

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivo Específico.....	2
III REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Cartografía	3
3.2 Sistemas de Posicionamiento Satelital.....	7
3.2.1 Principios teóricos de los Sistemas de Posicionamiento Satelital	7
3.2.3 Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).....	9
3.2.3 Clasificación de los receptores	12
3.2.4 Tipos de receptores.....	13
3.2.5 Técnicas de medición	13
3.3 Teledetección	16
3.3.1 Componentes de un Sistema de Teledetección.....	18
3.4 Cartografía Digital	19
3.5 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	20
3.5.1 Elementos del SIG.....	21
3.5.2 Modelos y estructura de datos	22
3.5.3 Modelos digitales de elevación MDE.....	23
3.6 Elaboración de cartografía digital en base a Restitución Aerofotogramétrica.....	24
3.6.1 Procedimientos generales	25
3.6.2 Definiciones importantes a saber de las fotografías	28
3.7 Elaboración de cartografía con tecnología LIDAR.....	32
3.7.1 Subsistema ALS (Airborne laser Scanning).....	33

3.7.2 Subsistema GPS (Global Positioning System)	35
3.7.3 Subsistema IMU (Inertial Measuring Unit).....	35
3.7.4 Productos de LIDAR	36
3.7.5 Precisión de datos LIDAR.....	37
3.8 Validación de las cartografías	37
3.8.1 Test ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing).....	40
3.8.2 Test NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy)	41
3.8.3 Test EMAS (Engineering Map Accuracy Standard)	42
IV MATERIALES Y METODOLOGÍA	44
4.1 Zona de Estudio	45
4.1.1 Antecedentes legales	45
4.1.2 Límites administrativos	45
4.1.3 Vías de accesos.....	46
4.2 Materiales.....	48
4.3 Recolección de información	49
4.3.1 Cartografía digital en base a Restitución Aerofotogramétrica de la Estación Experimental El Picazo de La Universidad de Talca.....	49
4.3.2 Cartografía digital en base a tecnología LIDAR de la Estación Experimental El Picazo de La Universidad de Talca.....	49
4.4 Análisis del problema y metodología a seguir.....	51
4.4.1 Análisis del problema	51
4.4.2 Metodología planteada	52
4.5 Hito en Picazo	52
4.6 Mediciones de Puntos de Control	54
4.7 Cálculo de exactitud posicional mediante los test de ambas cartografías.....	56
4.7.1 Aplicación de los test para datos de la cartografía LIDAR	57
4.7.2 Aplicación de los test para los datos de la cartografía Aerofotogramétrica	58
V RESULTADOS Y ANÁLISIS	60
5.1 Aplicación de los test para datos de la cartografía LIDAR.....	60
5.1.1 Aplicación del test ASPRS	61
5.1.2 Aplicación del test NSSDA	62
5.1.3 Aplicación del test EMAS	62
5.2 Aplicación de los test para los datos de la cartografía Aerofotogramétrica.....	63

5.2.1	Aplicación del test ASPRS	64
5.2.2	Aplicación del test NSSDA	65
5.2.3	Aplicación del test EMAS	66
5.3	Comparación entre ambas cartografías	67
5.3.1	Contraste horizontal	68
5.3.2	Contraste vertical.....	70
5.4	Resumen de resultados obtenidos	71
5.4.1	Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)	71
5.4.2	Escala establecida.....	71
5.4.3	Curvas de nivel establecidas.....	71
5.4.4	Exactitud posicional	72
5.4.5	Tipo de error.....	72
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1	Conclusiones.....	73
6.2	Recomendaciones	75
VII	BIBLIOGRAFÍA	76
APÉNDICE	82
1	Puntos de control GNSS	82
2	Tests para la Normalidad, Muestra testigo con la cartografía LIDAR.....	93
3	Tests para la Normalidad, Muestra testigo con la cartografía en base a Restitución Aerofotogramétrica	95
4	Tests para la Normalidad, Comparación entre ambas cartografías	97
ANEXO	99
1	Tabla de distribución t Student.....	99
2	Tabla de distribución Chi cuadro	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N°1: Líneas de Longitud y Latitud.....	4
Figura N°2: Proyección UTM	4
Figura N°3: Zona y Husos correspondientes a la Proyección UTM.....	5
Figura N°4: Zona de Husos que pasan por el territorio Chileno continental.....	6
Figura N°5: Triangulación de los satélites.....	8
Figura N°6: Plano orbital GPS	10
Figura N°7: Plano orbital Galileo	11
Figura N°8: Esquema general de los receptores GPS.....	12
Figura N°9: Teledetección pasiva.....	17
Figura N°10: Teledetección activa	17
Figura N°11: Capa de datos en un SIG	19
Figura N°12: Componentes de un SIG.....	21
Figura N°13: Modelos de un SIG.....	22
Figura N°14: Tipos de modelos digitales	23
Figura N°15: Flujo de trabajo a base a Restitución Aereofotogramétrica.....	24
Figura N°16: Esquema de una fotografía aérea	28
Figura N°17: Proyección cónica	29
Figura N°18: Proyección ortogonal.....	29
Figura N°19: Paso de fotografía a ortofoto.	29
Figura N°20: Puntos de terreno proyectados en la fotografía.....	30
Figura N°21: Sistema LIDAR (ALS, IMU, GPS, cámara digital).....	32
Figura N°22: Pulso del láser	33
Figura N°23: Barrido LIDAR.....	34
Figura N°24: Vista transversal del barrido LIDAR.....	35
Figura N°25: Modelo digital de elevación de la Estación Experimental El Picazo	37
Figura N°26: Exactitud y precisión	39
Figura N°27: Límites y ubicación de la Estación Experimental El Picazo	47
Figura N°28: Receptor GNSS R8.....	48
Figura N°29: Componentes del Sistema Dual 56 Harrier.	50
Figura N°30: Línea base para tener la coordenada del Hito Picazo	53
Figura N°31: Puntos de control con receptor GNSS	55

Figura N°32: Levantamiento de puntos de control con GNSS R8	56
Figura N°33: Imagen de control del punto N°1, GNSS y LIDAR	58
Figura N°34: Imagen de control del punto N°1, GNSS y Aerofotogrametría	59
Figura N°35: Gráfico error absoluto GNSS-LIDAR.....	61
Figura N°36: Gráfico error absoluto GNSS-Aerofotogrametría	65
Figura N°37: Gráfico error absoluto horizontal: GNSS-LIDAR y GNSS-Aerofotogrametría	69
Figura N°38: Diferencia error absoluto horizontal entre LIDAR y Aerofotogrametría.....	69
Figura N°39: Gráfico error absoluto vertical: GNSS-LIDAR y GNSS-Aerofotogrametría.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1: Escala y equivalencias.....	6
Tabal N°2: Clasificación de receptores GPS.....	13
Tabla N°3: Requerimientos de exactitud planimetrica para una cartografía clase I.....	40
Tabla N°4: Coordenadas espaciales de Estación Experimental El Picazo.....	45
Tabla N°5: Parámetros del sub-sistema LMS Q560.....	50
Tabla N°6: Punto Hito Picazo.....	53
Tabla N°7: Observación de línea base: Privado – Hito Picazo.....	54
Tabla N°8: Puntos de control con GNSS.....	55
Tabla N°9: Coordenadas del receptor GNSS y LIDAR.....	57
Tabla N°10: Coordenadas del receptor GNSS y Aerofotogrametría.....	59
Tabla N°11: Resultados para aplicar los distintos test GNSS – LIDAR.....	60
Tabla N°12: Resultados para aplicar los distintos test GNSS – Aerofotogrametría.....	64
Tabla N°13: Error absoluto de cada cartografía en comparación con GNSS.....	68
Tabla N°14: RMSE de ambas cartografías,.....	71
Tabla N°15: Escala de ambas cartografías.....	71
Tabla N°16: Curvas de nivel de ambas cartografías.....	71
Tabla N°17: Exactitud posicional de ambas cartografías.....	72
Tabla N°18: Tipo de error de ambas cartografías.....	72