

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



TOMO I

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS LEVANTAMIENTOS
TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL, DRONE
PHANTOM 4 RTK Y MAVIC 2 PRO EN LA ZONA DEL
RINCÓN DE LA VICTORIA”**

Por:

POOL MAX SANDOVAL ROMERO

Semestre I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS

SANITARIAS

TOMO I

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS LEVANTAMIENTOS
TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL, DRONE PHANTOM 4
RTK Y MAVIC 2 PRO EN LA ZONA DEL RINCÓN DE LA
VICTORIA”**

Por:

POOL MAX SANDOVAL ROMERO

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV-502
(MENCION HIDRÁULICA).**

SEMESTRE I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing Marcelo Segovia Cortez

**DECANO DE FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic Clovis Gustavo Succi Aguirre

**VICEDECANO DE FACULTAD
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNALES:

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Pacheco Nuñez

.....
M.Sc. Ing Oscar Marcelo Chávez Calla

.....
M.Sc. Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza

El tribunal calificador presente de este trabajo no se solidariza con la forma términos, modos y expresiones verbales en el mismo, siendo éstas responsabilidades del autor.

DEDICATORIA

A mi madre Cristina Romero dedicarle este proyecto y agradecerle de corazón que, a pesar de todos los problemas y obstáculos supo mantenerse constante nutriéndome de sus consejos y apoyo incondicional en cuanto a la realización del presente trabajo.

Te dedico este logro más en mi vida querida madre.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me brindó salud, cariño, felicidad, ánimo y coraje para superar todos los obstáculos vividos. También agradecer al Centro de investigación del Agua (CIAGUA) por el préstamo de los equipos y en especial al ingeniero Mario Carmelo Gamarra Mendoza por su apoyo y orientación en el presente trabajo.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción	1
1.2. Problema	2
1.2.1. Planteamiento del problema	2
1.2.2. Formulación	2
1.2.3. Sistematización	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	4
1.4.1. Justificación académica	4
1.4.2. Justificación Técnica	4
1.4.3. Justificación práctica	4
1.5. Marco de referencia	5
1.5.1. Marco teórico	5
1.6. Alcance del proyecto	7

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Percepción remota e imágenes multiespectrales	9
2.2. Principios de percepción remota	9
2.3. El espectro electromagnético	12
2.4. Principios de fotogrametría	13
2.5. Elementos de fotogrametría y estereoscopía.	14
2.6. Puntos de control de apoyo en tierra	16
2.7. Ubicación de puntos de referencia	16
2.8. Ubicación de puntos de apoyo	17

2.9. Señalización en el terreno de los puntos de apoyo.....	18
2.10. Proceso de restitución.....	19
2.11. Productos a obtener con imágenes adquiridas desde VANT.....	20
2.12. Mosaico.....	21
2.12.1. Sin control.....	21
2.12.2. Controlado.....	21
2.13. Ortomosaico.....	22
2.14. Modelo de elevación digital y curvas de nivel.....	25
2.15. Modelo digital de elevación.....	25
2.16. Curvas de nivel.....	27
2.17. Introducción a los DRONES /VANT.....	28
2.17.1. Sistema aéreo no tripulado.....	28
2.17.2. Acelerómetro.....	28
2.17.3. Giroscopio.....	28
2.17.4. Barómetro.....	29
2.17.5. Brújula.....	29
2.17.6. Receptor GPS.....	29
2.17.7. Fuselaje (estructura).....	29
2.17.8. Motores.....	30
2.17.9. Control de velocidad electrónico.....	30
2.17.10. Ventajas y desventajas de los VANT.....	30
2.17.11. Principales aplicaciones en la ingeniería.....	32
2.18. Aplicaciones generales de los VANT.....	32
2.18.1. Seguimiento de meteoros.....	33
2.18.2. Inspección de obras civiles.....	33

2.18.3. Tráfico urbano	33
2.18.4. Inspección de parques fotovoltaicos, termo-solares y eólicos	33
2.18.5. Control de instalaciones industriales	33
2.18.6. Monitoreo de centrales hidráulicas, eléctricas, etc	33
2.18.7. Monitoreo de flora y fauna en peligro de extinción	33
2.18.8 Control y monitorización de explotaciones mineras y de su impacto ambiental	33
2.19. Aplicaciones topográficas.....	33
2.20 Monitoreo del estado de obras hidráulicas	34
2.21 Seguimiento de cultivos.....	35
2.22. Aplicaciones para la agricultura de precisión	36
2.23. Planeación de la misión de vuelo	37
2.23.1 Revisión remota de las condiciones climatológicas	37
2.24. Diseño de la misión de vuelo	38
2.24.1. Resolución espacial	38
2.24.2. La altura de vuelo	39
2.24.3. El traslape.....	40
2.25. Ejecución de la misión de vuelo.....	41
2.25.1. Inspección de la zona de vuelo.....	41
2.25.2. Tiempo de traslado	42
2.25.3. Condiciones meteorológicas locales.....	43
2.25.4. Ubicación de puntos de control	43
2.25.5. Despegue y aterrizaje.....	44
2.25.6. Estimación del tiempo de vuelo	45
2.26 Generación de planos topográficos	46

2.26.1. Conceptos básicos.....	47
2.26.2. Sistema de coordenadas	48
2.26.3. Escala cartográfica.....	49
2.26.4. Curva de nivel	51
2.26.5. Procedimiento para generar planos topográficos apoyados con drones.	56
2.26.6 Misión de vuelo	56
2.26.7. Apoyo topográfico.....	58
2.26.8. Adquisición de imágenes	58
2.26.9. Procesamiento de imágenes	58
2.26.10. Estimación de la precisión	60
2.26.11. Curvas de nivel y planos topográficos.....	61
2.27. Drone Phantom 4 RTK.....	62
2.27.1. Características Phantom 4 RTK	63
2.27.2. Especificaciones	65
2.28. Drone Mavic 2 Pro	65
2.28.1. Características Generales del Mavic 2 Pro	65
2.28.2. Especificaciones del drone Mavic 2 Pro.....	67
2.29. Software Agisoft Metashape.....	69
2.30. Software Pix4d Mapper	70
2.30.1. Mapas y modelos precisos en 3D, exclusivamente a partir de imágenes	70
2.31. Estación total.....	70
2.32. Errores de una medición topográfica.....	74
2.32.1. Errores instrumentales	74
2.32.2. Errores del operador	74
2.32.3. Errores según la condición en la que se los realiza	74

2.32.4. Errores sistemáticos	75
2.32.5. Errores accidentales	75
2.33. Análisis F.O.D.A (Fortalezas, Obstáculos, Debilidades y Amenazas)	75
2.33.1. Introducción	75
2.33.2. Análisis F.O.D.A. (Fortalezas, Obstáculos, Debilidades y Amenazas)	76
2.33.3. Fortalezas	76
2.33.4. Debilidades.....	76
2.33.5. Oportunidades	77
2.33.6. Amenazas	77
2.33.7. Matriz FODA	78
2.33.8. Factores a considerar un análisis FODA.....	78
2.33.9. ¿Por qué es importante realizar un análisis FODA?.....	80
2.34. Análisis de precisión.....	80
2.34.1. Coeficiente de Variación estadístico	80
2.35. Análisis de Exactitud.....	81
2.35.1. Teoría de errores.....	81
2.36. Análisis de eficiencia.....	84

CAPÍTULO III:DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación y límites.....	89
3.2. Extensión y área	91
3.2.1. Determinación del área de sobrevuelo.....	91

CAPITULO IV:METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

4.1. Inspección del área de estudio	94
4.2. Establecimiento de pares Geodésicos.....	94
4.3. Ubicación de puntos de control.....	95

4.4. Determinación de coordenadas geográficas de los puntos de control.....	97
4.6 Levantamiento topográfico con Dron por medio de la fotogrametría.....	100
4.6.1 Determinación de alturas de vuelo	100
4.6.2. Determinación de traslape longitudinal y transversal.....	100
4.6.3. Datos de los sobrevuelos.....	100
4.7. Descripción del trabajo de campo	101
4.7.1. Levantamiento con dron Phantom 4 RTK.....	101
4.7.2. Levantamiento con dron Mavic 2 Pro.....	102
4.8. Misión de vuelo.....	104
4.8.1. Dron Phantom 4 RTK	104
4.8.2. Dron Mavic 2 Pro	105
4.9 Análisis de cambio de rutas de vuelo	105
4.10. Equipo Utilizado	106
4.11. Personal requerido.....	107

CAPÍTULO V: GENERACIÓN DE PLANOS TOPOGRÁFICOS CON DRONE

5.1. Procesamiento de las fotografías con dron Phantom 4 RTK	109
5.1.1. Software Agisoft Metashape	109
5.1.1.1. Flujo de trabajo.....	109
5.1.1.2. Importación de imágenes	111
5.1.1.3. Orientación de imágenes	113
5.1.1.4. Puntos de control.	118
5.1.1.5. Nube densa de puntos	122
5.1.1.6. Malla	126
5.1.1.7. Textura y cobertura vegetal.....	127
5.1.1.8. Modelo Digital de Elevación (D.E.M).....	128

5.1.1.9. Ortomosaico	130
5.1.2. Software Pix4D.	137
5.2. Procesamiento de las fotografías con drone Mavic 2 Pro	151
5.3. Generación de planos topográficos a través del Modelo Digital de Elevación (D.E.M)	151
5.3.1. Generación de planos topográficos con el drone Phantom 4 RTK	151
5.3.2. Generación de planos topográficos con drone Mavic 2 Pro	154
5.4. Generación de planos topográficos a través del levantamiento topográfico con estación total	156
5.5. Generación de perfiles y secciones en el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 RTK	156
5.6. Generación de perfiles y secciones en el levantamiento topográfico con Drone Mavic 2 Pro	156
5.7. Generación de perfiles y secciones en el levantamiento topográfico con Estación total.....	156

CAPÍTULO VI: EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Análisis de Variabilidad	159
6.1.1. Comparativa entre los levantamientos topográficos con drone Phantom 4RTK, Mavic 2 Pro y estación total trabajando con el software Pix 4D.....	159
6.1.1.1. Variación en coordenada X.....	159
6.1.1.2. Variación en coordenada Y	162
6.1.1.3. Variación en coordenada Z	165
6.1.2. Comparativa entre los levantamientos topográficos con drone Phantom 4RTK, Mavic 2 Pro y estación total trabajando con el software Agisoft Metashape	168
6.1.2.1. Variación en coordenada X.....	168
6.1.2.2. Variación en coordenada Y	172
6.1.2.3. Variación en coordenada Z	175

6.1.3. Análisis de precisión.....	178
6.1.3.1. Precisión en coordenada X.....	178
6.1.3.2. Precisión en coordenada Y.....	182
6.1.3.2. Precisión en coordenada Z.....	185
6.1.4. Análisis de exactitud.....	189
6.1.4.1. Cálculo de exactitud en la coordenada X.....	189
6.1.4.2. Cálculo de exactitud en la coordenada Y.....	194
6.1.4.2. Cálculo de exactitud en la coordenada Z.....	199
6.1.5. Análisis de correlación estadística	203
6.1.5.1 Análisis correlativo en coordenada X.....	203
6.1.5.2. Análisis correlativo en coordenada Y.....	208
6.1.5.3. Análisis correlativo en coordenada Z.....	213
6.1.6. Análisis comparativo de secciones transversales usando el software pix4d	218
6.1.7. Análisis comparativo de secciones transversales usando el software Agisoft Metashape.....	251
6.1.8. Análisis comparativo de secciones transversales en zonas boscosas	251
6.1.9. Análisis de tiempos de trabajo	279
6.1.9.1. Tiempo de trabajo en el levantamiento topográfico con estación total	280
6.1.9.2. Tiempo de trabajo en el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 RTK	281
6.1.9.3. Tiempo de trabajo en el levantamiento topográfico con Drone Mavic 2 Pro.	281
6.1.9.4. Tiempo de trabajo en el levantamiento topográfico con Drone Phantom 4RTK.	282
6.1.9.5. Tiempo de trabajo en el levantamiento topográfico con Drone Mavic 2 Pro.	283

6.1.9.6. Comparativa de tiempos de trabajo	284
6.1.10. Análisis de costos de los levantamientos topográficos.....	287
6.1.10. Descripción de actividades.....	288
6.1.11. Análisis de las condiciones ambientales.....	292
6.1.11.1. Levantamiento topográfico con drones.....	292
6.1.11.2. Levantamiento topográfico con estación total.....	293
6.1.12. Análisis de calidad de los productos generados	293
6.1.12.1. Resolución de los Modelos Digitales de Elevación (DEM).....	294
6.1.12.2. Resolución de los Ortomosaicos.....	295
6.1.13. Análisis de los reportes de los softwares Agisoft Metashape y Pix4D de los levantamientos con dron.	296
6.1.13.1. Variación absoluta de geolocalización en el software Pix4D con el dron Phantom 4RTK.	296
6.1.13.2. Variación absoluta de geolocalización en el software Pix4D con el dron Mavic 2 Pro.....	297
6.2. Ventajas de levantamiento topográfico con dron	299
6.2.1. Ahorro para las empresas de topografía	299
6.2.2. Llegada a lugares inaccesibles	299
6.2.3. Aumenta la seguridad.	299
6.2.4. Mayor resolución.....	299
6.2.5. Mejora la precisión de los cálculos volumétricos.....	299
6.2.6. Tipo de equipo que se acondiciona mejor en el área de estudio.	300
6.3. Análisis FODA de cada sistema.....	300
6.3.1. Identificación de Indicadores	300
6.3.2. Caracterización de los sistemas.....	300
6.3.3. Identificación de Puntos Críticos	302

6.3.4. Comparación de Indicadores con análisis FODA	309
---	-----

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones.	317
---------------------------------	-----

8.2. Recomendaciones	320
-----------------------------------	-----

Bibliografía:	321
----------------------------	-----

ANEXOS

Anexo A: Información de puntos de control	325
--	-----

Anexo B: Delimitación del área de estudio	341
--	-----

Anexo C: Generación de planos topográficos con AutoCAD	348
---	-----

Anexo D: Estudio hidrológico de la cuenca de la Victoria	373
---	-----

Anexo F: Reportes de los programas	382
---	-----

Anexo G: Mapas	430
-----------------------------	-----

PLANOS: Ubicados en el Tomo II

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del principio de percepción remota.....	10
--	----

Figura 2: Interacción objeto mundo real de un sistema de percepción remota.	11
--	----

Figura 3: Espectro electromagnético.	12
---	----

Figura 4: Espectro electromagnético visible.	13
---	----

Figura 5: Geometría de una fotografía aérea.....	15
--	----

Figura 6: Punto de referencia.	17
-------------------------------------	----

Figura 7: Punto de apoyo sobre el terreno.....	17
--	----

Figura 8: Imágenes aéreas donde se observa el desplazamiento de los objetos a partir del centro.	22
--	----

Figura 9: Imagen restituida.....	23
----------------------------------	----

Figura 10: Ortomosaico.....	24
-----------------------------	----

Figura 11: Modelo digital de elevación (DEM) con vista en perspectiva.....	25
--	----

Figura 12: Modelo de elevación digital	26
--	----

Figura 13: Diferencias de elevación representadas en un plano mediante curvas de nivel. .	27
---	----

Figura 14: Fuselaje y motores de un hexacóptero.	30
Figura 15: Relación entre la altura de vuelo (H), el tamaño de pixel en el sensor (TPS) y el tamaño de pixel en el terreno (GSD)	39
Figura 16: Traslape longitudinal y transversal.	40
Figura 17: Zona de vuelo.	41
Figura 18: Zonas de despegue y aterrizaje.	42
Figura 19: Dianas para la ubicación de puntos de control en el terreno (izquierda) y GPS diferencial (derecha).	44
Figura 20: Zona de estudio y búsqueda del área de aterrizaje.	44
Figura 21: Zona de despegue de un dron tipo hexacóptero.	45
Figura 22: Área de estudio inundada.	46
Figura 23: Elipsoide terrestre.	49
Figura 24: Latitud y longitud del sistema de coordenadas geográficas.	49
Figura 25: Escala gráfica.	50
Figura 26: Plano acotado.	51
Figura 27: Curvas de nivel.	52
Figura 28 Representación de plano topográfico.	53
Figura 29: Perfil topográfico.	54
Figura 30: Perfil longitudinal.	55
Figura 31: Corte transversal al eje longitudinal.	56
Figura 32: a) Área de estudio y b) área de vuelo.	57
Figura 33: Ruta de vuelo con el software a) UgCS y b) Mission Planner.	57
Figura 34: Levantamiento de puntos de control.	58
Figura 35: Imagen tomada con un VANT a 40 m de altura.	59
Figura 36: Identificación de un punto de control, Sinaloa en una imagen de un canal de riego en Los Mochis, Sinaloa	59
Figura 37: Modelos digitales: a) de superficie y b) de terreno.	60
Figura 38: Plano de perfiles longitudinal.	61
Figura 39: Plano de perfiles trasversales al eje longitudinal.	62
Figura 40: Drone Phantom 4 RTK.	63
Figura 41: Drone Mavic 2 Pro.	67

Figura 42: Estación total Sokkia set 5x.....	71
Figura 43: Errores instrumentales en la estación total.	73
Figura 44: Errores instrumentales en la estación total.	74
Figura 45: Mapa de ubicación de la comunidad del Rincón de la Victoria	89
Figura 46: Mapa geográfico de la provincia Méndez del departamento de Tarija.	90
Figura 47: Área inundable generado por el software HEC RAS.....	91
Figura 48: Área de sobrevuelo del dron.	92
Figura 49: Imagen captada del Rincón de la Victoria-Tarija.	94
Figura 50: Ubicación de los pares geodésicos usados de la red geodésica Municipal en la Victoria.....	95
Figura 51: Par Geodésico utilizado para la georreferenciación del presente proyecto.....	95
Figura 52: Marcado de puntos de control.....	96
Figura 53: Punto de control en el Rincón de la Victoria.....	96
Figura 54: Ubicación de puntos de control y delimitación del área de estudio.....	97
Figura 55: levantamiento de coordenadas de los puntos de control con estación total y GPS RTK.....	98
Figura 56: Preparación del dron previo al vuelo.	101
Figura 57: Punto de partida del vuelo del dron, conectado al computador vía wifi.....	101
Figura 58: Streaming directamente del dron al Smartphone.....	102
Figura 59: Preparación del dron previo al vuelo.	102
Figura 60: Punto de partida del vuelo del dron, conectado al computador vía wifi.	103
Figura 61: Streaming directamente del dron al Smartphone.....	103
Figura 62: Misión de vuelo y recorrido del dron Phantom 4RTK.....	104
Figura 63: Misión de vuelo y recorrido del dron Mavic 2 Pro.	105
Figura 64: Herramientas de la interfaz principal Agisoft Metashape.	110
Figura 65: Visualización de la interfaz principal.....	111
Figura 66: Botón add potos.	111
Figura 67: Visualización de las fotografías importadas.....	112
Figura 68: Calibración de la cámara.	112
Figura 69: Calibración de la cámara.	113
Figura 70: Importar coordenadas.....	114

Figura 71: Cargar archivo para la geolocalización de las imágenes.....	115
Figura 72: Proceso de alinear fotos.....	116
Figura 73 Precisión de la alineación de fotos.....	116
Figura 74: Alineación de las fotografías.....	117
Figura 75: Importación de puntos de control.....	118
Figura 76: Sistema de coordenadas, delimitación de elementos, numero de columna.....	119
Figura 77: Identificación del punto de control en la imagen.....	120
Figura 78: ubicación del punto de control en la imagen.....	120
Figura 79: Imagen con punto de control e imagen con posible punto de control homólogo.	121
Figura 80: Optimización de cámaras.....	121
Figura 81: Construir nube densa de puntos.....	122
Figura 82: Seleccionar calidad y filtrado de profundidad para la nube densa de puntos...	123
Figura 83: Vista planta nube densa de puntos.....	123
Figura 84: Vista perfil nube densa de puntos.....	124
Figura 85: Información del proyecto en el flujo de trabajo.....	124
Figura 86: Exportar nube densa de puntos.....	125
Figura 87: Crear malla.....	126
Figura 88: Parámetros para la calidad de la malla.....	127
Figura 89: Creación de la malla.....	127
Figura 90: Crear textura.....	128
Figura 91: Construcción del MDE.....	129
Figura 92: Resultado DEM.....	129
Figura 93: Creación del Orthomosaico.....	130
Figura 94: Líneas de costura para la creación del Orthomosaico.....	131
Figura 95: Resultado Orthomosaico.....	131
Figura 96: Exportación del MDE.....	132
Figura 97: Exportación del Orthomosaico.....	132
Figura 98: Página inicial del reporte.....	133
Figura 99: Datos del levantamiento.....	134
Figura 100: Puntos de control terrestre.....	135

Figura 101:Modelo Digital de Elevación.(DEM).....	136
Figura 102: Visualización inicial del software Pix4D.	137
Figura 103: Creación de nuevo proyecto.	137
Figura 104: Ruta de guardado del proyecto.	138
Figura 105: Cargado de imágenes al software.....	138
Figura 106: Geolocalización del proyecto.	139
Figura 107: Sistema de coordenadas del proyecto.....	140
Figura 108: Opciones de procesamiento.	140
Figura 109: Plan de vuelo del dron Phantom 4RTK.	141
Figura 110: Opciones de procesamiento.	141
Figura 111: Procesamiento inicial del software.	142
Figura 112: Segundo procesamiento del software.....	142
Figura 113: Tercer procesamiento del software.	143
Figura 114: Recursos y notificaciones del software.	143
Figura 115: Datos de Georreferenciación.	144
Figura 116: Sistema de coordenadas de los puntos de control.....	145
Figura 117: Importación de puntos de control.	145
Figura 118: Vista general de las fotografías.....	146
Figura 119: Procesamiento inicial finalizado.	146
Figura 120: Visualización de puntos generados por el software.....	147
Figura 121:Puntos de control identificados en el software.	147
Figura 122: Corrección de fotos con los puntos de control.....	148
Figura 123: Segundo procesamiento.....	148
Figura 124: Nube de puntos densa corregida.	149
Figura 125: Nube de puntos más densa.....	149
Figura 126: Modelo digital de superficie (DSM).	150
Figura 127: Modelo digital del Terreno.	150
Figura 128: Modelo Digital de Elevación generado por el software Agisoft Metashape..	152
Figura 129:Generación de curvas de nivel.....	152
Figura 130: Exportación de las curvas de nivel al AutoCAD Civil 3D.....	153
Figura 131: Curvas de nivel generadas por el software Pix4D.	153

Figura 132: Modelo Digital de Elevación generado por el software Agisoft Metashape..	154
Figura 133: Generación de curvas de nivel.	154
Figura 134: Exportación de las curvas de nivel al AutoCAD Civil 3D.	155
Figura 135: Curvas de nivel generadas por el software Pix4D.	155
Figura 136: Análisis de variabilidad en coordenada x.	162
Figura 137: Análisis de variabilidad en coordenada Y.	165
Figura 138: Análisis de variabilidad en coordenada Z.	168
Figura 140: Análisis de variabilidad en coordenada x.	171
Figura 140: Análisis de variabilidad en coordenada Y.	174
Figura 141: Análisis de variabilidad en coordenada Z.	177
Figura 142: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Phantom 4RTK Y estación total usando el Agisoft.	206
Figura 143: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Mavic 2 pro Y estación total usando el Agisoft.	206
Figura 144: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Phantom 4RTK Y estación total usando el Pix4D.	207
Figura 145: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Mavic 2 pro Y estación total usando el Pix4D.	208
Figura 146: Regresión lineal de las coordenadas en Y obtenidas con drone Phantom 4RTK y estación total usando el Agisoft.	210
Figura 147: Regresión lineal de las coordenadas en Y obtenidas con drone Mavic 2 pro y estación total usando el Agisoft.	211
Figura 148: Regresión lineal de las coordenadas en Y obtenidas con drone Phantom 4RTK Y estación total usando el Pix4D.	212
Figura 149: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Mavic 2 pro Y estación total usando el Pix4D.	213
Figura 150: Regresión lineal de las coordenadas en Z obtenidas con drone Phantom 4RTK y estación total usando el Agisoft.	215
Figura 151: Regresión lineal de las coordenadas en Z obtenidas con drone Mavic 2 pro y estación total usando el Agisoft.	216

Figura 152: Regresión lineal de las coordenadas en Z obtenidas con drone Phantom 4RTK Y estación total usando el Pix4D.....	217
Figura 153: Regresión lineal de las coordenadas en X obtenidas con drone Mavic 2 pro Y estación total usando el Pix4D.	218
Figura 154: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	219
Figura 155: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	219
Figura 156: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	219
Figura 157: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	220
Figura 158: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	221
Figura 159: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	221
Figura 160: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	222
Figura 161: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	222
Figura 162: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	223
Figura 163: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	224
Figura 164: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	224
Figura 165: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	225
Figura 166: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	226
Figura 167: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	226
Figura 168: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	227
Figura 169: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	228
Figura 170: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	229
Figura 171: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro	229
Figura 172: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	231

Figura 173: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	231
Figura 174: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 231	231
Figura 175: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 233	233
Figura 176: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	233
Figura 177: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro.	233
Figura 178: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....235	235
Figura 179: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	235
Figura 180: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 235	235
Figura 181: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 237	237
Figura 182: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	237
Figura 183: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 237	237
Figura 184: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 239	239
Figura 185: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	239
Figura 186: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 239	239
Figura 187: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 241	241
Figura 188: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	241
Figura 189: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 241	241
Figura 190: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 243	243
Figura 191: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	243
Figura 192: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro... 243	243
Figura 193: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total..... 245	245
Figura 194: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	245

Figura 195: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	246
Figura 196: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	247
Figura 197: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	247
Figura 198: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	248
Figura 199: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	249
Figura 200: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	249
Figura 201: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	249
Figura 202: Sección transversal del levantamiento topográfico con estación total.....	250
Figura 203: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Phantom 4 RTK.	250
Figura 204: Sección transversal del levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro...	251
Figura 205: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	252
Figura 206: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	252
Figura 207: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	253
Figura 208: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	254
Figura 209: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	255
Figura 210: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	255
Figura 211: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	257
Figura 212: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	257
Figura 213: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	258
Figura 214: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	259
Figura 215: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	260
Figura 216: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	261
Figura 217: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	262
Figura 218: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	262
Figura 219: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	264
Figura 220: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	264
Figura 221: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	266
Figura 222: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	266

Figura 223: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	267
Figura 224: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	268
Figura 225: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	269
Figura 226: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	269
Figura 227: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	271
Figura 228: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	271
Figura 229: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	273
Figura 230: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	273
Figura 231: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	275
Figura 232: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	275
Figura 233: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	276
Figura 234: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	277
Figura 235: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	278
Figura 236: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	278
Figura 237: Sección transversal del modelo digital de superficie (D.S.M).	279
Figura 238: Sección transversal del modelo digital de terreno (D.T.M).	279
Figura 239: Gráfico comparativo de los tiempos empleados en los levantamientos topográficos realizados.	286
Figura 240: tiempo total de cada levantamiento topográfico.	287
Figura 241: Análisis de costos.	291
Figura 242: Gráfico comparativo de la resolución de los levantamientos topográficos. ...	294
Figura 243: Gráfico comparativo de la resolución de los Ortomosaicos generados.	295
Figura 244: Gráfico representativo de porcentajes de tiempo empleado en el levantamiento topográfico con estación total.	304
Figura 245: Gráfico representativo de porcentajes de costo empleado en el levantamiento topográfico con estación total.	304
Figura 246: Gráfico representativo de porcentajes de tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	305
Figura 247: Gráfico representativo de porcentajes de costo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	305

Figura 248: Gráfico representativo de porcentajes de tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	306
Figura 249: Gráfico representativo de porcentajes de costo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	306
Figura 250: Gráfico representativo de porcentajes de tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro.	307
Figura 251: Gráfico representativo de porcentajes de costo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro.	307
Figura 252: Gráfico representativo de porcentajes de tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 Pro.	308
Figura 253: Gráfico representativo de porcentajes de costo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 pro.	308

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Comparación de un VANT con respecto a un avión tripulado.	32
Tabla 2: Especificaciones técnicas del drone Mavic 2 Pro.	67
Tabla 3: Matriz de Fortalezas, obstáculos, debilidades y amenazas (F.O.D.A).....	78
Tabla 4: Coordenadas geográficas de los puntos de control del levantamiento topográfico a realizar.	99
Tabla 5: Tabla de datos de los sobrevuelos con drone Phantom 4 RTK y Mavic 2 Pro.	100
Tabla 6: Cantidad de fotos vs memoria requerida.	117
Tabla 7: Desviación de coordenadas X entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ...	160
Tabla 8: Desviación de coordenadas Y entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ...	163
Tabla 9: Desviación de coordenadas Z entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ...	166
Tabla 10: Variación de coordenadas X entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ...	169
Tabla 11: Desviación de coordenadas Y entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ..	172
Tabla 12: Desviación de coordenadas Z entre Estación Total y Drones (Fotogrametría). ..	175
Tabla 13: Coordenadas en X de todos los levantamientos.	178
Tabla 14: Cálculo de coeficiente de variación en X.	180
Tabla 15: Coordenadas en Y de todos los levantamientos.	182
Tabla 16: Cálculo de coeficiente de variación en Y.	184
Tabla 17: Coordenadas en Z de todos los levantamientos.	185

Tabla 18: Cálculo de coeficiente de variación en Z.....	187
Tabla 19: Coordenadas en X de los levantamientos topográficos.....	189
Tabla 20: Cálculos para obtener los errores.	191
Tabla 21: Cálculo de exactitud de las coordenadas en X.....	192
Tabla 22: Coordenadas en Y de los levantamientos topográficos.....	194
Tabla 23: Cálculos para obtener los errores.	195
Tabla 24: Cálculo de exactitud de las coordenadas en Y.....	197
Tabla 25: Coordenadas en Z de los levantamientos topográficos.	199
Tabla 26: Cálculos para obtener los errores.	200
Tabla 27: Cálculo de exactitud de las coordenadas en Z.	202
Tabla 28: Tabla de coordenadas en X de los levantamientos topográficos realizados.	204
Tabla 29: Tabla de coordenadas en Y de los levantamientos topográficos realizados.....	208
Tabla 30: Tabla de coordenadas en Z de los levantamientos topográficos realizados.	213
Tabla 31: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales	218
Tabla 32: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	220
Tabla 33: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	221
Tabla 34: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	223
Tabla 35: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	225
Tabla 36: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	227
Tabla 37: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	229
Tabla 38: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	231
Tabla 39: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	234
Tabla 40: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	236
Tabla 41: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	238
Tabla 42: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	240
Tabla 43: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	242
Tabla 44: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	244
Tabla 45: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	246
Tabla 46: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	248
Tabla 47: Tabla comparativa de alturas de elevación Z de las secciones transversales.	250
Tabla 48: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	252

Tabla 49: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	252
Tabla 50: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	254
Tabla 51: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	256
Tabla 52: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	257
Tabla 53: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	259
Tabla 54: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	261
Tabla 55: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	263
Tabla 56: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	265
Tabla 57: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	266
Tabla 58: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	268
Tabla 59: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	270
Tabla 60: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	271
Tabla 61: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	273
Tabla 62: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	275
Tabla 63: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	277
Tabla 64: Tabla de progresivas y cotas de una sección transversal.....	278
Tabla 65: Características topográficas en condiciones comunes actuales del Rincón de la Victoria.....	280
Tabla 66: Tiempo empleado en el levantamiento topográfico con estación total.	280
Tabla 67: Tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	281
Tabla 68: Tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 Pro.	282
Tabla 69: Tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Phantom 4RTK.	283
Tabla 70: Tiempo empleado en el levantamiento topográfico con drone Mavic 2 Pro.	284
Tabla 71: Criterios de análisis entre métodos de medición.....	285
Tabla 72: Presupuesto de levantamiento topográfico con Estación total.....	289
Tabla 73: Presupuesto de levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 RTK.....	290
Tabla 74: Presupuesto de levantamiento topográfico con Drone MAVIC 2 Pro.	290
Tabla 75: Condiciones ambientales actuales en ambos levantamientos topográficos.....	292
Tabla 76: Resolución del modelo digital de Elevación de los levantamientos topográficos.	294
Tabla 77: Resolución del Ortomosaico de los levantamientos topográficos.....	295

Tabla 78: Errores de geolocalización del levantamiento topográfico con Drone Phantom 4 RTK.....	296
Tabla 79: Errores de geolocalización del levantamiento topográfico con Drone Mavic 2 Pro.....	297
Tabla 80: Tabla comparativa de ventajas y desventajas del levantamiento topográfico con drone.....	300
Tabla 81: Caracterización de los sistemas topográficos	302
Tabla 82: Identificación de puntos críticos de cada sistema	309
Tabla 83: Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA)	310
Tabla 84: Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA)	311
Tabla 85: Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA)	312
Tabla 86: Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA)	313
Tabla 87: Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA)	314

GLOSARIO.

Drones/VANT: Pequeño vehículo aéreo no tripulado, utilizado en el ámbito militar (para reconocimiento táctico desde gran altura, vigilancia del campo de batalla o guerra electrónica) y civil (vigilancia de manifestaciones, control de la contaminación y de incendios forestales, etc.).

Estación total: La Estación Total surge para reemplazar el instrumento conocido como Teodolito en la Topografía, pero además integra en sí misma otros instrumentos de gran utilidad para medición de distancias y una computadora para los cálculos necesarios con memoria interna para el almacenamiento de datos.

IGN: Instituto geográfico nacional de topografía.

Fotogrametría: La Fotogrametría es una de las actividades más emblemáticas dentro del IGN, comprende la fotografía aérea y la obtención de modelos de elevaciones, siendo información de referencia básica para la realización de la cartografía y la obtención de información geográfica en general: ocupación del suelo, urbanismo.

Geodesia: Parte de la geología que determina de forma matemática la figura y magnitud de la Tierra o de gran parte de ella, y se ocupa de construir los mapas correspondientes.

NUCIF: El proyecto NUCIF (Network de Universidades para el Conocimiento y la Integración de Fronteras) pretende transferir buenas prácticas europeas en la planificación y gestión de herramientas

de cooperación transfronteriza para el desarrollo económico y surge de la necesidad de fortalecer y consolidar otra experiencia de redes entre universidades latinoamericanas que toma el nombre de RED REUNIF (Red de Universidades de Fronteras) con el objetivo de promover la formación, investigación y extensión universitaria de las cuatro áreas involucradas: Argentina, Bolivia, Chile y Paraguay.

COOSALT R.L: Cooperativa de servicio de Agua Potable y Alcantarillado. Otorga el servicio de agua potable, en condiciones de ser consumida por nuestros socios / usuarios, hasta los hogares Tarijeño.

Punto de control topográfico: Para un mejor entendimiento, un punto de apoyo, punto de control terrestre o punto topográfico, no es más que un lugar, una parte que es fácilmente observable en la tierra, del que se conoce su localización bajo un sistema de coordenadas; los mismos que están en sitios específicos dentro del área que se desea estudiar.

Nube de puntos densa topográfica: Una nube de puntos densa se genera a partir de imágenes mediante fotogrametría. Las imágenes con suficiente calidad, solapamiento y textura pueden generar nubes de puntos muy densas y de gran precisión. La precisión y la densidad son los puntos fuertes de este proceso.

GSD: El parámetro de análisis Ground Sample Distance (GSD) indica el tamaño aproximado que representa un píxel en el terreno; por ende, los objetos no son identificables con un solo píxel. La distancia de muestreo del suelo (GSD) describe la distancia entre el punto central de dos píxeles consecutivos. La GSD es un cálculo importante tanto para la fotografía aérea como para la fotogrametría, que es una técnica que se utiliza habitualmente para crear mapas topográficos en 3D.

Mosaico: Se llama así al conjunto ordenado de fotografías rectificadas dispuestas sobre de un tablero o mesa de trabajo, de tal forma que al pegar estas fotografías ahora si existe perfecta coincidencia de detalles ya que las imágenes están rectificadas.

Ortomosaico: Un ortomosaico es un producto de imagen fotogramétricamente orto rectificado organizado como mosaico a partir de una colección de imágenes, donde la distorsión geométrica se ha corregido y donde se ha realizado un balance de color de las imágenes para producir un dataset de mosaico continuo.

DEM: El término modelo de elevación digital o DEM, por sus siglas en inglés, se refiere a una abstracción digital tridimensional que describe o modela la complejidad de la superficie del terreno en un área específica.

DSM: (modelo digital de superficie). La representación de valores de elevación continuos sobre una superficie topográfica, incluida la vegetación y entidades de creación humana, mediante un conjunto regular de valores z referenciados a un datum común.

Datum: Un datum proporciona un marco de referencia para medir las ubicaciones en la superficie de la tierra. Define el origen y la orientación de las líneas de latitud y longitud. Más información sobre esferoides y esferas.

DTM: Modelo Digital del Terreno, puede describirse como una representación tridimensional de una superficie del terreno consistente en coordenadas X, Y, Z almacenadas en forma digital.

Altitud: Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar.

Planimetría: Parte de la topografía que trata la medición y representación de una porción de la superficie terrestre sobre una superficie plana.

Altimetría: Parte de la topografía que se ocupa de la medición de alturas.

U.T.M: El sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) es un sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre.

Curva de nivel: Línea imaginaria que forman los puntos de un terreno situados a una misma altura, empleada en topografía para figurar el relieve.

Phantom 4 RTK: El Phantom 4 RTK incluye un módulo RTK completamente integrado que proporciona información de posición a nivel centimétrico en tiempo real, para obtener una precisión absoluta en la meta información de la imagen. Asimismo, ofrece seguridad de vuelo mejorada y permite recoger información de gran precisión.

ASPRS: Sociedad Estadounidense de Fotogrametría y Detección Remota (ASPRS) es una asociación científica que atiende a más de 7000 miembros profesionales en todo el mundo.

Time sync: Sistema operativo para dron que permite la capacidad de sincronizar con precisión la detección externa y calcular con el tiempo GPS/RTK, el reloj del controlador de vuelo y el tiempo de exposición de las cámaras estéreo.

SDK: El SDK simplifica el proceso de desarrollo de aplicaciones al encargarse de funcionalidades de bajo nivel como la estabilización del vuelo, la gestión de la batería, la transmisión de señales y la comunicación.

DJI Cloud PPK: En general, el uso de DJI Cloud PPK puede ayudar a mejorar la precisión de los datos recopilados por drones para proyectos de mapeo.

Kml: Es un formato de archivo que se utiliza para mostrar datos geográficos en un navegador terrestre, como Google Earth, Google Maps y Google Maps para móviles. KML utiliza una estructura basada en etiquetas con atributos y elementos anidados y está basado en el estándar XML.

Kmz: La extensión KMZ representa el lenguaje de marcas Keyhole Markup Language (comprimido) utilizado por Google para realizar anotaciones geográficas y visualizar mapas en 2D y 3D en línea.

Mavic 2 Pro: El drone DJI Mavic 2 Pro ofrece detección omnidireccional de obstáculos, un alcance de transmisión de hasta 8 km e incluye entre otras ventajas el modo de vuelo inteligente, hiperslapo.

Geolocalización: Localización geográfica de un lugar, o bien de una persona o cosa en un momento determinado.

Precisión: Grado de concordancia entre diferentes resultados de medida de un mismo mensurando. Depende en buena medida de la estabilidad de las condiciones medioambientales durante el proceso de medida.

Exactitud: Es el grado de proximidad entre una cantidad medida y el verdadero valor de la medida. Como este último valor es desconocido esta cantidad nunca puede ser determinada completamente. Para subsanar este escollo se sustituye el valor verdadero por un valor casi verdadero del mensurando.

Efectividad: Al hablar del concepto de efectividad hacemos referencia a realizar correctamente las cosas, en otras palabras, el significado de efectividad conlleva asumir las tareas de la mejor manera posible en función de los recursos disponibles y de los resultados esperados. Por lo tanto, hablamos de la relación entre lo que se realiza en el trabajo, el cumplimiento de los objetivos y la misión y visión de la empresa.

AutoCad: AutoCAD es el programa por defecto que muchos arquitectos usan para diseñar bocetos, dibujos, planos, estructuras y piezas que deben cumplir con ciertos parámetros solicitados por los clientes.

Además, AutoCAD es un programa multifacético que permite desarrollar proyectos de índole arquitectónico, industrial, mecánicos, de diseño gráfico y de ingeniería. Gracias a la posibilidad de visualizar los diseños en 2D y 3D, AutoCAD es uno de los programas de diseño digital líderes del mercado.

ArcGIS: ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.

Agisoft Metashape: Procesa miles de imágenes aéreas Agisoft Metashape permite generar Ortofotos georreferenciadas de alta resolución (hasta 5cm de precisión con puntos de control en terreno) y DEM texturizados con alto nivel de detalles. El flujo de trabajo es completamente automatizado y permite procesar miles de imágenes aéreas, obtenidas ya sea por un vuelo fotogramétrico convencional, o bien por un UAV (avión no tripulado).

Pix4D: Pix4D es un software de procesamiento de imágenes, que son obtenidas producto del mapeo con drones y dispositivos móviles. A través del uso de algoritmos de última generación y avanzadas técnicas de procesamiento fotogramétrico genera nubes de puntos, modelos digitales de superficie y ortomosaicos de muy alto detalle que son utilizados en el campo de la fotogrametría. También cuenta con una línea de dispositivos de captura de datos, entre los cuales se incluyen cámaras y sensores que complementan al software. Pix4D es una opción sumamente completa y transversal a todas las industrias en el mercado que requieran de data e información de muy alto detalle y precisión. A continuación, te explicamos cómo puedes sacarle el mejor provecho.

HEC RAS: (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos: Modelización de flujo en régimen permanente. Modelización de flujo en régimen no permanente. Modelización del transporte de sedimentos.

Análisis FODA: El análisis FODA es una técnica utilizada para evaluar el desempeño de una organización en el mercado y se utiliza para desarrollar estrategias comerciales efectivas. Su nombre es un acrónimo de las palabras “fortaleza, oportunidades, debilidad y amenazas”.