

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**“ESTUDIO DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON EL  
METODO LIDAR DE ALTO RENDIMIENTO, APLICADO EN  
CARRETERAS”**

**Por:**

**SEGOVIA ENCINAS VALERIA CAROLINA**

Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para obtener grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

DICIEMBRE DE 2013

TARIJA – BOLIVIA

**V°B°**

.....  
**Ing. Johnny Orgaz Fernandez**  
**DOCENTE GUIA**

.....  
**Ing. Ernesto Alvarez Gozalvez**  
**DECANO FACULTAD**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....  
**Ing. Silvana Paz Ramirez**  
**VICEDECANO FACULTAD**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Adolfo Molina**

.....  
**Ing. Mario Ticona**

.....  
**Ing. Laura Soto**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

## DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y Mamá.

## AGRADECIMIENTO

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar, agradezco primeramente a Dios.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres y hermanos, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi papito Oscar, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi tutor de proyecto, Ing. Jhonny Orgaz, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este trabajo.

A mis amigos Lorena, Herlan y Carlitos, gracias por su apoyo incondicional, por compartir momentos de alegría y tristeza, por demostrarme que siempre podré contar con ustedes y que la verdadera amistad existe.

“Aprendí que el coraje no es la ausencia de miedo, sino el triunfo sobre él. El valiente no es quien no siente miedo, sino quien conquista ese miedo.”

Nelson Mandela

## INDICE

<b>CAPITULO I - INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos .....	4
1.4. Alcance .....	5
1.5. Metodología .....	6
<b>CAPITULO II - ANTECEDENTES GENERALES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....</b>	<b>8</b>
2.1. Topografía .....	8
2.1.1. División de la Topografía.....	8
2.2. Geodesia .....	9
2.2.1. Objetivos de la Geodesia .....	13
2.3. Conceptos Geodésicos Fundamentales .....	14
2.3.1. El Geoide .....	14
2.3.2. Dátum Geodésico .....	15
2.3.3. Dátum Horizontal .....	16
2.3.4. Dátum vertical (nivel medio del mar) .....	17
2.4. Sistema Geodésico de Referencia .....	17
2.4.1. Sistema WGS84 .....	19
2.4.2. La Georreferenciación.....	20

2.5. Geodesia Espacial .....	21
2.6. Sistema de Posicionamiento Global .....	22
2.7. Redes Geodésicas .....	24
2.8. Teledetección .....	25
2.9. Fotogrametría .....	26
<b>CAPITULO III – SISTEMA LIDAR .....</b>	<b>28</b>
3.1. Introducción.....	28
3.2. Fundamentos de la tecnología LIDAR .....	29
3.2.1. Principios .....	29
3.3. Parámetros de un Sistema LIDAR .....	52
3.4. Geodesia Satelital .....	59
3.5. Nivelación Geométrica (Taquimetría).....	61
3.6. Sistemas inerciales (Unidad de Medida Inercial) .....	61
3.7. Modelo Digital del Terreno (Productos Generados) .....	64
3.8. Control de Calidad LIDAR .....	65
3.9. Calibración de un sistema LIDAR .....	66
3.10. Transformación de coordenadas .....	68
3.11. Aplicación de la tecnología LIDAR.....	68
3.12. Comparación con Otras Técnicas.....	70
3.13. Sistemas LIDAR Disponibles en el Mercado .....	73
3.14. Investigaciones en el control de calidad LIDAR .....	74
3.15. Control de calidad de MDT generados con LIDAR.....	75



<b>CAPITULO IV – APLICACIÓN PRÁCTICA: “TRAMO ACHERAL – CHOERE”</b> .....	<b>80</b>
4.1. Características del sistema LIDAR utilizado .....	80
4.2. Datos referentes a la zona de estudio .....	88
4.3. Acciones Previas .....	88
4.3.1. Parámetros determinantes para el planeamiento de vuelo LIDAR ....	95
4.4. Metodología de la toma de datos LIDAR .....	98
4.5. Elaboración de Modelos Digitales del Terreno (MDT). .....	121
<b>CAPITULO V – ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>129</b>
5.1. Análisis de Resultados .....	129
<b>CAPITULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>135</b>
6.1. Conclusiones .....	135
6.2. Recomendaciones .....	137
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	