basados en técnicas láser, para el modelado geométrico, registro y documentación, aplicados a entidades de interés patrimoniales en España*. España.
7. Bertoli, L. (19 de Marzo de 2014). Bases para poder determinar el uso correcto de los metodos georeferenciados a evaluar. Guatemala, PRECON, Asesor UAV y Geología. (M. A. Martinez Berganza, Entrevistador)
8. BID. (2014). *Red de monitoreo y evaluación*. Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://www.iadb.org/es/temas/prodev/monitoreo-y-evaluacion,2022.html>
9. Carto Data. (2012). *RAF generación de cartografía en tiempo record*. Recuperado el 26 de Marzo de 2014, de Carto Data: <http://www.cartodata.com/technologies/raf-2/>

10. Castañeda, C. A., & Hansen, R. (2006). Estudios botánicos en cuenca Mirador: desarrollo de vegetación y su significado cultural. En J. Laporte, B. Arroyo, & H. Mejía (Ed.), *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. II*, págs. 120-132. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. p. 120.132.
11. CONAP. (2009). *Plan de uso público parque nacional Río Azul, biotopo Naachtun-Dos Lagunas y sus accesos*. Guatemala: CONAP.
12. Cremades Estronell, J. (2013). *Análisis de los factores que influyen en la precisión de un MDE y estimación de parámetros forestales en zonas arbustivas de montaña mediante datos LIDAR en España. Tesis PhD*. España: Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. 175 p.
13. Guerrero Soto, D. (2012). *Interacción hombre-robot con vehículos aéreos no tripulados basada en visión. Tesis MSc. Computación*. Victoria, Tamaulipas, México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Laboratorio de Tecnologías de Información. 153 p.
14. Hansen, R. (1998). Continuity and disjunction: the pre-classic antecedents of classic maya architecture. *Function and meaning in classic maya architecture* (págs. 49-122). Washinton, D.C., US: Dumbarton Oaks.
15. Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2011). *Análisis y diseño de sistemas. 8 ed.* México: Prentice Hall. 600 p.
16. Leica Geosystems. (2014). *Leica RCD30: multispectral RGBM imagery / Media*. Recuperado el 8 de Mayo de 2014, de Leica Geosystems: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-RCD30_86987.htm
17. Leica Geosystems. (2014). *Leica RCD30: multispectral RGBN imagery*. Recuperado el 8 de Mayo de 2014, de Leica Geosystems: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-RCD30_86987.htm

18. Leica Geosystems. (2014). *Leica RCD30: multispectral RGBN imagery / related products*. Recuperado el 20 de abril de 2014, de Leica Geosystems: http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-RCD30_86987.htm
19. LIDAR Belize. (2014). *Arqueología con LIDAR*. Recuperado el 6 de Mayo de 2014, de LIDAR Belize, Levantamientos Topográficos y Batimétricos: <http://LIDAR-belice.com/>
20. Llorens Fabregas, J. (2006). *Gerencia de proyectos de tecnología de información: cómo organizar, planificar, estimar, evaluar y controlar exitosamente proyectos de tecnología de información*. Venezuela: CEC. 284 p.
21. LOXIS. (2012). Estudio de financiero del proyecto Carmelita-Mirador. En LOXIS, *Informe final fase 1* (págs. 420-450). Guatemala: LOXIS.
22. Martínez Berganza, C. A. (23 de Marzo de 2014). Plan de uso de monitoreo del dron UX5 y LIDAR Leica RCD30. Guatemala, Tecnología de Negocios, Asesor Técnico de Ingeniería. (M. A. Martinez Berganza, Entrevistador)
23. Nuñez Escamilla, R. (2010). *Diseño, construcción, instrumentación y control de un vehículo aéreo no tripulado. Tesis Ing. Control y Automatización*. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional Adolfo López Mateos. 86 p.
24. Ortiz Padilla, V. G., & Pulla Arévalo, P. R. (2012). *Diseño y construcción de un cuadricóptero a control remoto. Tesis Ing. Macatronica*. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. 20 p.
25. Peña Llopis, J. (2006). *Sistema de Informacion Geografica Aplicada a la Gestion de Territorio*. España: Universidad de Alicante, Departamento de Ecología, Editorial Club Universitario. 113 p.
26. Pineda Galván, S. (2014). *El sistema LIDAR aplicado a la geomática, generando modelos digitales de elevación (MDE) en México. Tesis Ing. Geomático*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. 81 p.

27. Roa, A. M. (2007). *Matriz sistematizada de los proyectos del cluster*. Recuperado el 23 de Abril de 2014, de IDB, Interamerican Development Bank: <http://publications.iadb.org/handle/11319/1050>
28. Rodríguez Sánchez, E. (2012). *Inventario Forestal con LIDAR: Estimación de Variables Dasométricas en el valle de Burgos*. Burgos, España: Editorial Académica Española. 88 p.
29. Ruano, S. (15 de Marzo de 2014). Análisis financiero para la evaluación de los dos metodologías georeferenciadas. Guatemala, Tecnología de Negocios, Gerente Administrativa. (M. A. Martínez Berganza, Entrevistador)
30. Santos Mansilla, E. G. (20 de Marzo de 2014). Banco de marca geodésico en el sendero Carmelita-Mirador. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional, Director General. (M. M. Martínez Berganza, Entrevistador)
31. Trimble. (2014). *Applications UX5*. Recuperado el 1 de abr. de 2014, de Trimble: <http://uas.trimble.com/applications-and-markets>
32. Trimble. (2014). *Specifications UX5 UX5 HP*. Recuperado el 1 de abr. de 2014, de Trimble: <http://uas.trimble.com/specifications>

CAPITULO III
SERVICIOS REALIZADOS

3.1 Supervisión para el plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de rutas viales en el tramo Carmelita-el Tintal, San Andrés, Petén

3.1.1 Presentación

La finalidad de supervisar y realizar un plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de la ruta vial (sendero) es la de ejecutar un mejoramiento de las condiciones de transitabilidad turística, sin afectar la biodiversidad ni la naturalidad paisajística del sendero. Incluyendo actividades de salvamento y saneamiento y extracción forestal a lo largo de un sendero ubicado entre la Comunidad de Carmelita y el campamento del Sitio Arqueológico El Tintal, San Andrés,

La zona se encuentra en la Zona de Usos múltiples de la Reserva de Biósfera Maya y forma parte del área de la Concesión Forestal de la Cooperativa Carmelita; entre las coordenadas geográficas 17° 27' 39.3" Latitud Norte, 90° 03' 18.1" Longitud Oeste y 17° 34' 48.9" Latitud Norte 89° 59' 46.5" Longitud Oeste respectivamente.

Para determinar los árboles a extraer se realizó un censo de cada uno de los arboles seleccionados basado en el criterio de remover árboles que constituyen un obstáculo para el libre tránsito peatonal y también aquellos que por su situación de decrepitud y excesiva inclinación ponen en riesgo la seguridad de las personas y animales que por allí transitan, habiendo sido restringida la toma de datos a áreas efectivas de afectación sobre el sendero que está diseñado con un ancho máximo de 2 m a lo largo de 17.3 kilómetros que es la distancia entre Carmelita y El Tintal.

Se registraron un total de 89 árboles con una área basal de 13.5 m² y un volumen total de 32.1 m³. De estos, la mayoría (73%) de individuos corresponden a árboles decrepitos, muertos o inclinados hacia el sendero.

3.1.2 Objetivos

3.1.2.1 Objetivo general

Supervisión forestal, para la ejecución del plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de rutas viales en el tramo Carmelita-el Tintal, San Andrés.

3.1.2.2 Objetivo específicos

- Crear una para base de datos de los árboles para aprovechamiento no comercial, por medio de GPS en el tramo de Carmelita-el Tintal, San Andrés.
- Apoyar con recomendaciones técnicas a la empresa Tecnología de Negocios S.A. sobre la extracción y aprovechamiento de la madera

3.1.3 Metodología

Para la realización del plan especial de aprovechamiento no comercial por mantenimiento de rutas viales en el tramo Carmelita-el Tintal, San Andrés, se tomó en cuenta, que en la metodología era necesario reunir personal técnico administrativo, esto conlleva a que como primer punto, el realizar una fase de gabinete inicial con los involucrados en el proyecto.

3.1.4 Creación de una base de datos de los árboles para aprovechamiento no comercial, por medio de GPS en el tramo de Carmelita-el Tintal, San Andrés

Los criterios tomados en cuenta para la selección de los árboles a extraer se basaron en arboles ubicados sobre el trazo del sendero en un ancho no mayor de 2 m que no sean especies con alto valor de conservación y con diámetros mínimos los cuales se subdividen en:

- Arboles decrepitos, muertos y secos en pie con una caída natural hacia el sendero, lo cual puede constituir un riesgo para las personas que transitan por allí,
- Arboles abatidos por condiciones naturales o que fueron cortados sin haber sido extraídos.

Los arboles seleccionados tomando en cuenta los criterios antes señalados tienen que ser medidos tomándose el diámetro a la altura del pecho DAP y la altura comercial, así mismo se utilizar un navegador Garmin 62sMap para obtener los valores de sus coordenadas como aparece en el cuadro No. 2.

3.1.4.1 Apoyo con recomendaciones técnicas a la empresa Tecnología de Negocios S.A. sobre la extracción y aprovechamiento de la madera

En toda la zona de estudio existe una diversidad biológica compuesta especies de la flora y la fauna incluyendo aves, mamíferos y reptiles. Por ser parte oficial de la Reserva de Biosfera Maya, la categoría de manejo del área requiere de un especial cuidado para la preservación de la biodiversidad existente que cobra importancia con la puesta en valor del sitio para fines de turismo ecológico y actividades de bajo impacto.

Esto conlleva a que las recomendaciones técnicas de extracción y aprovechamiento de madera, estuvieran en tres aspectos los cuales son:

- Tala dirigida de los árboles aprovechables.
- Actividades post-procesamiento de la madera.
- Monitoreo y extracción de la madera

3.1.5 Resultados

Se convocó a una reunión para la fase de gabinete inicial de trabajo de supervisión forestal con el -CONAP- “Consejo Nacional de Áreas Protegidas” de la región central y de la región VII perteneciente al área de Petén, personal técnico forestal del -MARN- “Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales” y de la Cooperativa Carmelita en donde se planificó el poder realizar una supervisión de campo con los mismos personajes involucrados para poder ver el uso actual de la vegetación y de esta forma conservar y mitigar daños durante la fase de establecimiento de la construcción.

En la figura 15 se observa las reuniones para planificación de trabajo, en donde se abordó el tema de supervisión forestal esto se realizó en la sede del -CONAP-



Figura 15. Reunión para planificación de trabajo con el -CONAP-

Fuente: Mariano Martínez, 2014

3.1.5.1 Creación de base de datos de los árboles para aprovechamiento no comercial, por medio de GPS en el tramo de Carmelita-el Tintal, San Andrés

Se realizó un plan estructurado en donde el –CONAP- “Consejo Nacional de Áreas Protegidas” ejecuto una recolección de puntos para la creación de un polígono del uso actual de especies, del sendero y identificación de árboles en riesgo, mismos que pueden ser aprovechados, en el caso de la empresa para toma de puntos críticos para guía del regente forestal y personal de topografía siendo esta información privada de dicha institución.

En la figura 16 se observa el equipo de trabajo para supervisión Forestal en campo, en los cuales se encuentran personas de la Cooperativa Carmelita, del -MARN- y del –CONAP-



Figura 16. Se observa el equipo de trabajo para supervisión Forestal en campo, en los cuales se encuentran personas de la Cooperativa Carmelita, del -MARN- y del –CONAP-

Fuente: Mariano Martínez, 2014

El trabajo dasométrico no tuvo ningún tipo de muestreo ya que se efectuó un censo de todos los árboles que de acuerdo a los criterios establecidos requieren ser removidos de manera cuidadosa para no afectar el entorno, el suelo y la vegetación remanente. A cada árbol se le determinó la especie, el diámetro y la altura comercial, y en el caso de

los árboles decrepitos (muertos y secos) se evaluó su dirección de caída incluyéndose aquellos que la tienen en dirección al sendero y que representan un peligro al transeúnte

Las coordenadas son geográficas con datum wgs 84 con un error promedio de 7 m, el total de árboles es de 89, se concluyó en campo que se podrán remover las raíces y demás material vegetal dispuesto en el área del sendero, debiéndose incorporar los restos al bosque (hacia afuera del sendero).

Considerar como criterio de selección de árboles muertos a extraer, aquéllos que no presenten características de hábitat u hospederos de fauna silvestre y que no presente un alto riesgo a la integridad humana, tal cual se discutió y consensó en campo. Los árboles que sean autorizados en el plan de manejo para su aprovechamiento serán troceados y extraídos en carretones en coordinación con la Cooperativa, no siendo así con los árboles que ya se encuentran tirados, mismos que deben quedarse en el bosque.

En la figura 17 se observa la toma de datos en Campo para el control y supervisión Ambiental

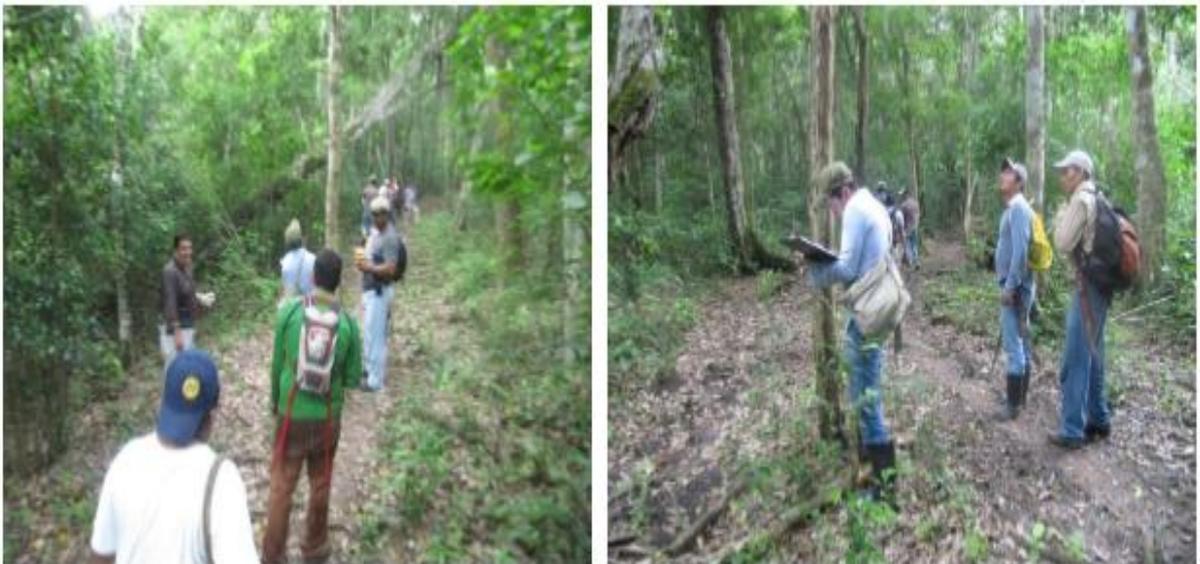


Figura 17. Toma de datos en Campo para el control y supervisión Ambiental

Fuente: Mariano Martínez, 2014

En la figura 18 se observa los arboles a extraer a lo largo del sendero, la toma de datos se realizó coordinadamente con las instituciones involucradas donde se logró el poder

ser puntuales con los arboles encontrados en el sendero actualmente para de ser necesario se haga un plan de trabajo forestal y de esta forma poder aprovechar dicho material y extraerlos de forma legal.

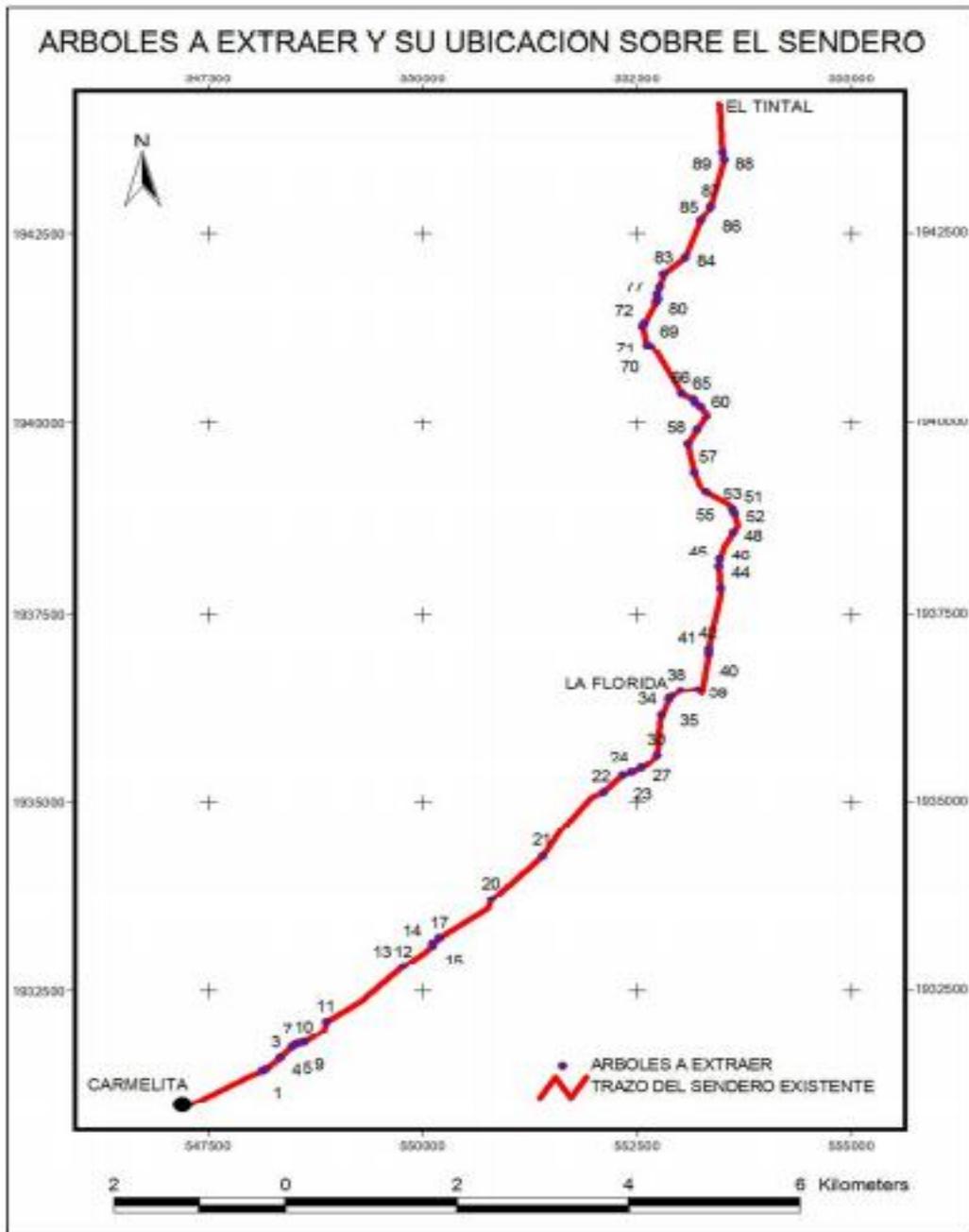


Figura 18. Árboles a extraer a lo largo del sendero.

Fuente: Mariano Martínez, 2014

3.1.5.2 Apoyo con recomendaciones técnicas a la empresa Tecnología de Negocios S.A. sobre la extracción y aprovechamiento de la madera

Las recomendaciones técnicas a la empresa Tecnología de Negocios S.A. sobre la extracción y aprovechamiento de la madera son las siguientes:

- **Plan de corta y aprovechamiento:** La corta incluirá las actividades efectuadas para la tala de árboles en pie y su preparación para la extracción. Esta actividad será realizada por personal con amplio conocimiento en estas labores y que deberá ubicar adecuadamente los árboles seleccionados mediante geoposicionamiento.

La tala dirigida reduce el daño a la vegetación y al suelo, evita daños a los cursos de agua y aumenta el volumen utilizable de las trozas al reducir la rotura de éstas. También reduce la frecuencia y gravedad de accidentes relacionados con la corta. Por consiguiente, se debe hacer énfasis en la mejora de la capacidad técnica de las cuadrillas de corta y en incentivos que promuevan procedimientos correctos. Se recomienda se evalúe cada uno los árboles que se van a cortar, se defina la dirección de caída y se limpie el pie del árbol.

- **Ajuste en la dirección de los arboles:** Será necesario cambiar la dirección de caída para proteger los árboles circundantes al sendero. Para las actividades en referencia se aplicarán las normas de aprovechamiento prescritas en el Manual Forestal de CONAP. La tala de los árboles se realizará de manera de facilitar las labores posteriores principalmente el transporte procurando causar el mínimo de daños a los árboles remanentes.

De esa cuenta se aplicará en la medida de lo posible la tala direccional considerando los siguientes criterios:

- a. Evitar los daños a la vegetación remanente.
- b. Orientar la caída de manera que se faciliten las labores de extracción de las trozas.
- c. Direccional la caída de los árboles hacia la dirección del sendero de acuerdo con el volumen a extraer y al diámetro medio se determinó que la corta, troceo y desrreme se

hará con motosierra haciendo uso de una cuadrilla compuesta por un motosierrista y su ayudante quien ubicará los árboles por cortar, limpiará la base de estos y preparará las operaciones de corta, mientras que el primero se encargará de la corta, el troceo y el desrame de los árboles.

La dirección de caída de los árboles se determinará tomando en cuenta la dirección deseada, la inclinación natural del árbol, el lado de la copa con más ramas, la dirección del viento, la presencia de obstáculos en el suelo y el sentido de la pendiente, se espera que el árbol debe caer en la dirección del sendero para que se faciliten las operaciones subsiguientes, tales como desrame y troceo.

Se evitará que otros árboles impidan que el árbol llegue al suelo. En cuanto a troceo, para reducir los residuos de la explotación, es necesario poner énfasis en el troceo siguiendo los pasos que a continuación se enumeran:

- Una vez, cuando el árbol esté en el suelo se deberá inspeccionar con el propósito de maximizar el aprovechamiento del mismo.
- Hacer el primer corte en el extremo comercial menor, o en su defecto donde se produzca la bifurcación. En el caso de existir ramas con diámetros aprovechables, se deben inspeccionar y analizar, si producen longitudes suficientes obtener material que sea aprovechable. transporte menor Tomando en cuenta el tamaño de los árboles a extraer, el factor económico, la disponibilidad de equipo y personal, el tiempo, la cobertura vegetal, la topografía y las distancias de extracción de los árboles del tocón a los caminos principales, haciendo uso de los caminos de extracción o caminos de saca, se decidió hacer uso de un winch con una longitud no mayor a 40 m.
- Se espera utilizar el sendero existente para facilitar las actividades de transporte menor de las especies y minimizar el daño en el área.
- **Actividades post aprovechamiento:** se debe considerar el aprovechamiento de residuos, evacuación de materiales y sustancias

contaminantes: derivados de petróleo, como combustibles, lubricantes o grasas, materiales o repuestos, como filtros, bujías, cuerdas, llantas, baterías, materiales plásticos, como bolsas, recipientes, empaques, materiales orgánicos, como residuos de comida, excremento, papeles.

3.2 Bibliografía

1. BID. (2014). *Red de monitoreo y evaluación*. Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de Banco Interamericano de Desarrollo: <http://www.iadb.org/es/temas/prodev/monitoreo-y-evaluacion,2022.html>
2. Castañeda, C. A., & Hansen, R. (2006). Estudios botánicos en cuenca Mirador: desarrollo de vegetación y su significado cultural. En J. Laporte, B. Arroyo, & H. Mejía (Ed.), *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. II*, págs. 120-132. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. p. 120.132.
3. CONAP. (2009). *Plan de uso público parque nacional Río Azul, biotopo Naachtun-Dos Lagunas y sus accesos*. Guatemala: CONAP

3.3 Anexos

Nombre común del Árbol	Nombre Científico	Familia
Baquelac	<i>Laethia thamnina</i>	Flacourtiaceae
Cakzín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Fabaceae
Canisté	<i>Pouteria campechiana</i>	Sapotaceae
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae
Carboncillo	<i>Cupania guatemalensis</i>	Sapindaceae
Cedrillo	<i>Guarea excelsa</i>	Meliaceae
Chalteco	<i>Caesalpina velutina</i>	Caesalpiniaceae
Chechén negro	<i>Metopium brownei</i>	Anacardiaceae
Chicozapote	<i>Manilkara achras</i>	Sapotaceae
Copal	<i>Protium copal</i>	Burseraceae
Cuero de sapo	<i>Gyranthera micrantha</i>	Bombacaceae
Gesmó	<i>Lysiloma desmostachy</i>	Leg. Mimosaceae
Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae
Malerio Blanco	<i>Aspidosperma stegomeris</i>	Apocynaceae
Malerio Colorado	<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Apocynaceae
Manax	<i>Talisia olivaeformis</i>	Sapindaceae
Manchiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	Leg. Papilionoideae
Mano de León	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae
Palo Tinto	<i>Haematoxylon campechianum</i>	Leg. Caesalpinoideae
Papaturro	<i>Coccoloba floribunda</i>	Polygonaceae
Pij	<i>Gymnanthes lucida</i>	Euphorbiaceae
Pucté	<i>Bucera bucidias</i>	Combretaceae
Quina	<i>Quiina schippii</i>	Quiinaceae
Ramón Blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
Sacuayún	<i>Matayba opositiflora</i>	Sapindaceae
Sacuché	<i>Bourreria oxyphylla</i>	Boraginaceae
Silión	<i>Pouteria amigdalina</i>	Sapotaceae
Sosní	<i>Ocotea lundellii</i>	Lauraceae
Yaxnic	<i>Vitex goumeri</i>	Verbenaceae
Zapotillo hoja fina	<i>Pouteria meyeri</i>	Sapotaceae
Desconocido	¿?	¿?

Figura 19 A. Especies forestales identificadas en la zona de estudio a lo largo del tramo del sendero Carmelita-El Tintal.

No.	NOMBRE	DIAM	ALTURA	OBSERVACIONES	AB	VOL.	Coor Y	Coor X
1	Chechen Negro	13.2	5		0.027	0.101	1931448.38	548122.12
2	Cactán	10.5	3	Inclinado	0.017	0.073	1931465.41	548163.18
3	Carboncillo	8.8	4	Inclinado	0.012	0.072	1931619.20	548340.17
4	Cuero de Sapo	7.7	4	Inclinado	0.009	0.069	1931618.98	548340.07
5	Sacuché	15.9	10	Muerto	0.040	0.185	1931760.72	548475.98
6	Chico Zapote	35.7	11	Muerto	0.200	0.768	1931784.40	548520.10
7	Papaturro	10.1	3	inclinado 50 % copa muerta	0.016	0.072	1931796.75	548550.45
8	Papaturro	14	3	50% copa muerta	0.031	0.087	1931796.75	548550.45
9	Sacuché	35.7	10	Muerto	0.200	0.703	1931822.68	548613.68
10	Pucté	30.6	6	Muerto	0.147	0.342	1931823.25	548617.82
11	Chechen Negro	32.2	6	Inclinado	0.163	0.372	1932089.99	548871.74
12	Pij	13.2	4	inclinado	0.027	0.092	1932815.10	549773.50
13	Tinto	35.3	4	muerto	0.196	0.310	1932814.32	549772.54
14	Pucté	38.4	7	Muerto	0.232	0.580	1933090.70	550115.93
15	Manchiche	52.7	11	Muerto	0.436	1.607	1933119.92	550118.94
16	Pucté	80.5	10	Muerto	1.018	3.345	1933119.92	550118.94
17	Zozni	23	3	Muerto	0.083	0.137	1933197.14	550200.73
18	Sillon	25.2	5	Muerto	0.100	0.218	1933191.80	550190.65
19	Sillon	25	7	Muerto	0.098	0.279	1933191.25	550190.23
20	Sillon	36.4	9	Muerto	0.208	0.662	1933717.73	550803.98
21	Pucté	32	5	Inclinado	0.161	0.316	1934280.58	551393.82
22	Sillon	33.2	5	Seco	0.173	0.336	1935127.26	552102.88
23	Chico Zapote	44.3	9	Seco	0.308	0.953	1935346.16	552324.45
24	Tinto	40.6	6		0.259	0.559	1935390.48	552432.22
25	Sacuché	16.6	3	Tronco	0.043	0.099	1935390.48	552432.22
26	Chico Zapote	25.5	6	Seco	0.102	0.255	1935443.86	552535.61
27	Chico Zapote	26	8	Seco	0.106	0.331	1935453.64	552551.19
28	Pij	12.3	4	Seco	0.024	0.087	1935454.30	552549.38
29	Chico Zapote	32.7	4	tronco, seco	0.168	0.274	1935511.33	552650.85
30	Desconocido	23	8	Inclinado	0.083	0.271	1935631.81	552728.58
31	Pij	20.5	3	tronco, seco	0.066	0.121	1936030.60	552761.20
32	Ramon Blanco	35	6	troco, seco	0.192	0.430	1936098.80	552775.88
33	Pucté	28.1	4	tronco, seco	0.124	0.217	1936117.51	552778.91
34	Yacnic	72.2	5	Seco	0.819	1.379	1936144.75	552786.38
35	Chalteoc	23.5	7	Seco	0.087	0.253	1936339.93	552864.34
36	Malaria Blanco	44	11	Seco	0.304	1.137	1936363.76	552880.63

Figura 20 A. Lista general de los arboles a extraer

37	Malerio Blanco	34.4	5	seco, tronco	0.186	0.357	1936420.50	552954.69
38	Chico Zapote	40.4	4	seco tronco	0.256	0.388	1936471.77	553008.07
39	Gesmo	60.6	8	Seco	0.577	1.547	1936473.73	553207.68
40	Gesmo	38.3	7	Seco	0.230	0.578	1936951.66	553334.47
41	Malerio Blanco	40.2	10	Seco	0.254	0.877	1936956.86	553333.39
42	Desconocido	20.5	6	Seco	0.066	0.185	1937021.26	553335.35
43	Chico Zapote	50.8	4	tronco, seco	0.405	0.580	1937747.54	553473.25
44	Chico Zapote	40.9	12	Seco	0.263	1.075	1937822.24	553475.71
45	Chaltecoc	32.1	12	Seco	0.162	0.684	1938100.03	553450.13
46	Sacuayún	34.5	6	Seco	0.187	0.419	1938191.47	553462.84
47	Copal	30.4	6	seco, inclinado	0.145	0.338	1938382.27	553516.06
48	Chico Zapote	34	9	Seco	0.182	0.585	1938563.58	553619.62
49	Zapotillo	22.5	5	vivo, caído	0.080	0.185	1938656.02	553676.07
50	Ramon Blanco	25.2	4	seco, tronco	0.100	0.186	1938791.49	553644.60
51	Zacuayum	28.5	13	Seco	0.128	0.592	1938821.34	553632.21
52	Malerio Colorado	30.7	8	Seco	0.148	0.439	1938820.23	553632.63
53	Caniste	18.9	5	Seco	0.056	0.147	1938869.42	553612.44
54	Chico Zapote	29	7	seco, inclinado	0.132	0.355	1938934.59	553568.52
55	Chico Zapote	64.5	5	tronco seco	0.653	1.112	1939089.46	553298.14
56	Chico Zapote	45.1	5	tronco, seco	0.320	0.573	1939126.55	553263.22
57	Manax	25.8	10	Seco	0.105	0.394	1939368.30	553164.92
58	Pij	12.7	5	Seco	0.025	0.098	1939734.04	553090.17
59	Desconocido	12.1	9	Vivo	0.023	0.124	1939904.74	553199.49
60	Chico Zapote	32.7	4	tronco seco	0.168	0.274	1940079.18	553298.61
61	Desconocido	14.3	4	vivo, inclinado	0.032	0.098	1940134.01	553318.84
62	Chico Zapote	14.2	5	Seco	0.032	0.108	1940224.31	553237.93
63	Cuero de Sapo	15.1	7	vivo, inclinado	0.036	0.138	1940224.31	553237.93
64	Chico Zapote	50.1	9	Seco	0.394	1.203	1940283.02	553177.90
65	Chico Zapote	40.3	5	Seco	0.255	0.469	1940319.36	553151.48
66	Zapotillo	16	6	Seco	0.040	0.135	1940393.03	553014.87
67	Zapotillo	12	8	seco, inclinado	0.023	0.115	1940463.32	552980.08
68	Malerio Colorado	28.4	11	inclinado, seco	0.127	0.507	1940958.02	552708.41
69	Manax	18.4	6	Seco	0.053	0.160	1941009.12	552659.13
70	Malerio Colorado	20.1	6	Seco	0.063	0.180	1941026.31	552629.68
71	Desconocido	25.6	5	Seco	0.103	0.223	1941029.15	552614.07
72	Chico Zapote	10.9	4	Vivo	0.019	0.081	1941279.33	552566.39
73	Cactzin	10.4	4	Inclinado vivo	0.017	0.079	1941315.78	552584.55
74	Cactzin	10.2	4	inclinado vivo	0.016	0.078	1941315.78	552584.55
75	Cactzin	11	4	inclinado vivo	0.019	0.081	1941315.78	552584.55
76	Ramon Blanco	25.3	7	Inclinados vivo	0.101	0.284	1941595.10	552716.83
77	Chico Zapote	28.7	7	inclinados vivo	0.129	0.349	1941597.31	552715.98

Figura 21 A. Lista general de los arboles a extraer



Guatemala, 12 de noviembre de 2015

Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 69-2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS
GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR
LEICA RCD30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN
GEOGRÁFICA DE DATOS EN LAS FASES DEL
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN, EN EL MIRADOR
PETÉN, GUATEMALA, C.A

ESTUDIANTE:

MARIANO ALBERTO MARTÍNEZ BERGANZA

No. CARNÉ

200915911

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación
Titulada:

"COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS
GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR
LEICA RED30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN
GEOGRÁFICA DE DATOS, EL MIRADOR, PETÉN,
GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Isaac Herrea
Ing. Agr. Carlos López
Ing. Agr. César Linneo García

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.



"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. César Linneo García
Docente - Asesor de EPS



Vo.Bo. Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo
Coordinador Area Integrada

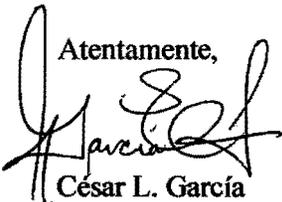
c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,

Guatemala 11 de noviembre de 2015

Ingeniero Agrónomo
Silvel Elías
Coordinador
Subarea -Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía-
Área Integrada
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Centro América.

Estimado Ingeniero Elías:

Es un gusto saludarlo deseándole éxitos en sus actividades diarias, adjunto a la presente encontrara el trabajo de graduación titulado **“ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR LEICA RCD30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS EN LAS FASES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EN EL MIRADOR PETÉN, GUATEMALA, C.A.”**, realizado por el estudiante: **MARIANO ALBERTO MARTÍNEZ BERGANZA**, carné: **200915911**. Este trabajo tiene el visto bueno de mi persona y se lo traslado a usted para que siga el trámite correspondiente para cumplir con los requisitos de graduación del estudiante en mención.

Atentamente,


César L. García
Docente-Asesor
Profesor Titular IV
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

No.82.2015

Trabajo de Graduación: "ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS GEOREFERENCIADOS EL DRONE UX5 Y EL LIDAR LEICA RCD30 PARA MONITOREO Y RECOPIACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS EN LAS FASES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN, EN EL MIRADOR PETEN, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Mariano Alberto Martínez Berganza

Carné: 200915911

"IMPRIMASE"



Mario
Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO