



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES **RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE

TESIS:

**Í ANÁLISIS DE PRECISIÓN EN LA MEDICIÓN DE SUPERFICIES,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE VARIAS TÉCNICAS DE
LEVANTAMIENTO SUPERFICIAL, ORIENTADOS AL
ORDENAMIENTO TERRITORIALÎ**

AUTORES:

Maria Magdalena Godoy Cueva

Juan Armando Maita Chamba

Loja, Marzo de 2009



**EN LA MEDICIÓN DE SUPERFICIES,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE VARIAS TÉCNICAS DE
LEVANTAMIENTO SUPERFICIAL, ORIENTADOS AL
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

TESIS DE GRADO

Presentación al tribunal calificador como requisito para obtener el título de:

**INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO
AMBIENTE**

INGENIERO FORESTAL

En el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad
Nacional de Loja:

APROBADA

Ing. Jorge García Luzuriaga

PRESIDENTE

Ing. Manuel Quizhpe.

VOCAL

Ing. Hugo Sáenz F.

VOCAL

Ing. Aníbal González G.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que el trabajo de investigación titulado **ANÁLISIS DE PRECISIÓN EN LA MEDICIÓN DE SUPERFICIES, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE VARIAS TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO SUPERFICIAL, ORIENTADOS AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, de autoría de: María Magdalena Godoy Cueva, egresada de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, y Juan Armando Maita Chamba egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal, del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables; ha sido dirigido, revisado y aprobado en su integridad por lo que autorizo su publicación.

Lo certifico:

Ing. Aníbal González
DIRECTOR DE TESIS



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UTORÍA

Los conceptos, datos, informaciones y comentarios contenidos en el presente trabajo de investigación, son de responsabilidad absoluta de sus autores:

.....

MARÍA MAGDALENA GODOY CUEVA

o o

JUAN ARMANDO MAITA CHAMBA

DEDICATORIA

*A Dios en quien creo firmemente y con su
enseñanza ha alumbrado mis pasos.*

*A los seres que me dieron la vida Víctor y
Bernarda quienes me brindaron su apoyo
incondicional y guiaron mis pasos día a día con
sus consejos y enseñanzas, dándome la fuerza
para culminar con éxito mi formación
profesional.*

*A mis hermanos y sobrinos, por su alentador
apoyo, desinteresada ayuda y sempiterna
compañía.*

A mis amigos y compañeros.

A mi familia en general.

María Magdalena

*A Dios por haberme dado la gracia de
culminar con este objetivo de mi vida.*

*A mis padres Marcela María y Juan
Salvador, por el apoyo, cariño y paciencia
que me brindaron a lo largo de mi carrera
universitaria.*

*A mi hermano Sergio Fernando, por
brindarme su apoyo y atención.*

*A mis compañer@s y amig@s, por su
incondicional ayuda.*

A mi familia en general.

Juan Armando

AGRADECIMIENTOS

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento y reconocimiento a:

La Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, y en especial a la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente y a la Carrera de Ingeniería Forestal por habernos formado como profesionales con bases sólidas para proyectarnos una meta hacia el futuro.

Al Ing. Aníbal González por su incondicional y desinteresado apoyo en la ejecución del presente trabajo.

Nuestro agradecimiento imperecedero al Centro Integrado de Geomática Ambiental conformado por los señores Ing. Fabián Reyes, al Ing. Fabián Sotomayor, al Ing. José Merino, al Ing. Luis Chalan, al Ing. Santiago Silva, Ing. Guido Condoy, Lic. María Torres y Lic. Joselo Martínez por sus frecuentes orientaciones, y recomendaciones muy oportunas en el desarrollo del trabajo de investigación.

Al tribunal Calificador en las personas de los Srs. Ing. Jorge Garcia, Ing. Hugo Saenz, e Ing. Manuel Quizhpe, por aporte en la culminación del trabajo de tesis presentado.

A todos y cada uno de los distinguidos catedráticos de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente y Carrera de Ingeniería Forestal, por contribuir adecuadamente a nuestra formación académica, a nuestros familiares, compañeros y amigos: Magaly Castillo, Yadira Pauta, Paúl Gómez, Víctor Mendoza, Víctor Rodríguez y Carlos Torres, los cuales desinteresadamente ayudaron en el proceso de ejecución de la tesis.

A todos los miembros, dueños de las parcelas, por su apoyo especialmente en la fase de campo y por habernos brindado su tiempo y amistad en forma desinteresada.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

que involuntariamente fueron omitidas queremos dejar constancia de nuestros agradecimientos ya que con su colaboración no hubiese sido posible la ejecución de la presente investigación que marca satisfactoriamente nuestra vida profesional.

LOS AUTORES

CE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
PORTADA	i
APROBACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AUTORÍA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
ÍNDICE	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. GEOMÁTICA	3
2.1.1. <u>Geomática Ambiental</u>	4
2.2. METODOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL	4
2.2.1. <u>Estación Total</u>	4
a) Sistemas de medición DR de la Estación Total	5
b) Autolock	6
c) RMT	6
d) Medición convencional servo asistida	7
2.2.2. <u>Sistema de Posicionamiento Global (GPS)</u>	8
a) Componentes del sistema GPS	9
b) Cadena de códigos GPS	10
c) Frecuencias GPS	11
d) Niveles de servicio GPS	11
e) Fuentes de error que afectan al GPS	11
f) Tipos de Equipos GPS	14
g) Tipos de Posicionamiento GPS	16
h) Métodos de Posicionamiento	16
2.2.3. <u>Fotografía Aérea</u>	18
a) Elementos geométricos de una fotografía aérea	19
b) Coordenadas de la fotografía	23
c) Escala de las fotografías	23

	grafía aérea	25
	en la interpretación de fotografías aéreas	25
	f) Fotointerpretación	27
2.3.	GEOMÁTICA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	27
2.3.1.	Definición	27
2.3.2.	Características del Ordenamiento Territorial	28
III.	METODOLOGÍA	29
3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	31
3.2.1.	Estación Total Electrónica	31
3.2.2.	GPS de Precisión	31
3.2.3.	GPS Navegador	32
3.2.4.	Ortofoto Aérea	32
3.3.	ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS MÁS ACTUALES QUE LA TECNOLOGÍA PROVEE PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS	33
3.4.	DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE CUATRO TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE SUPERFICIES	33
3.4.1.	Elección de la Zona de Actuación	33
3.4.2.	Diseño Experimental	34
3.4.3.	Metodología de Medición con Estación Total	34
3.4.4.	Metodología de Medición con GPS Diferencial L1 (GPS de Precisión PROMARK2)	35
	a) Diseño de la red de trabajo	35
	b) Instalación del GPS base y móvil	36
	c) Medición Stop and Go	37
	d) Transferencia de archivos de datos desde el receptor	37
	e) Ajuste	38
	f) Análisis de post-ajuste	39
	g) Exportación de datos	44
3.4.5.	Metodología de Medición con GPS Navegador Absoluto (GPS Navegador PROMARK2)	44
3.4.6.	Metodología de Medición por Digitalización de Ortofoto	45
	a) Diseño de la red geodésica	45
	b) Toma de puntos de control	45
	c) Elaboración de la ortofoto	45
	d) Digitalización	46
3.4.7.	Cálculo de Errores de Medición	47

oluto (ESA)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	48
tivo (ESR)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ...	48
c) Error superficial relativo medio (ESRM)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ...	48
d) Valor absoluto del error superficial relativoõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	49
e) Índice del error superficial de lindero (IESL) o índice de indeterminación de lindero (IIL)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	49
f) Índice medio del error superficial de lindero (<i>ImESL</i>)õ õ õ õ	50
3.4.8. <u>Análisis Estadístico</u> õ	51
3.5. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO: ANALISIS DE LOS ERRORES MÁS COMUNES Y RECOMENDAR LAS TÉCNICAS MÁS ADECUADAS A LOS NIVELES DE LEVANTAMIENTO DE DATOSõ .	52
3.6. DIFUNDIR LA METODOLOGÍA Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓNõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN À À À À À À À À À À À À À À À À À	53
4.1. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS MÁS ACTUALES QUE LA TECNOLOGÍA PROVEE PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOSõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	53
4.1.1. <u>GPS Navegadores</u> õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	53
a) GPSMAP 76CSgX . 60CSX GARMINõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	54
b) ETREX VISTA HCX, ETREX VENTURE® HC Y ETREX LEGEND GARMINõ .	54
c) MAGELLAN TRITON 300õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ...	55
d) MAGELLAN TRITON 1500õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	55
e) MAGELLAN MAESTRO ELITE 3270õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	56
f) KIT GPS 60CSx TOPOõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	56
4.1.2. <u>GPS de Precisión</u> õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	57
a) ASHTECH PROMARK2õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	57
b) PROMARK™ 3 RTK + FAST SURVEY (MAGELLAN)õ õ õ õ õ ..	58
c) GPS TRIMBLE R3 CON MICROCOMPUTADOR WINDOWSõ õ	59
d) Sistema GPS L1 EPOCH™ 10õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	60
e) GPS Trimble 5800õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	60
4.1.3. <u>Estaciones Totales</u> õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	61
a) Estación Total SOKKIA SERIES 230RMõ õ õ õ õ õ õ õ õ	62
b) Estación Total KOLIDA Kts442rõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	62
c) Estación Total S6 (TRIMBLE)õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	62
4.1.4. <u>Empresas Internacionales</u> õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	63
4.1.5. <u>Empresas Nacionales</u> õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	64

PRIMERO OBJETIVO: DETERMINACION DE TÉCNICAS DE MEDICION DE SUPERFICIES	65
4.2.1. <u>Error Superficial Absoluto (ESA)</u>	66
4.2.2. <u>Error Superficial Relativo (ESR)</u>	69
4.2.3. <u>Error Superficial Relativo Medio (ESRM)</u>	72
4.2.4. <u>Valor Absoluto del Error Superficial Relativo (VAESR)</u>	73
4.2.5. <u>Índice del Error Superficial de Lindero (IESL)</u>	75
4.2.6. <u>Índice Medio del Error Superficial de Lindero (ImESL)</u>	78
4.2.7. <u>Análisis de Áreas Comunes y Áreas de Conflicto</u>	80
4.2.8. <u>Interrelación de Métodos Evaluados</u>	84
4.2.9. <u>Interrelación de Área Común, Área de Conflicto, Pendiente, y Altura Media de la Cobertura Vegetal</u>	86
4.3. RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO: ANALIZAR LOS ERRORES MÁS COMUNES Y RECOMENDAR LAS TÉCNICAS ADECUADAS A LOS NIVELES DE LEVANTAMIENTO DE DATOS	88
4.3.1. <u>Análisis de los Errores más Comunes</u>	88
a) Estándares: Criterios y procedimientos utilizados para certificar la calidad de los datos	88
b) Márgenes de error de los GPS	89
c) Representación de la exactitud	89
4.3.2. <u>Técnicas de Levantamientos de Datos</u>	94
a) Técnicas de medición con GPS navegador	95
b) Técnicas de Medición con GPS de precisión	95
c) Técnicas de medición de foto	103
d) Técnicas de medición con estación total	108
V. CONCLUSIONES	119
VI. RECOMENDACIONES	121
VII. BIBLIOGRAFÍA	123
VIII. ANEXOS	125

CE DE CUADROS

Número	Título	Pág.
Cuadro 1.	Estratificación de la población de parcelas de la parroquia	34
Cuadro 2.	Descripción de la Ficha Análisis de Ajuste	39
Cuadro 3.	Características principales de los equipos ProMark3	59
Cuadro 4.	Casas y Empresas Internacionales distribuidoras de equipos topográficos.	64
Cuadro 5.	Empresas Nacionales distribuidoras de equipos topográficos	65
Cuadro 6.	Valores de error superficial absoluto de los métodos de medición superficial	66
Cuadro 7.	Valores de error superficial relativo de los métodos de medición superficial.	69
Cuadro 8.	Valores de Error Superficial Relativo Medio de los métodos de medición superficial.	73
Cuadro 9.	Resultados del Valor Absoluto del Error Superficial Relativo, de cada método de medición superficial.	74
Cuadro 10.	Resultados del Índice del Error Superficial de Lindero, de cada método de medición superficial.	75
Cuadro 11.	Resultados del Índice Medio del Error Superficial de Lindero, de cada método de medición superficial.	78
Cuadro 12	Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y Digitalización de Ortofoto.	80
Cuadro 13.	Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS Navegador	81
Cuadro14.	Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS de Precisión.	82
Cuadro 15.	Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total, Digitalización de Ortofoto, GPS Navegador y GPS de Precisión.	83
Cuadro 16.	Área absoluta/relativa, de la superficie común y superficie afectada por la interrelación de los cuatro métodos de medición	84



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

	ra de los diferentes tipos de interrelación	84
	os cuatro métodos de levantamiento	
Cuadro 18.	Resultados de Interrelación de pendiente del terreno y cobertura vegetal con el Área Común y Área de conflicto	86
Cuadro 19.	Errores comunes en el uso de los Sistemas de Información Geográfica.	88
Cuadro 20.	Precisiones planimétricas usuales	89
Cuadro 21.	Órdenes de Exactitud Posicional Horizontal	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Número	Título	Pág.
Gráfico 1.	Error superficial absoluto de los métodos de medición superficial.	68
Gráfico 2.	Suma de valores absolutos, negativos y positivos de los métodos de medición superficial	68
Gráfico 3.	Valor mínimo y máximo de cada método de medición superficial	69
Gráfico 4.	Error superficial relativo de los métodos de medición superficial.	71
Gráfico 5.	Suma de valores relativos, negativos y positivos de los métodos de medición superficial	72
Gráfico 6.	Valor relativo mínimo y máximo de cada método de medición superficial	72
Gráfico 7.	Error Superficial Relativo Medio de los métodos de medición superficial	73
Gráfico 8.	Valor absoluto del error superficial relativo de los métodos de medición superficial.	74
Gráfico 9.	Índice del error Superficial de Lindero de los métodos de medición superficial.	77
Gráfico 10.	Suma de valores absolutos, negativos y positivos del IESL de los métodos de medición superficial.	77
Gráfico 11.	Valores mínimos y máximos del IESL de los métodos de medición superficial.	78
Gráfico 12.	Valores medios, mínimos y máximos del ImESL de los métodos de medición superficial.	79
Gráfico 13.	Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y Digitalización de Ortofoto	80
Gráfico 14.	Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS Navegador	81
Gráfico 15.	Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS de Precisión	82
Gráfico 16.	Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total, Digitalización de Ortofoto, GPS Navegador y GPS de Precisión.	83
Gráfico 17.	Área de Interrelación de los Métodos de Levantamiento Superficial.	85



PDF Complete

*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ción de los Métodos de Levantamiento 85

Gráfico 19. Representación gráfica de Interrelación de pendiente del terreno y cobertura vegetal con el Área Común y Área de conflicto. 87

INDICE DE ANEXOS

Número	Título	Pág.
Anexo 1.	Mapa de Pendientes de Polígonos (Sector 1).	125
Anexo 2.	Mapa de Pendientes de Polígonos (Sector 2).	126
Anexo 3.	Mapa de Ubicación de Polígonos.	127
Anexo 4.	Puntos de Control calculados con GPS de Precisión y Red Geodésica, utilizados en la georeferenciación de la fotografía aérea.	128
Anexo 5.	Estación Total Electrónica Trimble, modelo 5600 DR200+, situado en un punto de control.	128
Anexo 6.	GPS Navegador ASHTECH, modelo ProMarck2.	129
Anexo 7.	GPS de Precisión GPS ASHTECH, modelo ProMark2.	129
Anexo 8.	Recepción de Datos con GPS de precisión ProMark2, para cálculo de punto de control de ortorectificación de fotografía aérea. Sitio Cucanama, coordenadas X: 688624 - Y: 9531464.	130
Anexo 9.	Recepción de Datos con GPS de precisión ProMark2, para cálculo de punto de control Sitio Cucanama, coordenadas X: 688624 - Y: 9531464.	130
Anexo 10.	Medición de Polígonos con Estación Total Electrónica y GPS de Precisión.	131
Anexo 11.	Recolección de datos con GPS de precisión en el punto de control geodésico del IGM, para elaboración de red geodésica. Sector Vilcagua, coordenadas X: 9529213 - Y 697527.	131

I. INTRODUCCIÓN

Desde fines del siglo XX, la Geomática, como ciencia integradora, ha permitido estudiar y conocer el espacio geográfico, mediante diferentes técnicas como la Fotogrametría, la Geodesia, la Percepción Remota, la Cartografía, los Sistemas de Información Geográfica y el Sistema de Posicionamiento Global.

La Geomática tiene como elemento fundamental en su desarrollo teórico y práctico al análisis geográfico, constituyendo un soporte y un apoyo en el desarrollo de las Ciencias de la Tierra. Esta ciencia apoya, orienta y afina procesos de toma de decisiones y planeación estratégica para los sectores productivo, social, gubernamental e internacional. Su campo de acción es el estudio del espacio geográfico con una visión científica e integral.

El Centro Integrado de Geomática Ambiental (CINFA), viene trabajando desde 1994, en estudios generales relacionados a la cartografía, utilizando para ello diferentes elementos de la Geomática como: fotografías aéreas, imágenes satelitales, estación total, GPS de precisión y GPS navegador.

La presente investigación se desarrolló por los siguientes capítulos: el primero por el marco teórico, seguido de una metodología que se utilizó para cada equipo, luego los resultados que se obtuvo al realizar la digitalización de ortofoto, GPS de precisión y GPS navegador, frente a la estación total que por sus características de precisión, se la tomó como base para los demás equipos, por último llegando a las diferentes conclusiones y recomendaciones.

El presente estudio tiene como objetivo, conocer la precisión de medición de diferentes métodos de levantamiento superficial, para lo cual, se utiliza como punto de partida, la delimitación de parcelas obtenida en el proyecto %laboración de un Sistema

de Información Catastral Multifinalitario para la Parroquia Vilcabamba, Cantón Loja+, ejecutado por el CINFA en el año 2006, aplicando varias de las técnicas de delimitación de superficies.

Para dar cumplimiento al presente trabajo descrito en líneas anteriores se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Contribuir al desarrollo de la Geomática Ambiental en la Región Sur del Ecuador, a través del análisis de precisión en la medición de superficies.

Objetivos Específicos

- Análisis de los equipos más actuales que la tecnología provee para el levantamiento de datos.
- Determinar la precisión de cuatro técnicas de medición de superficies.
- Analizar los errores más comunes y recomendar las técnicas más adecuadas a los niveles de levantamiento de datos.
- Difundir la metodología y los resultados obtenidos en la presente investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se hace un breve análisis general de lo que comprende la Geomática y sus campos, de igual manera se toma en cuenta los conceptos fundamentales del Ordenamiento Territorial. Además se detallan teóricamente los equipos y métodos que se utilizaron en la presente investigación.

2.1. GEOMÁTICA

La Geomática es un término científico moderno · considerado a menudo como una rama de la [geografía](#)· que hace referencia a un conjunto de técnicas en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de [información geográfica](#). Estos datos espaciales provienen de análisis y mediciones hechos con técnicas como:

- La [geodesia](#) y la [topografía](#)
- La [cartografía](#)
- La [teledetección](#) o [percepción remota](#)
- La [fotogrametría](#)
- La [geoestadística](#) o [análisis espacial](#)
- Los [Sistemas Globales de Navegación por Satélite](#) (GNSS)
- Los [Sistemas de Información Geográfica](#) (SIG)

La Geomática es fundamental para todas las ciencias que utilizan datos espacialmente referenciados y ha tenido un importante crecimiento desde la **década de 1990**. Actualmente existen resultados exitosos de la aplicación de las técnicas de Geomática en áreas como **Medicina, Geología, Negocios** (bienes raíces), **Arqueología, Ingeniería Civil** e **Ingeniería ambiental**, entre otras.

2.1.1. Geomática Ambiental

La Geomática Ambiental es un compendio de información alfanumérica y cartográfica de diversa procedencia. Es imprescindible para su planificación y gestión que toda esta información relativa al medio ambiente, esté disponible para hacer estudios y comparativas de los diversos indicadores ambientales conjuntamente.

Una gestión medioambiental integrada debe agrupar el medio ambiente natural (flora, fauna, paisaje, tierra, agua, aire) con el medio ambiente urbano (residuos, vertidos, saneamientos, contaminaciones). Debe ordenar y sistematizar, por otro lado la información medioambiental dispersa y disponible, evitando la duplicidad de estudios y tratando de homogeneizarla.

Aunque el medio ambiente tiene difícil encuadre en una fórmula matemática, los medios y herramientas actuales permiten la toma de decisiones en planificación y gestión que se alejen mucho de la improvisación y con la certeza de que se han tenido en cuenta la infinidad de variables que afectan a cada metro cuadrado de nuestro territorio (Geomática Ambiental, 2008)

2.2. **METODOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TERRITORIAL.**

Algunos de los métodos más utilizados en el levantamiento de información territorial, los detallamos a continuación:

2.2.1. Estación Total

Es un equipo de medición de superficie y sistemas para topografía, trabaja con un procesador capaz de medir ángulos y distancias. ([www.Estaciones Totales.htm](http://www.EstacionesTotales.htm)).

La serie 5600 de reflexión directa (DR) de Estaciones Totales de Trimble, permite acceder a los mejores métodos de medición disponibles para cada tipo de trabajo de medición. Los objetos que anteriormente eran difíciles o imposibles de medir, ahora se pueden medir de forma tan fácil como los que se miden con un prisma. Los límites visibles de las propiedades y las esquinas se podrán medir sin tener que acceder al terreno de los mismos. Los cables aéreos, los túneles, los puentes, los frentes de canteras, las reservas, los edificios y las elevaciones se pueden medir no sólo rápidamente y con facilidad, sino también de forma segura cuando hay un tráfico activo.

a. **Sistemas de medición DR de la Estación Total**

- **DR estándar:** La opción DR (reflexión directa) Estándar de la serie 5600, permite medir hasta 70 m (230 pies) sobre una tarjeta Kodak Gray (Gris Kodak) con un nivel de reflexión del 90% y hasta 50 m (164 pies) sobre una tarjeta Kodak Gray con un nivel de reflexión del 18%. Cuando se utiliza un solo prisma, la distancia es de 5.000 m (16.400 pies) con una precisión de $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$. Para trabajos de alta precisión, la MED de DR Estándar ofrece una precisión de medición de $\pm (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$.

La opción DR Estándar incorpora un puntero láser coaxial claramente visible, para apuntar con precisión. El puntero láser es seguro para la vista, incluso cuando se observa a través del telescopio. La MED (medición electrónica de distancias) de DR Estándar se basa en el método de desplazamiento de fase: un

transmisor óptico transmite un rayo de luz modulado sobre un objetivo (reflector). El receptor óptico recibe la luz que se refleja del objetivo (reflector). La tecnología DR Estándar mide la diferencia de fase entre la señal transmitida y recibida; y, calcula la distancia. Las mediciones de alta precisión, el puntero láser visible y el estrecho rayo de la DR Estándar, la convierten en una herramienta ideal para todo tipo de mediciones de interior y tareas de ingeniería precisas de corto alcance.

- **DR 200+:** La opción Largo Alcance de la DR 200+ correspondiente a la serie 5600 le permite medir hasta 600 m (1.970 pies) sobre una tarjeta Kodak Gray con un nivel de reflexión del 90% y hasta 200 m (656 pies) sobre una tarjeta Kodak Gray con un nivel de reflexión del 18%. Esto es 3,3 veces más que en las estaciones totales estándares sin prismas. Y cuando se utiliza un solo prisma, la distancia es de 5.500 m (18.040 pies) con una precisión de $\pm(3 \text{ mm} +3 \text{ ppm})$.

- **DR 300+:** La MED de la DR 300+* ofrece una capacidad de medición de largo alcance muy superior: le permite medir hasta 300 m (984 pies) sobre una tarjeta Kodak Gray con un nivel de reflexión del 18%. Cuando se utiliza un solo prisma, la distancia es de 5.500 m (18.040 pies) con una precisión de $\pm (3 \text{ mm} +3 \text{ ppm})$. Existe un puntero láser opcional para las opciones DR 200+ y DR 300+.

Las opciones DR de mayor alcance (DR 200+ y DR 300+) usan la técnica de medición ~~tiempo de vuelo~~ que se basa en el principio de medición de impulsos. El instrumento 5600 mide el tiempo en que un impulso muy corto transmitido tarda en desplazarse al objetivo (reflector) y en volver.

b. **Autolock**

Autolock permite que el instrumento enganche en un **RMT** (Objeto de Medición Remota Trimble) y lo siga automáticamente mientras se mueve. Esto significa que no es necesario la puntería en fino ni el enfoque (www.trimble.com)

c. **RMT:**

El objeto de medición remota de Trimble consiste en un prisma reflector y uno o varios diodos de seguimiento activos. La ventaja de utilizar este tipo de diodos es que se elimina el riesgo de que el instrumento se enganche a otros objetos reflectores que no sean el RMT. Los instrumentos de Trimble 5600(servo) equipados con un seguidor opcional pueden realizar tareas de medición utilizando la función de enganche automático Autolock (www.trimble.com).

d. **Medición convencional servo asistida**

El instrumento consta de un servo mando (motores que asisten el movimiento tanto horizontal como el vertical del instrumento), lo cual lo hace muy fácil de operar.

- **Ventajas:** Para el replanteo (se debe indicar al instrumento un punto anteriormente medido o introducido en la memoria), sólo se necesita indicar el número del punto. El instrumento calcula y apunta automáticamente hacia el azimut previamente calculado, con sólo presionar una vez la tecla de posicionamiento.

Para las mediciones angulares, basta con apuntar una vez hacia las distintas estaciones reflectoras. El instrumento recuerda y repite el proceso de puntería todas las veces que el operario lo solicite, y según el orden deseado.

En la puntería manual, el servo asiste en los ajustes horizontales y verticales. Lo único que se precisa es ejecutar con la punta de un dedo, un ligero movimiento circular del tornillo de ajuste.

Gracias al servo mando, los tornillos de ajuste no tienen posiciones tope. Esto elimina las introducciones innecesarias al efectuar la puntería.

- **Puntería:** El ajuste entre los dos ejes ópticos -es decir, el telescopio y el seguidor - puede ser diferente. La diferencia hará que, cuando se use autolock, no parezca que el instrumento esté apuntando al centro del prisma (véase la figura 1). Esta situación no presenta problema, ya que los dos ejes tienen sus datos de colimación propios. No obstante, es importante hacer la prueba de colimación para ambos ejes.

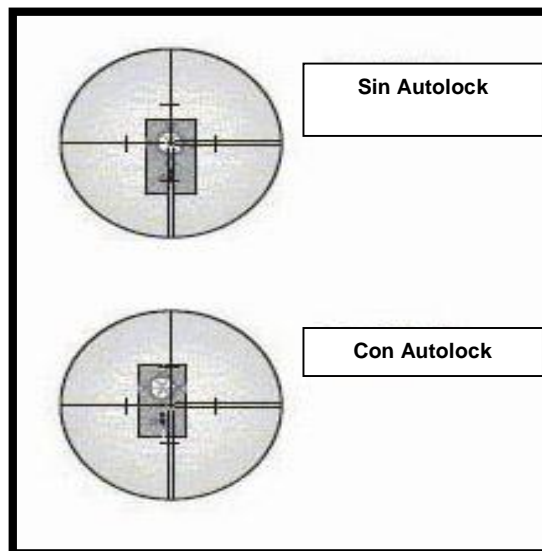


Figura 1: Tipos de Ajuste Óptico de la Mira

2.2.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

GPS es la abreviatura de NAVSTAR GPS. Este es el acrónimo en Inglés de NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System, (que en

Español significa Sistema de Posicionamiento Global con Sistema de Navegación por Tiempo y Distancia). (Leica, 1999)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre, las 24 horas del día y en cualquier condición climática. (Pozo Ruz, 2002)

a) **Componentes del sistema GPS**

Dentro del sistema GPS existen tres conjuntos de componentes denominados segmentos:

- **Segmento espacial:** Este sector lo forman los satélites de la constelación NAVSTAR. La constelación está formada por seis planos orbitales, y en cada uno de ellos existe una órbita elíptica casi circular donde se alojan los satélites regularmente distribuidos. Los planos tienen una inclinación de 55° respecto al plano del ecuador, y se nombran como A, B, C, D, E y F. Cada órbita contiene al menos cuatro satélites, aunque pueden contener más. Los satélites se sitúan a una distancia de 20.200 Km. respecto del geocentro, y completan una órbita en doce horas. (Roggio, 2000)

- **Segmento de control:** El segmento de control son todas las infraestructuras en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites,

sus funciones son: 1) Establecer la órbita de los satélites como también el estado de los osciladores atómicos, 2) Transmitir a los satélites los datos anteriores para que puedan transmitirse las efemérides hacia los receptores por medio del mensaje de navegación, 3) Establecer la materialización del Sistema de Referencia.

Las estaciones de control son: Colorado Springs (U.S.A.), Ascensión (Atlántico Sur), Hawaii (Pacífico Oriental), Kwajalein (Pacífico Oriental), Diego García (Indico). (Roggio, 2000) En la actualidad se han anexado varias estaciones de rastreo: Australia, Quito, Usno, Buenos Aires, Bahrain, Inglaterra. (Instituto de Agrimensura, 2006)

- **Segmento del usuario:** Está constituido por el hardware que consiste de una antena que va unida al receptor directamente o por cable y tiene la misión de recibir las radiaciones electromagnéticas que emiten los satélites y transformarlas en impulsos eléctricos que conservan la información modulada de las portadoras; y un receptor, que compara con una replica que él genera y halla el tiempo que tardó la señal en llegar al receptor. El software que se utiliza para procesar las señales de los satélites y calcular las soluciones de navegación (posición, altitud, velocidad y tiempo) (www.gabrielortiz.com)

b) **Cadena de códigos GPS**

Cada satélite transmite señales en ambas frecuencias, siendo éstas, las señales de navegación (códigos), y los datos de navegación y sistema (mensaje). Los códigos que se modulan en la señal son:

- **El código C/A:** Modula a una frecuencia de 1.023MHz (10.23/10). Tiene una duración de un milisegundo y su longitud de onda es de aproximadamente 300 m. El código C/A se transmite actualmente sólo por medio de la frecuencia portadora L1.

- **El código P:** Ó Código de Precisión modula a una frecuencia de 10.23MHz. La secuencia de este código es de 267 días y su longitud de onda es de 29.31 cm. Se les ha asignado a los distintos satélites porciones de siete días. El código P se transmite por medios de doble frecuencia L1 y L2 (Instituto de Agrimensura, 2006)

- **El código Y:** Que se envía encriptado en lugar del código P cuando está activo el modo de operación anti-engaños. (Pozo Ruz, 2002)

c) **Frecuencias GPS**

Los satélites transmiten la información en dos frecuencias: *Frecuencia portadora L1*, a 1575.42 MHz, transmite los códigos C/A. *Frecuencia portadora L2*, a 1227.60 MHz, transmite información militar modulada en código P. (Pozo Ruz, 2002)

d) **Niveles de servicio GPS**

El sistema GPS proporciona dos niveles diferentes de servicio que separan el uso civil del militar:

- **Servicio de posicionamiento estándar:** (SPS, Standard Positioning Service). Precisión normal de posicionamiento civil obtenida con la utilización del código C/A de frecuencia simple.

- **Servicio de posicionamiento preciso:** (PPS, Precise Positioning Service). Este posicionamiento dinámico es el de mayor precisión, basado en el código P de frecuencia dual, y solo está accesible para los usuarios autorizados. (Pozo Ruz, 2002)

e) **Fuentes de error que afectan al GPS**

A continuación se describen las fuentes de error que en la actualidad afectan de forma significativa a las medidas realizadas con el GPS:

- **Perturbación ionosférica:** La Ionosfera es aquella región de la atmósfera comprendida entre 100 y 1000 Km. de altitud, donde las radiaciones solares y otras radiaciones ionizan una porción de las moléculas gaseosas liberando electrones, que interfieren en la propagación de ondas de radio.

- **Refracción troposférica:** En la troposfera, cuna de los fenómenos meteorológicos, el vapor de agua afecta a las señales electromagnéticas disminuyendo su velocidad. Los errores generados son similares en magnitud a los causados por la ionosfera, pero su corrección es prácticamente imposible.

- **Imprecisión en los relojes:** Este error es el desfase que tiene el reloj del satélite respecto al Tiempo GPS o respecto al Tiempo GLONASS. Los satélites llevan relojes atómicos con osciladores de cesio o de rubidio, sin embargo ningún reloj, incluso el atómico es perfecto. aunque el receptor aplique las correcciones para el error del reloj del satélite, sigue permaneciendo un pequeño error residual estimado en unos 10 nanosegundos o menos.

- **Interferencias eléctricas imprevistas:** Las interferencias eléctricas pueden ocasionar correlaciones erróneas de los códigos pseudo-aleatorios o un redondeo inadecuado en el cálculo de una órbita. Si el error es grande resulta fácil detectarlo, pero no sucede lo mismo cuando las desviaciones son pequeñas y causan errores de hasta un metro. (Pozo Ruz, 2002)

- **Disponibilidad Selectiva (SA):** Es un proceso aplicado por el Departamento de Defensa de EEUU para alternar la señal y degradar su precisión alterando el tiempo y las efemérides. El SA esta desactivado desde Mayo de 2000, y en la actualidad solo se aplica selectivamente en zonas de conflicto. (Gobierno Vasco, 2006)
- **Anti-Spoofing (A-S):** El efecto Anti-Spoofing es similar al efecto S/A, ya que ha sido concebido con la idea de no permitir que los usuarios civiles y las fuerzas hostiles tengan acceso al código P de la señal GPS, obligándolos a emplear el código C/A, al cual se aplica el efecto S/A. El efecto Anti-spoofing encripta el código P en una señal conocida como código Y. Sólo los usuarios con receptores GPS militares (EEUU y sus aliados) pueden descifrar el código Y. (Leica, 1999)
- **Dilución de la precisión (DOP):** El DOP es una medida de la fortaleza de la precisión de los satélites y esta relacionado con la distancia entre estos y su posición en el cielo. (Gobierno Vasco, 2006)
- **Perdidas de ciclos:** Las pérdidas de ciclos suponen un salto en el registro de las medidas de fase, producido por alguna interrupción o pérdida de la señal enviada por el satélite. Estas pérdidas de ciclos pueden ser causadas por la obstrucción de la señal del satélite debido a la presencia de árboles, edificios, puentes, montañas, etc.
- **Efecto multipath:** El efecto multipath o multicamino es causado principalmente por múltiples reflexiones de la señal emitida por el satélite en superficies cercanas al receptor. Estas señales reflejadas que se superponen a la señal directa son siempre más largas, ya que tienen un tiempo de propagación más largo y pueden distorsionar significativamente la amplitud y forma de la onda.
- **Error en el estacionamiento de la antena:** Los errores en el estacionamiento de la antena tienen menos influencia y las exigencias de estacionamiento son muy inferiores a las de los instrumentos de observación clásica.

- **Errores en la manipulación de los equipos:** Los errores de manipulación se producen cuando no se siguen las instrucciones del fabricante del instrumento o cuando éstas suelen descuidarse cuando se trabaja rutinariamente.

- **Variación del centro radioeléctrico de la antena:** La variación y desfase del centro de la antena se debe a la falta de coincidencia entre el centro radioeléctrico o punto que realmente se posiciona, ya que es el punto al que llega la señal; y el centro mecánico o físico, generando un error residual por excentricidad que puede ser de unos milímetros. (Pozo Ruz, 2002)

- **Angulo de enmascaramiento:** Cuando un satélite está bajo en el horizonte, la señal que emite debe atravesar una gran distancia de atmósfera, demorando la llegada al receptor. El ángulo de enmascaramiento se refiere al número de grados que un satélite debe estar sobre el horizonte para que pueda ser utilizado para el cálculo de la posición terrestre. Por este motivo, una solución de compromiso es configurar este ángulo en por lo menos $7,5^\circ$, podemos decir que 10° es una buena solución.

f) **Tipos de Equipos GPS**

La clasificación puede realizarse por múltiples criterios, como por ejemplo en función de la arquitectura (receptores secuenciales, continuos o multiplex), en función del método de funcionamiento (correlación de código o análisis de fase de la portadora), o en función de las aplicaciones a las que se destine.

El criterio que se utiliza para la siguiente división de los equipos GPS es la precisión que pueden alcanzar, así como su aplicación.

- **Navegadores:** Solo reciben datos de código C/A por la portadora L1. Los equipos para navegación son receptores GPS muy sencillos y de bajo

precio. Son equipos que funcionan autónomamente, no necesitan descargar datos para conseguir la precisión menor de los 100 m.

- **GPS sub-métricos:** Son receptores GPS con recepción de las mismas observables que los anteriores. L1 solo código C/A. La gran diferencia con los anteriores es que ya trabajan diferencialmente, es decir, un equipo de referencia, grabando datos continuamente y el equipo móvil tomando los puntos que deseamos levantar ya sea de modo estático o bien cinemático.

- **GPS mono-frecuencia** de código y fase: Estos receptores al igual que los anteriores toman todas sus observables de la portadora L1, pero con la diferencia de que además de tomar medidas de código C/A también realizan medida de fase. También trabajan en modo diferencial, es decir, se necesitan dos receptores tomando medidas simultáneamente, referencia y móvil. La principal ventaja es el aumento de la precisión en el levantamiento de puntos. Con estos equipos se pueden realizar posicionamientos Estáticos, Estático Rápido, Stop&Go, cinemático y también es posible trabajar en Tiempo Real con la precisión que proporciona la medida de código. Las precisiones nominales para estos equipos son $1\text{cm}+2\text{ppm}$, esto nos permite el utilizarlos para aplicaciones Topográficas. Las precisiones que se pueden conseguir oscilan desde los 30 cm. A los 10 m. dependiendo del tipo de equipo que tome los datos y el programa que los procese. Las aplicaciones de estos equipos se encuadran en la cartografía y GIS.

- **GPS doble frecuencia:** Los posicionamientos posibles con estos equipos son: Estático, Estático Rápido, Stop&Go, Cinemático y KOF como métodos de postproceso y además la posibilidad de realizar todos éstos en Tiempo Real. La principal ventaja con respecto a los equipos monofrecuencia con medida de fase es un aumento en la precisión hasta $5\text{mm}+1\text{ppm}$ y sobre todo una enorme disminución en los tiempos de observación. Las aplicaciones de estos equipos abarcan el mundo de la Topografía y la Geodesia. Se trata de los equipos de mayor precisión y son los equipos por excelencia para Topografía y Geodesia. Toman observables de ambas portadoras emitidas por los satélites L1 y L2, realizando medidas de Código C/A y P en L1, de Código P en L2 y medidas de fase en L1 y L2. (Peñafiel y Zaya, 2001).

g) **Tipos de Posicionamiento GPS**

- **Posicionamiento absoluto:** Decimos que un posicionamiento es absoluto, cuando se calcula la posición del punto utilizando las medidas de pseudodistancia ya sea procedentes del código C/A, o código P. Dependiendo del código que utilicemos y de la disponibilidad selectiva obtendremos una precisión que variará de 15 a 100 m. Este tipo de posicionamiento es utilizado por los equipos llamados navegadores. Gracias a los últimos avances tecnológicos, y la desaparición de la disponibilidad selectiva, existen en el mercado receptores que alcanzan precisiones de 3 - 5 m en tiempo real. (Peñafiel y Zaya, 2001)

- **Posicionamiento diferencial:** Llamamos posicionamiento diferencial cuando están involucrados dos o más instrumentos GPS, con el fin de eliminar los errores propios del sistema GPS, calculando los incrementos de coordenadas desde el equipo de referencia al móvil. Este tipo de posicionamiento elimina los siguientes errores: Disponibilidad selectiva (SA), Retardo ionosférico, Retardo troposférico, Error en las efemérides, Error reloj satélite.

h) **Métodos de Posicionamiento**

- **Métodos estáticos**

Estático: Este método se utiliza para distancias largas (por lo general mayores de 20 Km.) y la más alta precisión. Es la medición clásica de líneas bases. Se coloca un receptor en un punto cuyas coordenadas son conocidas con precisión en el sistema de coordenadas WGS84. Este es conocido como el Receptor de Referencia. El otro receptor es colocado en el otro extremo de la línea base y es conocido como el Receptor Móvil. El EMC de este método es alrededor de 3 mm. $\pm 0,5$ ppm. (Peñafiel y Zaya, 2001) (Leica, 1999)

Estático rápido: En los levantamientos Estático Rápidos, se elige un punto de Referencia y uno o más Móviles operan con respecto a él. El

Receptor de Referencia se ubica por lo general sobre un punto conocido y puede ser incluido en los cálculos de los parámetros de transformación. Si no se conoce ningún punto, puede ser ubicado en cualquier lugar de la red. El Receptor (o los Receptores) Móvil (es), serán colocados entonces en cada punto conocido. Los tiempos breves de observación posibilitan una precisión de 5 a 10 mm. \pm 1 ppm. (EMC) (Peñafiel y Zaya, 2001)

Reocupación: Este método se utiliza cuando la situación para la observación no es del todo idónea, es decir, no tenemos 4 satélites como mínimo, o bien, el GDOP es superior al permitido 8. Este método es muy útil cuando el método estático rápido no es posible realizarlo. Se realiza de la misma manera que el estático rápido pero estacionando en el punto dos veces, con una diferencia en el estacionamiento en el punto de una hora. La razón de hacerlo con una hora de diferencia es por que de esta manera aseguramos que vamos a recibir al menos 3 satélites distintos. Lo que hace el software es sumar la información de una y otra observación y lo calcula como si fuese una sola observación. Tiene un EMC línea -base: 5 a 10 mm. + 1 ppm. (Peñafiel y Zaya, 2001)

- **Métodos cinemáticas**

El receptor de referencia se estaciona siempre en posicionamiento estático, el que se mueve es el receptor móvil.

Cinemática: La técnica cinemática se utiliza generalmente para levantamiento de detalle, registro de trayectorias, etc., aunque con la implementación del RTK su popularidad ha disminuido. La técnica involucra un Móvil que se desplaza y cuya posición puede ser calculada en relación con la Referencia. Posee un EMC 1 a 3 cm. + 1 ppm. (Leica, 1999)

- **Stop and Go:** Es un tipo de estacionamiento muy parecido al cinemático, la diferencia principal es que aquí realizaremos una parada para levantar el punto en cuestión, nos detendremos durante 2 épocas (10 segundos por lo normal) almacenaremos la información del punto (nombre atributo, etc.) y seguiremos sin perder señal de los satélites, hacia el siguiente punto. Precisión de línea- base: 1 a 2 cm. + 1 ppm. (EMC) (Peñañiel y Zaya, 2001)

- **RTK (Real Time Kinematic):** Cinemático en Tiempo Real (por sus siglas en inglés Real Time Kinematic). Es un tipo de levantamiento cinemático al vuelo efectuado en tiempo real. La Estación de Referencia tiene un radio enlace conectado y retransmite los datos que recibe de los satélites. El Móvil también tiene un radio enlace y recibe la señal transmitida de la Referencia. Este receptor también recibe los datos de los satélites directamente desde su propia antena. Estos dos conjuntos de datos pueden ser procesados juntos en el Móvil para resolver las ambigüedades y obtener una posición muy precisa en relación con el Receptor de Referencia. Obtención de coordenadas al instante con precisión de 1 cm+2ppm. (Peñañiel y Zaya, 2001)

2.2.3. Fotografía Aérea

La fotografía es un sistema de percepción remota que utiliza la reflexión natural del sol, obtenidas desde un avión o un satélite, presentan variaciones de tono, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie. De estos elementos, las variaciones de tono que se observan en las fotografías aéreas convencionales son las mismas que se ven con los ojos.

La fotografía está limitada a longitudes de ondas ópticas compuestas de las porciones ultravioleta (UV), visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético. La primera y última de estas porciones son recuperables bajo condiciones especiales de películas y filtros. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2005)

La fotografía no puede ser utilizada en cualquier momento y en cualquier condición climática, a igual escala, muestra significativo mayor detalle y proporciona una excelente modalidad estereoscópica para propósitos de interpretación. Tiene la ventaja de ofrecer exposiciones instantáneas de una escena, superior resolución, facilidad de manejo y capacidad estereoscópica.

De todos los sensores, la fotografía aérea ofrece la interpretación más exacta de lo que ve el ojo humano, en términos de respuesta a la longitud de onda, resolución, perspectiva, visión estereoscópica y valores tonales y de color. El fotointerprete familiarizado con las fotografías puede interpretar fácilmente estas escenas. Las fotografías aéreas son probablemente los datos de percepción remota con los cuales el planificador está más familiarizado.

a) **Elementos geométricos de una fotografía aérea.**

- **Distancia focal:** es la distancia medida desde el plano nodal posterior hasta el plano focal imagen. Se denota con la letra f .
- **Distancia principal:** es la distancia comprendida entre el centro de proyección O y el plano del negativo, medido sobre el eje principal. Se denota con la letra H .
- **Punto principal:** es el punto determinado por la proyección ortogonal del centro de proyección sobre el plano del negativo. Se denota con la letra h .

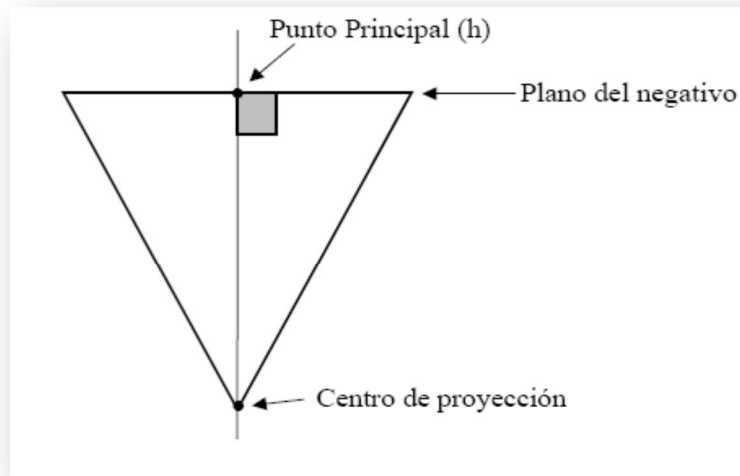


Figura 2. Punto principal.

- Punto nadiral:** es el punto de intersección de la vertical que pasa por el centro de proyección, con el plano del negativo. Se denota con la letra n .

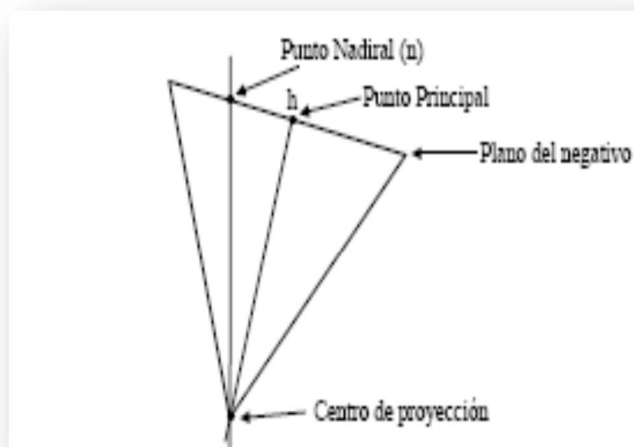


Figura 3. Punto nadiral.

- Punto isocentro:** es el punto de intersección de la bisectriz al ángulo formado por el punto principal, centro de proyección y punto nadiral, con el plano del negativo. Se denota con la letra i . El desplazamiento debido a la inclinación es radial a este punto.



Figura 4. Punto isocentro.

- Eje principal:** es la línea formada por la alineación del centro de proyección y el punto principal.

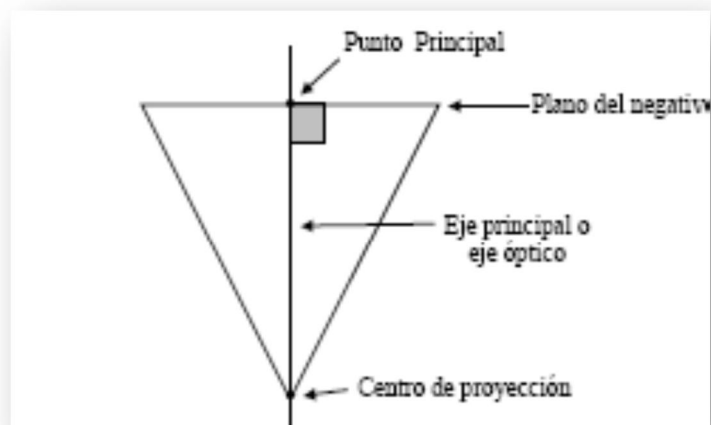


Figura 5. Eje principal.

- **Línea principal:** es la línea formada por la alineación del punto principal, punto isocentro y punto nadiral.

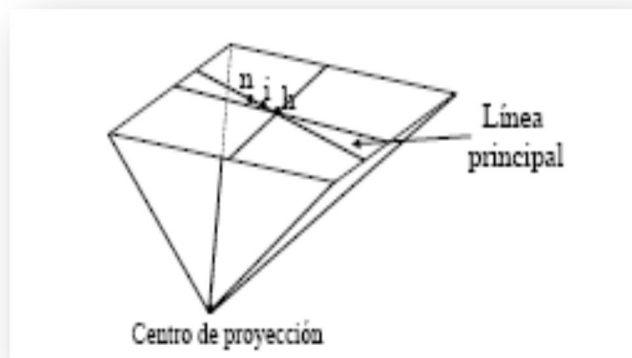


Figura 6. Línea principal.

- **Plano principal:** es el plano formado por la línea principal y el centro de proyección.

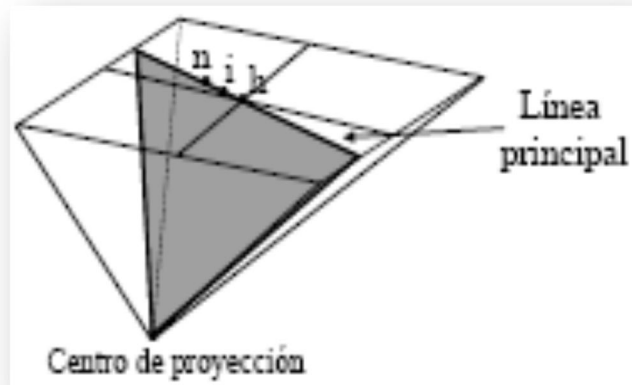


Figura 7. Plano principal.

- **Centro fiducial:** es el punto determinado por la intersección de las líneas que unen marcas fiduciales opuestas.

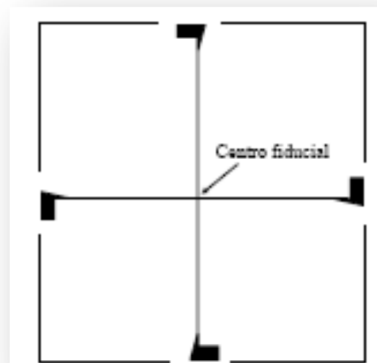


Figura 8. Centro fiducial.

b) **Coordenadas de la fotografía.**

En cámaras equipadas con marcas fiduciales, el sistema de referencia adoptado para obtener coordenadas de la fotografía, es un sistema de ejes rectangulares, donde el eje x se establece en el sentido de la línea de vuelo, y el origen se encuentra en el centro fiducial, que es muy cercano al punto principal. La posición de cualquier imagen de la foto, por ejemplo a , se define entonces por sus coordenadas x_a y y_a .

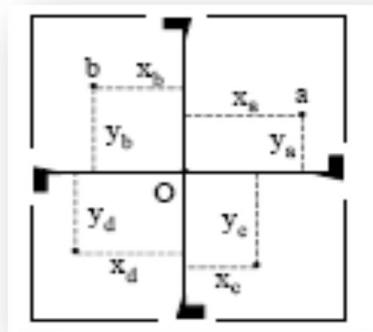


Figura 9. Coordenadas de la fotografía aérea.

c) **Escala de las fotografías.**

Escala es la relación de ampliación o reducción en la proyección de un objeto. En el caso de la fotografía, esta relación significa la reducción

del tamaño que un objeto en el terreno presenta en el negativo. El valor de la reducción del mismo está representado por mb , que es denominado modulo de la escala de la fotografía.

Si tenemos que un objeto en el terreno tiene un tamaño "L", y este tamaño en el negativo es "l", entonces la relación de tamaño está dada por:

$$mb = \frac{L}{l}, \text{ siendo la escala} = \frac{l}{mb}, \text{ es decir, escala} = \frac{l}{L}$$

En el caso de las fotografías aéreas tenemos que la proporción entre el tamaño del objeto es igual a la proporción existente entre la distancia principal (C) y altura de vuelo (Z). Por lo tanto, las expresiones anteriores pueden expresarse de la manera siguiente:

$$mb = \frac{Z}{C}, \text{ siendo la escala} = \frac{l}{mb}, \text{ es decir, escala} = \frac{C}{Z}$$

Para efectos de mayor comodidad, es recomendable hallar el valor de mb , antes que la escala en forma directa, ya que en el primer caso obtendremos un valor entero, mientras que en el segundo una fracción.

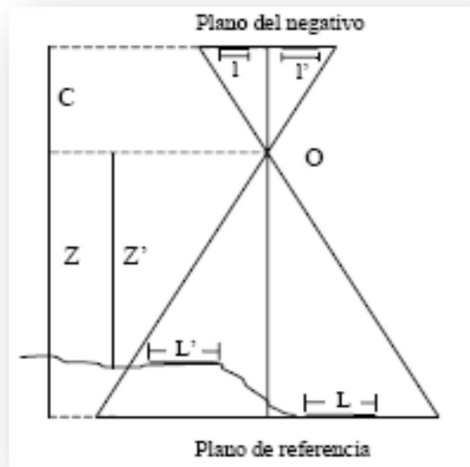


Figura 10. Relación de escala de una fotografía.

En el caso general, de terreno plano, puede considerarse la escala como constante en toda la fotografía. Sin embargo, cuando se tiene el caso de terreno montañoso, la escala es variable en la fotografía, dependiendo de las diferencias de las altitudes existentes. En este caso, se pueden promediar las elevaciones del terreno para obtener así una altura promedio sobre el terreno (Z promedio = Z sobre el nivel medio del mar - h promedio). Otra posibilidad es establecer la altura de vuelo con respecto a una altitud del terreno que sirva de referencia.

En el caso de usar una altura de vuelo promedio, el modulo mb queda de la forma:

$$mb = \frac{Z_{\text{promedio}} - h_{\text{promedio}}}{C}$$

d) **Ventajas de la fotografía aérea.**

- La fotografía aérea proporciona una vista a vuelo de pájaro de extensas áreas, permitiendo de esta manera observar las diferentes características de la superficie de la zona de estudio dentro de su contexto espacial, cosa que es difícil, si no imposible, desde la superficie del terreno. Gracias a la visión global del área, que ofrece la fotografía aérea, cada especialista puede concentrarse en su respectivo campo de trabajo, para extraer la información necesaria aprovechando esta ventaja.

- La fotografía aérea permite registrar la evolución de un proceso dinámico en el tiempo y el espacio, desde eventos tan rápidos como una inundación hasta el estudio del desarrollo urbano.

- Los diferentes tipos de películas fotográficas permiten captar el espectro de longitud de onda desde el ultravioleta (0,3 m) hasta el infrarrojo cercano (0,9 m), extendiendo de esta forma el rango de visión del ser humano (0,4 m a 0,7 m), permitiendo la observación de fenómenos que de otra manera no podrían ser detectados.

e) **Elementos básicos en la interpretación de fotografías aéreas.**

- **Tono:** también conocido como color, se refiere al brillo relativo o color de los elementos en una fotografía, este es, el más básico de los elementos a interpretar, porque sin diferencias de tonalidad, ninguno de los otros elementos se puede reconocer.

- **Tamaño:** el tamaño de un objeto debe ser considerado en el contexto de su escala en la fotografía. La escala ayuda a ubicar los elementos en el mapa.

- **Forma:** se refiere al contorno general del objeto. Figuras geométricas regulares usualmente indican presencia y uso humano. Algunos objetos

pueden ser identificados por las formas básicas de su estructura, por ejemplo, un estadio de fútbol, grandes vías o el Pentágono.

- **Textura:** la impresión de *lisura* o *rugosidad*, de los elementos en una imagen, es causada por la frecuencia de los cambios de tono en una fotografía. Esto ocurre cuando hay grupos de elementos muy pequeños para ser identificados individualmente. Pastos, cemento, y agua, aparecen como *lisos* en las fotografías; las copas de los árboles, en los bosques pueden aparecer *rugosas*.

- **Patrón de llenado:** conocido como *pattern*. Los patrones de comportamiento espacial, formados por los objetos en las fotos, pueden ser diagnosticados. Por ejemplo, si se considera la diferencia entre un área de árboles no cultivados y el espacio formado por las filas de un cultivo de pinos.

- **Sombra:** las sombras le ayudan a los intérpretes a determinar la altura de los objetos en las fotografías aéreas, pero también oscurecen los objetos que se encuentren en ellas.

- **Lugar:** se refiere a la ubicación geográfica o topográfica. Esta característica de las fotografías es especialmente importante en la identificación de tipos de vegetación y formaciones del terreno.

- **Asociación:** algunos objetos siempre se encuentran en asociación con otros objetos. El hecho de que un objeto se observe, indica que su o sus objetos asociados deben estar presentes. Por ejemplo, una planta nuclear, nunca estará en inmediaciones de un área residencial.

f) **Fotointerpretación**

Se trata de la interpretación realizada sobre fotos aéreas verticales, con el propósito de obtener información confiable de los objetos físicos y el medio ambiente con ayuda de los procesos de registro y medición.

Los sistemas de fotogrametría digital emplean software sofisticado para automatizar las tareas asociadas con la fotointerpretación y la fotogrametría convencional, minimizando la interacción manual requerida para realizar labores relacionadas.

Los procesos de fotointerpretación y fotogrametría proporcionan información geográfica como objetos topográficos y mapas de líneas, de una manera confiable y eficiente, produciendo información exacta y precisa. (Morales, 2006)

2.3. GEOMÁTICA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

2.3.1. Definición

El Ordenamiento Territorial tiene su definición más aceptada en la Carta Europea de Ordenación del Territorio la cual dice: "Es la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad, cuyos objetivos fundamentales son el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y, por último, la utilización racional del territorio" (Gómez, 2003)

2.3.2. Características del Ordenamiento Territorial

De acuerdo al INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2006, El Ordenamiento Territorial es una Política de Estado y un Instrumento de Planificación.

Como política de Estado garantiza:

- Una apropiada organización política administrativa de la nación.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- La proyección espacial de las políticas de desarrollo social, económico, ambiental y cultural.
- Un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente.

III. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se describen los procesos metodológicos aplicados en el estudio; tales como la medición, procesamiento, ajuste y análisis de los datos de campo y oficina obtenidos con los diferentes equipos empleados en la presente investigación.

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

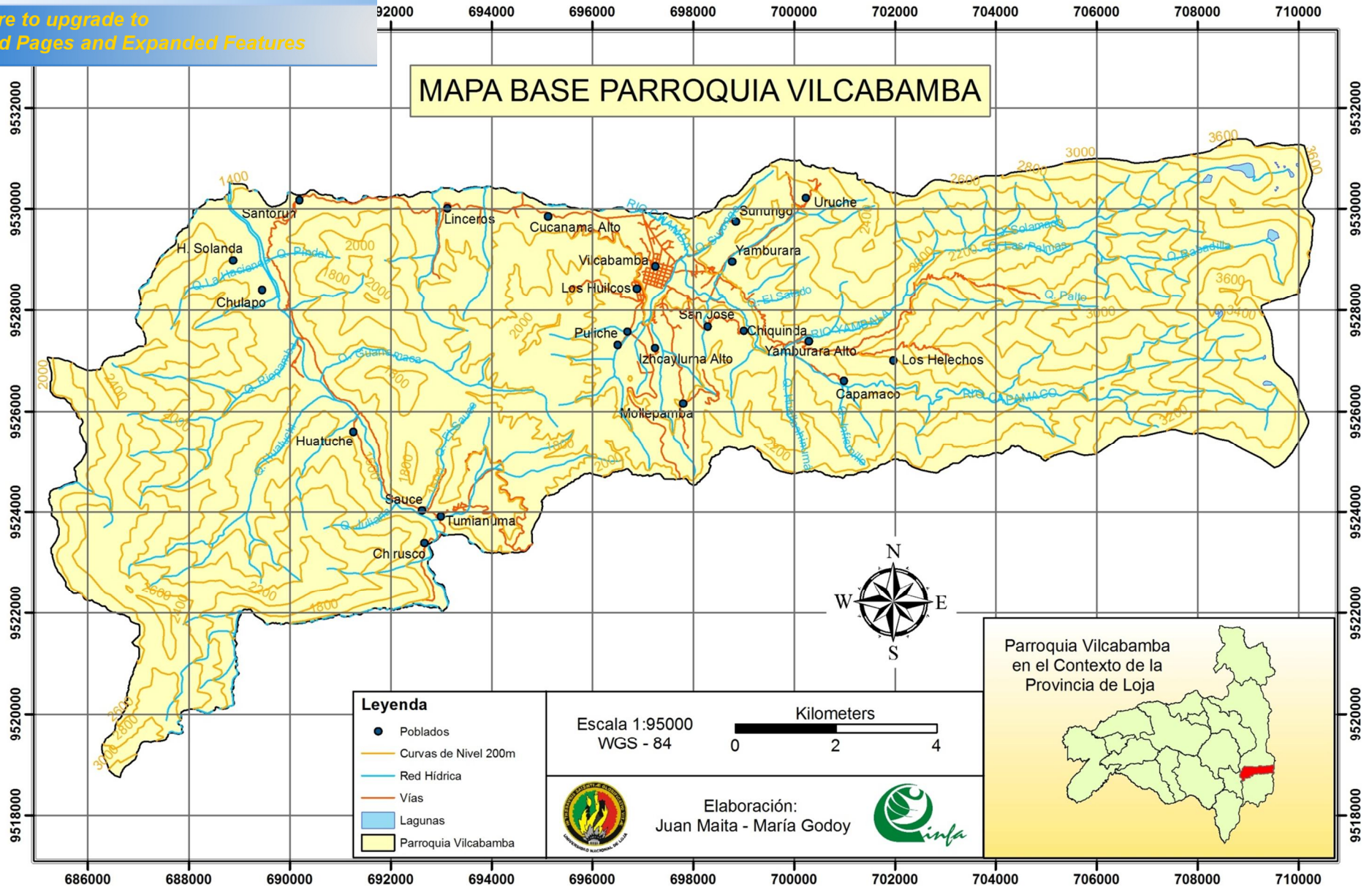
La parroquia de Vilcabamba se encuentra ubicada al sur-orienté de la provincia de Loja a 39,6 km. de la capital provincial. Tiene una superficie de 156,04 km² y una población al 2004, de 3936 habitantes distribuidos en 26 barrios o sectores. Se trata de una parroquia con gran diferencia altitudinal que oscila entre 1400 msnm en la zona del valle, hasta 3760 msnm en la zona de páramo ubicada en el Parque Nacional Podocarpus.

Se enmarca dentro de las siguientes coordenadas (UTM):

Coordenadas N: 9531200 m y 9518800 m.

Coordenadas E: 684400 m y 710900 m.

Los factores climáticos de la parroquia Vilcabamba están caracterizados por una temperatura media anual de 20 °C, un promedio de precipitaciones de 862,5 mm/año y un viento medio anual de 2,4 m/s. (CINFA, 2006)



Mapa 1. Mapa Base de la Parroquia Vilcabamba

4.2.1. Estación Total Electrónica

- *Estación Total marca Trimble, modelo 5600 DR200+*
- *Medición de ángulos:*
Precisión (Desviación típica basada en DIN 18723) 5+ (1,5 mgon)

Compensador de nivelación automática: Compensador de los dos ejes $\pm 6'$ (± 100 mgon)
- *Medición de distancias:*
Prisma, MED de DR Estándar de alta precisión: Valor medio aritmético $\pm (1 \text{ mm.} + 1 \text{ ppm})$, + (0,003 pies + 1 ppm)
- *Tiempo de medición:*
Valor medio aritmético 3.5 s por medición

4.2.2. GPS de Precisión

- *Receptor GPS ASHTECH, modelo ProMark2*
- *Rastreo de Satélites*
12 canales independientes

10 código L1 C/A y portadora de longitud de onda completa.

Rastreo Satelital WASS / EGNOS.
- *Funcionamiento de Medición Estática(rms)*
Horizontal: 5 milímetros + 1ppm

Vertical: 10 milímetros +2 ppm

Acimut <1m arcosegundos.

de Observación: de 20 a 60 minutos dependiendo de
la distancia entre los receptores.

- *Funcionamiento de Medición Cinemático*
Horizontal: 12 milímetros + 2.5ppm

Vertical: 15 milímetros +2.5 ppm

Tiempo de Observación: de 20 a 30 segundos
- *Funcionamiento de Tiempo Real con WASS*
Horizontal: 3-5 m

Vertical: 6-10m

Tiempo de observación: 1 segundo.

4.2.3. GPS Navegador

GPS Navegador ASHTECH, modelo ProMarck2

Funcionamiento de Tiempo Real con WASS

Precisión Horizontal: 3-5 m

Precisión Vertical: 6-10m

Tiempo de observación: 1 segundo.

4.2.4. Ortofoto Aérea

Ortofoto digital aérea

Escala inicial de fotografía aérea 1:60000

Escaneada mediante métodos fotogramétricos

Ampliada a escala 1:12000

Además se utilizó:

- Cartas topográficas IGM escala 1:50000
- Mapa Base
- Computadoras
- Software SIG (ArcView 3.2, ArcGis 9.2, Erdas Imagine 9.1)
- Cámara fotográfica
- Vehículo

3.3. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS MÁS ACTUALES QUE LA TECNOLOGÍA PROVEE PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS.

La recopilación y análisis de información de equipos topográficos y percepción remota, se realizó tomando como referencia varios criterios como: precisión, utilidades, características de campo, facilidad de uso, etc., que brinda cada uno de los equipos para diferentes estudios.

Se recopiló información de las empresas fabricantes y exportadoras, se la realizó en dos niveles diferentes. La primera a nivel mundial a través de la investigación consulta de páginas Web en el Internet de las empresas fabricantes de equipos y materiales topográficos, posicionamiento global y percepción remota, con sus diferentes marcas y país que los exporta. En un segundo nivel se realizó una investigación a las empresas importadoras a nivel nacional de los equipos disponibles anteriormente, mencionado en sus diferentes marcas.

PARA EL SEGUNDO OBJETIVO: DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE CUATRO TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE SUPERFICIES.

Para la determinación de la precisión se tomó en cuenta cuatro equipos con sus diferentes técnicas, que son: GPS navegador, GPS de precisión, estación total y fotografía aérea, seleccionando un área de estudio para aplicar las cuatro técnicas mencionadas.

4.4.1. Elección de la Zona de Actuación

La parte experimental del proyecto se realizó en la parroquia de Vilcabamba que posee de una superficie de 156.04 km², se utilizó la información del deslinde predial que realizó el CINFA dentro del proyecto denominado "Laboración de un Sistema de Información Catastral Multifinalitario para la parroquia Vilcabamba, Cantón Loja", ejecutado en el año 2006, en convenio con la Universidad Santiago de Compostela y financiado por la Xunta de Galicia.

4.4.2. Diseño Experimental

Con el fin de seleccionar las parcelas donde se realizó la investigación, se aplicó el modelo estadístico de Muestreo Estratificado Aleatorio, tomando como variable el área de las parcelas.

Del número total de parcelas que tiene la parroquia, se procedió a dividir en cinco estratos de acuerdo a su área, luego se seleccionó tres parcelas por cada estrato, donde se aplicó las cuatro técnicas de medición realizadas en el presente estudio, la selección se la realizó tomando en cuenta factores como pendientes, accesibilidad, número de vértices, cobertura de suelo, entre otros. En cada uno de los vértices se aplicaron los tres métodos de campo a la vez.

población de parcelas de la parroquia.

Estrato	Área (ha)	Parcelas Totales de la Parroquia	Parcelas Seleccionadas por Estrato
1	0,000 . 2,999	1197	3
2	3,000 . 5,999	94	3
3	6,000 . 8,999	36	3

4.4.3. Metodología de Medición con Estación Total

Para la medición con este método, se proyectó dos puntos de control cercanos a cada una de las parcelas a medir, para esto se utilizó el GPS de precisión L1 con el método de medición Estático, enlazados a un punto de control geodésico del Instituto Geográfico Militar (IGM), ubicado en las instalaciones de Vilcagua.

Conocidas las coordenadas planas de los dos puntos de control, en el primero se colocó la estación total, y en el segundo el jalón con el prisma que se lo usó como punto de referencia para poder encerar la estación total.

Una vez encerada la estación total se procedió a la medición en cada uno de los vértices o cambios de dirección de la parcela, donde se usó la técnica de medición $\frac{\text{tiempo de vuelo}}{2}$, donde el instrumento calculó el tiempo en que un impulso muy corto transmitido tarda en desplazarse al objeto (reflector) y en volver, promediando varios impulsos y determinando la forma de impulso antes de calcular el tiempo de transmisión.

En los sitios de la parcela donde no fue posible obtener línea de vista para medir los vértices, se proyectó puntos auxiliares de control (PI) con la estación total, seguido se enceró y midió los vértices faltantes de la parcela. Este

una vez que no se obtuvo una línea de vista clara y confiable para medir todos los vértices de la parcela.

4.4.4. Metodología de Medición con GPS Diferencial L1 (GPS de Precisión PROMARK2)

En el planeamiento de la medición, primeramente se diseñó la red de trabajo y el plan de observación. Cada uno de ellos se detalla a continuación.

a) Diseño de la red de trabajo

- **Selección de puntos de control horizontal y vertical existentes:** Se seleccionó dos puntos de control existentes en la parroquia de Vilcabamba, establecidos por el IGM. El primer punto es de tipo satelital, ubicado en las coordenadas N: 9530126.23 m. y coordenadas E: 697178.35 m., a una altitud de 1530 msnm, establecido en el año 2000 por el Proyecto Podocarpus. El segundo punto es de tipo geodésico, ubicado en las coordenadas N: 9529213.54 m. y coordenadas E: 697527 m., a una altitud de 1550 msnm, establecido en el año 1965 por el Proyecto Carta Nacional. Además se utilizó los puntos de control establecidos en el Proyecto "Elaboración de un Sistema de Información Catastral multifuncional para la parroquia Vilcabamba, Cantón Loja", ejecutado por el CINFA en el año 2006.

- **Establecimiento de nuevos puntos de control:** Una vez seleccionados los puntos de control existentes, se estableció con el GPS diferencial (L1) nuevos puntos de control cercanos a las parcelas para la toma de datos. El método utilizado fue el Estático, que consistió en colocar un GPS base en cada uno de los puntos de control del IGM. El primero se ubicó en Vilcagua, el segundo en el puente de río Vilcabamba, y un tercer GPS base en el punto de interés para la medición de cada parcela. Los tres GPS se inicializaron en modo de

tancia de observación de +20 Km. que en la mayoría de los casos se alcanzó en un tiempo de observación de una hora.

b) **Instalación del GPS base y móvil:** Primero se realizó la unión de la antena GPS y la Barra de extensión vertical, luego se ensambló al adaptador para base nivelante. Estos tres componentes unidos se instalaron en el trípode/base nivelante sobre el punto de medición.

Posteriormente se montó el receptor (ProMark2) en la abrazadera de terreno, para adaptarlo al trípode, luego se atornilló un extremo del conector del cable en la antena GPS, y el otro extremo en la parte trasera del receptor realizando una ligera presión. Finalmente se niveló el GPS base con la ayuda del nivel de burbuja de agua.

Para la instalación del GPS móvil primero se ajustó la antena en la barra de inicialización, segundo se conectó el cable en un extremo de la antena y el otro en la parte posterior del receptor.

c) **Medición Stop and Go:** En este tipo de Medición, el GPS base se lo inicializó primero en modo Estático, y luego se inicializo el GPS móvil en modo Stop and Go, con un tiempo de recepción de cinco minutos. Una vez conectados los dos GPS, el tiempo de recolección de datos para la medición del GPS móvil se cambió a 40 segundos para la toma de datos de la parcela.

El GPS base permaneció estacionado en un punto de control durante la toma de datos, mientras que el GPS móvil se lo utilizó para la medición de los vértices de la parcela.

d) **Transferencia de archivos de datos desde el receptor:** Se agregó directamente desde el receptor GPS, transfiriendo y adicionando los

mediante el módulo de Transferencia de datos (Ashtech Solutions).

- **Procesamiento de datos:** Los datos crudos que tomó el receptor fueron procesados para determinar la relación diferencial entre las estaciones ocupadas durante la toma de datos. El resultado del procesamiento de estos datos crudos GPS finalizó en un vector definiendo esta relación. El cálculo de estos vectores se lo realizó mediante el módulo de Procesamiento de Datos (Ashtech Solutions).

El módulo de Procesamiento de Datos analizó automáticamente la calidad de los archivos de datos crudos y ajustó los parámetros de procesamiento para producir el mejor vector posible.

Los datos GPS fueron procesados en tres pasos:

Análisis de datos de pre-proceso: En este proceso se verificaron y/o registraron las propiedades de estación y observaciones; tales como: identificadores de estación, parámetros de altura de antena e información de control.

Procesamiento: El motor de procesamiento generó vectores GPS de los datos crudos tomados.

Análisis de datos de post-proceso: Los vectores GPS procesados se analizaron utilizando las herramientas de análisis proporcionadas, para determinar la calidad de los datos procesados, esto se realizó mediante el indicador QA, el tipo de solución y los márgenes de errores de los vectores.

e: El ajuste del proyecto de mediciones se realizó mediante el módulo de Ajuste del Software Ashtech Solutions, con el objetivo de obtener resultados fiables y acertados. El ajuste de red se realizó para lograr dos resultados: examinar los márgenes de error y los errores en las observaciones (vectores entre puntos en nuestro caso); y calcular las coordenadas finales para los puntos de medición, los cuales fueron compatibles con los puntos de control usados.

El proceso de ajuste se lo realizó después de haber procesado los datos crudos, y estar seguros de que no existen errores notables en los resultados procesados.

El ajuste se lo realizó en dos fases. Primero, el ajuste mínimamente restringido, que se usó para detectar problemas en las observaciones y coordenadas de control. Una vez seguros que no existen errores, se procedió a la segunda etapa, el ajuste restringido, donde el programa mantuvo fijos todos los puntos de control y los reajustó para obtener las posiciones finales de los puntos y sus precisiones. Las precisiones relativas al par final de las estaciones se compararon con la especificación de precisión indicada en la ficha de Misceláneos, de la ventana de Parámetros del Proyecto

Las precisiones relativas al par final de estaciones fueron comparadas con la especificación de precisión indicada en los Parámetros del Proyecto.

Cuadro 2. Descripción de la Ficha Análisis de Ajuste

Componente	Descripción
Desde- Hacia	Identificador de Vector. Es de formato xxxx . yyyy, donde xxxx e yyyy son identificadores de estaciones.
Observado	El mes, día y hora para el vector.

	<p>el</p> <p>Test Tau, sino se muestra el campo en blanco.</p>
Delta X/Delta Este	El vector componente ajustado en la dirección x, Este.
Res. Estd.	El residuo del vector componente ajustado.
Delta Y/Delta Norte	El componente de vector en dirección y, Norte.
Res. Estd.	El residuo del vector componente ajustado.
Delta Z/Delta de Elevación	El componente de vector ajustado en la dirección z, vertical.
Res. Estd.	El residuo del vector componente ajustado.
Longitud	La distancia espacial del vector en el sistema de unidad lineal seleccionado en los Parámetros de Proyecto.
Res. Estd.	La longitud del residuo del vector ajustado.

f) **Análisis de post-ajuste:** Debido a las limitaciones de los instrumentos de medición y la influencia de los operadores de los instrumentos, los vectores medidos pudieron presentar algún nivel de error.

El ajuste de mínimos cuadrados de ocupaciones de medición (ángulos, distancias, diferencias de elevación, vectores GPS) fue uno de los pasos más importantes de la medición GPS. Los propósitos principales para desarrollar un ajuste de mínimos cuadrados fueron: 1) Localizar equivocaciones en el juego de datos, 2) calcular la mejor posición para todos los puntos en la medición y 3) determinar la precisión de los puntos establecidos nuevamente.

componentes primarios del ajuste de mínimos cuadrados son las ocupaciones de medición (ángulos, distancias, diferencias de elevación y, en algunos casos, vectores GPS) y los niveles de error (confianza) asociados a estas ocupaciones.

Las herramientas de análisis de ajuste que se usó, se encuentran dentro de dos categorías principales: herramientas de detección de errores y herramientas para el análisis de calidad.

- **Herramientas de detección de errores**

Estas herramientas asistieron en la determinación de la existencia de errores en cualquiera de las ocupaciones usadas en el ajuste, o de la existencia de problemas en la construcción de la red que pudieron impedir el desarrollo de un ajuste. Cada herramienta es presentada en detalle a continuación.

Test de conectividad de red: Esta herramienta se usó para analizar si en un set completo de datos de ocupaciones, todas las partes del set de datos estuvieron conectadas. Los tests de conectividad de red examinaron los set de datos antes del ajuste, para determinar si existieron sub-sets del set de los datos establecido, que no estén conectados por las ocupaciones.

Varianza del peso unitario sobre el Error estándar del peso unitario: La varianza del Peso Unitario y el Error Estándar del Peso Unitario (la raíz cuadrada de la Varianza del Peso Unitario) verificó la relación entre los márgenes de error asignados a las ocupaciones y la magnitud de cambio requerido para cada ocupación (residuos) en el ajuste. La varianza de la Peso Unitario y el Error Estándar del Peso Unitario midió la magnitud de los cambios de ocupación (residuos) comparados a los márgenes de error de las ocupaciones para la red completa. Una Varianza del Peso Unitario igual a 1, indicó un balance entre los residuos de ocupación y las incertidumbres en la ocupación.

Test chi-cuadrado: El test Chi-Cuadrado es un test estadístico que evaluó el valor calculado de la Varianza del Peso Unitario. Su propósito fue determinar si el valor calculado para la Varianza del Peso Unitario es estadísticamente igual a 1. Si el test es satisfactorio, el valor calculado es considerado equivalente a 1.

Residuos de ocupación: El ajuste de mínimos cuadrados, aplicó pequeñas correcciones a las ocupaciones para obtener una única solución para todos los puntos. Estas pequeñas correcciones son llamadas residuos. Las ocupaciones GPS tuvieron 3 residuos, uno para cada componente del vector (X, Y, Z, o N, E, U). Ashtech Solutions mostró una salida de los residuos para todas las ocupaciones. El examen del tamaño de los residuos de las ocupaciones ayudó a identificar márgenes de error en las ocupaciones usadas en el ajuste. Los márgenes de error identificados fueron eliminados del set de datos, y el ajuste ejecutado nuevamente.

Test tau: El Test Tau fue automáticamente desarrollado por el módulo de ajuste de Ashtech Solutions. Cada residuo fue probado y el resultado de la prueba final fue presentado junto con los residuos de cada ocupación. El Test Tau examinó los residuos de una ocupación y determinó si estadísticamente el residuo se encontró dentro de los límites esperados.

Análisis de cierre del circuito: Esta herramienta se usó para analizar el cierre de circuito de la red de medición. El vector(es) problema fueron aislados, para ser examinados y reparados, o eliminados.

Análisis de vector repetido: Esta herramienta se la utilizó para identificar errores si un problema se origina con una de las ocupaciones repetidas. Ashtech Solutions automáticamente desarrollo un análisis de todos los vectores repetidos en la red. Todos los vectores repetidos fueron comparados unos

Las ocupaciones fueron presentadas para el análisis. En suma, las diferencias resultantes entre las ocupaciones repetidas fueron comparadas a las especificaciones de precisión relativas, definidas para el estudio.

- **Herramientas de análisis de calidad**

En el módulo de ajuste se utilizó para determinar la calidad general de un ajuste. Las herramientas asistieron en la calificación de la precisión lograda de la red de medición. La metodología de cada herramienta de describe a continuación.

Error relativo: El error relativo proporcionó un estimado de los niveles de error en la precisión relativa de dos puntos ajustados (par de estaciones) ambos en posición horizontal y vertical. El error vertical relativo de un par de estaciones es unidimensional, razón por la que fue representado por un número. El error horizontal relativo de un par de estaciones es bi-dimensional, y es representado por dos números los cuales definen una región en el plano horizontal.

El módulo de ajuste calculó y presentó el error relativo entre todos los pares de estaciones vinculados por una ocupación directa (vector GPS). Se examinó los errores relativos horizontal y vertical, luego se observaron sus magnitudes y específicamente se compararon los valores de error relativos para los pares de locación que tenían distancias similares entre ellos. Los pares de estaciones con distancias similares deberían también tener errores relativos similares. Si uno de los pares tenía un error relativo significativamente mayor que los otros, esto podría indicar un problema con una de las ocupaciones de estos puntos, o la falta de suficientes datos para posicionar confiablemente uno de estos puntos.

Precisión relativa: Se refiere a la precisión relativa entre los puntos nuevamente establecidos. En la determinación de la precisión relativa lograda de una medición, el módulo de ajuste calculó y presentó la precisión relativa entre todos los pares de locación vinculados por una ocupación directa (vector GPS).

El análisis de la precisión relativa se realizó en base a las siguientes reglas: a) Si todos los pares de estaciones tenían una precisión relativa que excedió aquella de la especificación, la medición reunió la precisión requerida. b) Si alguno de los pares de estaciones tenían una precisión relativa por debajo de la especificación de precisión requerida, la ocupación entre el par de puntos necesitó ser examinado para determinar si se puede hacer algo para mejorar la precisión relativa.

Test QA para el par de estaciones: En el programa se ingresó la especificación de precisión relativa deseada para cada medición. De esta especificación de precisión relativa, un máximo error permitido el programa calculó para cada par de estaciones basado en la distancia entre las dos ubicaciones. Este error máximo permitido se comparó con el error relativo calculado para el par de estaciones. Si el error relativo resultó menor que el error permitido, el par de estaciones alcanzó la especificación de precisión relativa de la medición.

El programa automáticamente examinó cada par de estaciones y determinó si la precisión relativa del par de estaciones reunió la precisión relativa requerida de la medición. Esta prueba se denomina Test QA del Par de Estaciones.

Márgenes de error: Uno de los productos del ajuste de mínimos cuadrados fue la estimación del error asociado con cada ocupación ajustada (vector GPS) y cada parámetro ajustado (puntos GPS). Estos márgenes de error se examinaron para determinar la calidad del ajuste final y también indicar las áreas problema en el ajuste.

El programa calculó y mostró márgenes de error para todas las ocupaciones y los parámetros ajustados. Estos márgenes de error se presentaron en dos niveles de confianza: error estándar y error 95%. El error estándar definió una región de error dentro de la cual existió un 68% de probabilidades de que el valor verdadero de la ocupación o parámetro sea falso. Un error de 95% definió una región dentro de la cual existió un 95% de probabilidades de que el valor verdadero de la ocupación o parámetro sea falso. Los márgenes de error son presentados en ambos marcos de referencia vertical y horizontal. Vectores de similar longitud deben tener similares márgenes de error.

g) **Exportación de datos**

La exportación de datos se lo realizó en formato ASCII, de exportaciones personalizadas de Ashtech Solutions. Adicionalmente se exportó información del proyecto en los siguientes formatos pre-definidos: Archivo Ashtech Tipo O-file, Archivo de coordenadas TDS (*.cr5), y Archivos Bluebook NSG (tipo B-file y tipo G-file)

4.4.5. Metodología de Medición con GPS Navegador Absoluto (GPS Navegador PROMARK2)

Este tipo de medición se lo realizó tomando en campo los datos de coordenadas geográficas de cada uno de los vértices que definan el perímetro del polígono de las parcelas, con un tiempo de observación de 40 segundos en cada punto.

4.4.6. Metodología de Medición por Digitalización de Ortofoto

El cálculo de superficies de los polígonos, se realizó mediante la digitalización en pantalla de una fotografía aérea digital del año 2003, en formato *.img, la cual comprende en su totalidad la Parroquia de Vilcabamba. A continuación se detalla la metodología empleada:

a) **Diseño de la red geodésica:** Se identificó en la fotografía aérea digital los sitios donde era posible observar con detalle los nueve puntos de control, los cuales se ubicaron en los extremos de la fotografía de manera homogénea. Seguidamente se seleccionó dos puntos geodésicos establecidos por el IGM en la Parroquia de Vilcabamba, el primer punto de tipo satelitario, ubicado en las coordenadas E: 697178.35 y N: 9530126.23, a una altitud de 1530 msnm, establecido en el año 2000 por el Proyecto Podocarpus. El segundo punto de tipo geodésico, ubicado en las coordenadas E: 697527 y N: 9529213.54, a una altitud de 1550 msnm, establecido en el año 1965 por el Proyecto Carta Nacional.

b) **Toma de puntos de control:** para la obtención de datos de cada nuevo punto de control, se ubicó una estación base (GPS de Precisión L1) en cada uno de los dos puntos geodésicos establecidos por el IGM, y otro en el sitio del nuevo punto de control a medir. Todas las estaciones bases se configuraron en modo de medición Estático y una distancia de observación de +20 km.

Luego los datos de los GPS's de Precisión se procesaron y ajustaron con el Software (Ashtech Solution), obteniendo las coordenadas geográficas de cada uno de los nueve puntos de control.

c) **Elaboración de la ortofoto:** se elaboró la ortorectificación de la fotografía aérea utilizando el programa Erdas Imagine 9.1. En este programa se añadió información de forma sistemática en el siguiente orden: 1) las propiedades del modelo de la cámara fotogramétrica, 2) la edición de las marcas fiduciales, 3) las coordenadas de la película fotogramétrica, 4) la proyección WGS 84, 5) el GeoModel donde se utilizó el Modelo de Elevación Digital (MDT) cada 40

lculadas de los puntos de control y el cálculo del Error RMS, 7) el método de remuestreo de la imagen, donde se utilizó el método de Convolucion Cúbica, el cual a cada celdilla de la imagen corregida se le asignó como ND (número digital) la media de los ND de las dieciséis celdillas de la imagen original que estén más cerca. Este método es una media ponderada en función de la distancia del pixel original al corregido, con este procedimiento de logró suavizar las transiciones lineales y mejorar el aspecto visual. 8) finalmente el programa realiza el remuestreo de la imagen para obtener fotografía ortorectificada.

d) **Digitalización:** una vez obtenida la fotografía ortorectificada, se utilizó los programas SIG ArcView 3.2 y ArcGis mediante el módulo Imagine Analysis de dichos programas para poder importar y desplegar la ortofoto en pantalla.

Se procedió a digitalizar el polígono de cada parcela en la pantalla con ayuda del mouse, por lo cual se utilizó un nivel de zoom variable, adaptado a las necesidades de cada momento y a las preferencias del operador. Dada la propiedad de resolución de la ortofoto de 0,50 m/pixel, el rango de visualización en su mayor parte estuvo comprendido entre 1:1000 y 1:500. Las líneas de división entre parcelas en la ortofoto digital quedaron definidas por el diferente contraste radiométrico existente entre una parcela y otra.

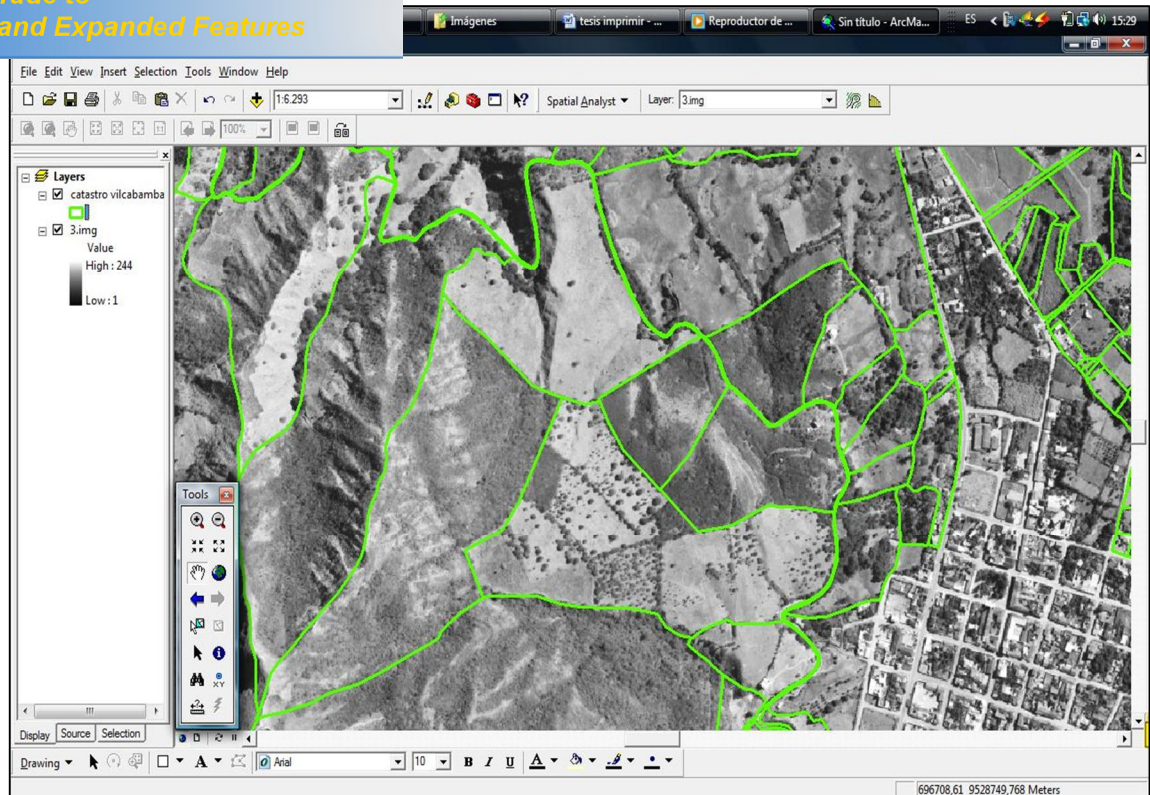


Figura 11. Digitalización de polígonos.

Finalmente cada polígono fue exportado en un *shape* diferente, donde se calculó el área y las coordenadas de los vértices del polígono de parcela con la ayuda de las extensiones *Xtools* y *Coordinates Tool Box* respetivamente.

4.4.7. Cálculo de Errores de Medición

Se analizó estadísticamente los resultados de la fase experimental, lo cual comprendió aspectos referentes a la digitalización de ortofotos digitales en pantalla y levantamientos topográficos de campo con los diferentes métodos y equipos anteriormente mencionados.

Tras la fase experimental, se contó con gran cantidad de datos e información que fue preciso analizarlo para llegar a conclusiones fiables.

a) **Error superficial absoluto (ESA):** En una parcela, se puntualizó la diferencia entre la superficie obtenida por digitalización en pantalla, GPS absoluto, GPS diferencial con la superficie obtenida con la estación total. Se expresó en m²

$$\text{Error superficial absoluto} = \text{Superficie por digitalización} - \text{Superficie por estación total}$$

$$\text{Error superficial absoluto} = \text{Superficie GPS absoluto} - \text{Superficie por estación total}$$

$$\text{Error superficial absoluto} = \text{Superficie GPS diferencial} - \text{Superficie por estación total}$$

b) **Error superficial relativo (ESR):** Se definió la relación entre el error superficial absoluto y la superficie calculada por estación total, expresada en porcentaje.

$$\text{Error superficial relativo (\%)} = \frac{\text{Superficie por digitalización} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Superficie por estación total}} \times 100$$

$$\text{Error superficial relativo (\%)} = \frac{\text{Superficie GPS absoluto} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Superficie por estación total}} \times 100$$

$$\text{Error superficial relativo (\%)} = \frac{\text{Superficie GPS diferencial} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Superficie por estación total}} \times 100$$

c) **Error superficial relativo medio (ESRM):** Este valor expresó el error superficial relativo del polígono completo de parcelas, sin

luales. En definitiva trató de la media de los errores superficiales relativos considerando el signo.

$$\text{Error superficial relativo medio} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por digitalización}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\text{Error superficial relativo medio} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por GPS absoluto}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\text{Error superficial relativo medio} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por GPS diferencial}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

d) **Valor absoluto del error superficial relativo (VAESR):**

Este valor expresó el error superficial relativo, independiente del signo. Cuando se tiene un conjunto de parcelas, cada una con un error superficial relativo y se quiere tener referencia del error superficial relativo medio del conjunto de parcelas, es mucho más significativo considerar los valores absolutos de los citados errores. La media de estos valores absolutos, representó el error superficial relativo medio por exceso o por defecto del conjunto de parcelas considerado.

La media de los valores absolutos de los errores superficiales relativos, se expresó como:

$$\text{Error superficial relativo medio de los valores absolutos} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{|\text{Superficie por digitalización}_i - \text{Superficie por estación total}_i|}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\text{Error superficial relativo medio de los valores absolutos} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{|\text{Superficie por GPS diferencial}_i - \text{Superficie por estación total}_i|}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por GPS absoluto}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Superficie por estación total}_i} \right]$$

e) **Índice del error superficial de lindero (IESL) o índice de indeterminación de lindero (IIL):** Los errores anteriormente descritos tienen en cuenta toda la superficie de la parcela en todo su conjunto. En una parcela existe una gran parte de su superficie coincidente entre la superficie calculada por GPS absoluto, GPS diferencial, digitalización en pantalla y la superficie calculada con estación total. Tan solo una pequeña banda de terreno en torno a los límites de la parcela es en la que se producen los errores y la que determina el error final absoluto.

En el Índice del Error Superficial del Lindero, se relacionó el error superficial absoluto de una parcela, con su perímetro. Así para una parcela determinada, este parámetro se expresó como:

$$\text{Índice del Error Superficial del Lindero} = \frac{\text{Superficie por digitalización} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Perímetro de la Superficie por estación total}}$$

$$\text{Índice del Error Superficial del Lindero} = \frac{\text{Superficie GPS absoluto} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Perímetro de la Superficie por estación total}}$$

$$\text{Índice del Error Superficial del Lindero} = \frac{\text{Superficie GPS diferencial} - \text{Superficie por estación total}}{\text{Perímetro de la Superficie por estación total}}$$

Este índice quedó expresado en metros lineales y viene a representar la distancia en metros que define la imprecisión o indeterminación del lindero como consecuencia de errores con digitalización en pantalla, GPS absoluto, y GPS diferencial.

f) **Índice medio del Error Superficial de Lindero (ImESL):** Al considerar el IESL para un conjunto de parcelas, vuelven a surgir las mismas

es superficiales relativos. Se pudo obtener un *ImESL* con o sin considerar los signos. La ventaja de considerar los signos es que se podrán ver tendencias hacia uno u otro lado y estudiar las causas que las provocan.

$$\text{Índice Medio de Indeterminación del Lindero} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por digitalización}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Perímetro de Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\text{Índice Medio de Indeterminación del Lindero} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por GPS absoluto}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Perímetro de Superficie por estación total}_i} \right]$$

$$\text{Índice Medio de Indeterminación del Lindero} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie por GPS diferencial}_i - \text{Superficie por estación total}_i}{\text{Perímetro de Superficie por estación total}_i} \right]$$

4.4.8. Análisis Estadístico

Se analizó estadísticamente los resultados de la fase experimental de la tesis, la cual comprende diversos aspectos referentes a la digitalización de ortofotos digitales en pantalla, levantamiento de información con Estación Total, GPS Diferencial, GPS Absoluto.

Tras la fase experimental, se contó con gran cantidad de información que es preciso analizar si se quiere llegar a conclusiones fiables. Se aplicó a estos datos los métodos estadísticos más apropiados, desde los puramente descriptivos (media, varianza, etc.), hasta otros más complejos que pongan de manifiesto la significación de las diferencias encontradas entre las variables.

Para cada uno de los análisis estadístico, hubo una fase de obtención de datos, una preparación previa para su integración, donde se hizo una

propiamente dicho y una última fase de extracción de los resultados más significativos.

La base fundamental del trabajo consistió en analizar los errores superficiales, tanto absolutos como relativos, generados por los distintos métodos y/o materiales utilizados.

Se potenció la inclusión de gráficos descriptivos para la representación de las distribuciones estadísticas de las variables, de forma que los resultados sean más comprensibles.

3.5. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO: ANALISIS DE LOS ERRORES MÁS COMUNES Y RECOMENDAR LAS TÉCNICAS MÁS ADECUADAS A LOS NIVELES DE LEVANTAMIENTO DE DATOS.

Se investigó y recopiló información de los niveles de precisión que se requieren para el diseño y construcción de estudios en diferentes campos de la protección, conservación, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales como: hidrológicos, silvopastoriles, forestales, impacto ambientales, agrícolas, etc.

Una vez conocidas los niveles de precisión requeridos por los diferentes estudios, se recomendó el uso de los equipos y métodos utilizados en la presente tesis de acuerdo a los resultados de precisión obtenidos por cada uno de ellos.

PARA EL CUARTO OBJETIVO: DIFUNDIR LA METODOLOGIA Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.

Para dar cumplimiento a éste objetivo se recopiló los resultados que se obtuvieron al final del estudio, la que nos permitió elaborar un informe final, el mismo que se entrega una copia a la secretaría del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, para conocimiento por parte de interesados. Además se socializó a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente y de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, dando a conocer los resultados encontrados en el estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación corresponde a los objetivos planteados en el orden siguiente: a) Análisis de los equipos más actuales que la tecnología provee para el levantamiento de datos, b) Determinar la precisión de cuatro técnicas de medición de superficies, c) Analizar los errores más comunes y recomendar las técnicas más adecuadas a los niveles de levantamiento de datos.

4.1. RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO: ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS MÁS ACTUALES QUE LA TECNOLOGÍA PROVEE PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS.

Los equipos que la tecnología provee, son muy numerosos y cada vez alcanzan mayor precisión, satisfaciendo las necesidades del hombre. A

unos de ellos que las empresas de geodesia y teledetección generan:

4.1.1. GPS Navegadores

Es un dispositivo que nos muestra la posición en el mapa en cualquier país o parte del mundo que funciona mediante satélites, ya que se conecta a 3 satélites o más y es posible triangular la posición y calcular la latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar en la que nos encontramos. Asimismo, si el GPS se conecta a 4 o más satélites, no obstante, entre más satélites sea capaz de recibir, mayor será la precisión. La gran mayoría de GPS del mercado son de 12 canales (12 satélites simultáneos).

Además es un sistema portátil que combinan las funciones de navegación y posicionamiento que le permite describir las entidades representadas y luego dar formato a los datos y enviarlos a un software de descripción de entidades para permitir la recogida de datos SIG sobre el terreno y la visualización y exportación de los mismos. Ofrecen una solución de fácil utilización y puesta en práctica para la cartografía general y para la gestión de bienes.

a) **GPSMAP 76CSgX Æ 60CSX GARMIN**



- Nuevo receptor ultrasensible de gran precisión y rápida captación de satélites.
- Provee ubicación exacta bajo los follajes más densos y en las condiciones climáticas más difíciles.
- Datos de posicionamiento extremadamente precisos de hasta 2 metros en tiempo real.
- Memoria extraíble (microsd) gran facilidad para ampliar la capacidad de memoria de mapas del GPS.

b) **ETREX VISTA HCX, ETREX VENTURE® HC Y ETREX LEGEND GARMIN**



- Pantalla a color TFT de alta resolución.
- Incorpora un receptor de alta sensibilidad que aumenta el rendimiento en cualquier entorno, incluso en zonas agrestes.
- Lleva un mapa base y dispone de 24 Mb de memoria interna para cartografía topográfica, náutica e incluso terrestre.
- Totalmente resistente al agua IPX7. (Incluye software Trip & Waypoint Manager y cable USB).
- Son modelos de equipos perfectos para excursiones, camping, caza, pesca, levantamientos.
- Medición de perímetros de lotes, lagunas, etc.

c) **MAGELLAN TRITON 300**



- Dimensiones: 118 x 54.8 x 30.9 mm
- Peso: 187 gramos
- Pantalla QVGA de 2.2+ con resolución de 240 x 320px
- Chipset GPS SiRF Star III
- Procesador a 266 MHz IPX-7, resistente al agua
- Memoria para mapas: 10 MB
- Autonomía de 10 horas
- Producto a prueba de agua, cuenta con diseño bien robusto, ideal para soportar golpes y rayones.

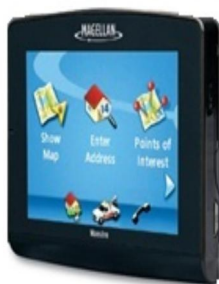
d) **MAGELLAN TRITON 1500**

alla táctil a color (2.7"/6.9 cm, QVGA)



- Grabador de voz y linterna
- Reforzado y resistente al agua para IPX-7
- Ampliación con tarjetas SD
- Pantalla de brújula
- Precisión de 3 metros. El chipset SiRFstar III y las antenas multidireccionales integradas ofrecen una precisión GPS superior utilizando los sistemas WAAS/EGNOS.
- Sólo tiene que conectar una antena externa a su bote o vehículo todoterreno para mejorar la recepción de la señal
- Reproductor de música digital y toma de audio

e) **MAGELLAN MAESTRO ELITE 3270**



- Grosor: 17.8mm
- Altura: 82.5 mm
- Pantalla QVGA Táctil de 3.5+
- Tecnología SayWhere de Text-To-Speech
- Bluetooth, con perfil HFP
- Más de 6 millones de Puntos de interés
- Conector USB

f) **KIT GPS 60CSx TOPO**



- Navegador Garmin GPS GPSMAP 60CSx
- Precisión de hasta +/- 50cm
- Memoria interna de 1,000 puntos
- Despliega coordenadas en latitud y longitud o en metros (UTM) así como mas de 100 datums para representación de coordenadas como NAD27, WGS84 = ITRF92, etc.
- Ideal para aplicaciones GIS y levantamientos de 5 hectáreas o más.
- Incluye altímetro barométrico para más precisión en la elevación.
- Incluye brújula Electrónica. Excelente recepción de satélites, hasta en condiciones difíciles.
- Antena externa
- Programa para pasar datos a Autocad.

4.1.2. GPS de Precisión

El GPS Diferencial introduce una mayor exactitud en el sistema. Ese tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa, simultáneamente, otra información adicional procedente de una estación terrestre situada en un lugar cercano y reconocido por el receptor. Esta información complementaria permite corregir las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GPS los ajustes que son necesarios realizar en todo momento. Éste los contrasta con su propia información y realiza las correcciones mostrando en su pantalla los datos correctos con una gran exactitud. Se utiliza principalmente en la topografía y trabajos relacionados para alcanzar

l orden de 5 . 50 mm. Las técnicas utilizadas involucran un intenso análisis estadístico. Como técnica diferencial significa que un mínimo de dos receptores GPS deben ser siempre utilizados en forma simultánea. De los cuales podemos mencionar a continuación:

a) **ASHTECH PROMARK2**



- **Especificaciones**

Rastreo de Satélites 12 canales independientes.
10 código L1 C/A y portadora de longitud de onda completa.

Rastreo Satelital WASS / EGNOS.

- **Funcionamiento de Medición Estática (Rms)**

Horizontal : 5 milímetros + 1 ppm

Vertical : 10 milímetros 2 ppm

Acimut <1m arcosegundos.

Tiempo de Observación: de 20 a 60 minutos dependiendo de la distancia entre los receptores.

- **Cinemático**

Horizontal : 12 milímetros 2.5 ppm.

Vertical : 15 milímetros 2.5 ppm.

Tiempo de Observación: de 20 a 30 segundos

- **Características de Registro de Datos**

Intervalo de Grabación: fijado en 1 a 20 segundos.

Capacidad de Memoria Interna: 8 Mb, guarda hasta 72 horas de datos de 10 satélites.

b) **PROMARK™ 3 RTK + FAST SURVEY (MAGELLAN)**



- Promark3 RTK ofrece la flexibilidad de dos modos de levantamiento en tiempo real.

tecnología BLADE[®] integrada de Magellan, una solución de procesamiento GNSS patentada, le permite al ProMark3 RTK obtener un mayor rendimiento que el de otros receptores RTK de frecuencia simple, proporcionando una precisión centimétrica en tiempo real.

- ProMark3 RTK está disponible en un sistema completo de base + receptor móvil con un kit de radiomódems plug and play (conectar y usar) sin licencia.
- En el modo de cartografía, ProMark3 RTK ofrece una precisión entre decimétrica y centimétrica.
- La opción FAST Survey se ofrece para satisfacer las necesidades más exigentes, como la compatibilidad con una amplia gama de instrumentos de levantamiento y la disponibilidad de diversos formatos de datos y de sistemas de coordenadas locales. FAST Survey incluye funciones topográficas habitualmente asociadas a la doble frecuencia.

Cuadro 3. Características principales de los equipos ProMark3

GAMA DE PROMARK	ProMark3 (THALES)	ProMark3 RTK (MAGELLAN)	ProMark3 RTK + FAST Survey
Posprocesado (precisión centimétrica)	+	+	+
Cartografía (precisión decimétrica o centimétrica)	+	+	+
RTK (precisión centimétrica en tiempo real)		+	+
Paquete de software de oficina (levantamiento y cartografía)	+	+	+
Funciones de red, Direct IP, NTRIP		+	+
FAST Survey, funciones RTK mejoradas		Opcional	+

-

TRIMBLE R3 CON MICROCOMPUTADOR WINDOWS.



- Sistema Windows en el GPS para tener mapas de AutoCad y Arcview, Dxf. Programas Word, Excel, Visualizador de fotografías
- Ideal para catastro, levantamiento as_Built
- Manual en línea con gráficos para consultas instantáneas.
- Componentes de la misma casa fabricante protegidos contra caídas, agua y humedad.
- Precisión 5mm Horizontal
- 5mm Vertical
- Método : Estático, Estático rápido, Cinemático
- Canales : 12
- Frecuencia L1 c/A code, L1 Ciclo completo Waas, Egnos
- Tecnología última generación EVEREST para reducción de la trayectoria múltiple

d) Sistema GPS L1 EPOCH™ 10



- Sistema EPOCH 10 integra un receptor topográfico con el colector de datos Spectra Precisión Recon. Se trata de una solución de campo extremadamente robusta diseñada para trabajar en condiciones topográficas difíciles
- El sistema EPOCH 10 es compacto, ligero y soporta caídas, temperaturas extremas, suciedad, y agua con

lad, lo que lo convierte en una de las soluciones GPS L1. Además tiene una amplia pantalla táctil en color, memoria ampliable y soporte USB.

- El sistema operativo estándar de la industria Microsoft® Windows Mobile, que satisface sus necesidades a la vez que le permite administrar y desarrollar su negocio
- Registra datos en el campo y transfíralos sin sobresaltos y de forma inmediata desde su archivo de trabajo al software Spectra Precisión Survey Office para el procesamiento, el ajuste y la generación de informes.

e) **GPS Trimble 5800**



- Ideal para levantamientos de replanteo, catastrales, topográficos y de control.
- Código C/A de L1 con 24 canales, ciclo de fase portadora completo de L1/L2, compatible con WAAS/EGNOS
- Medidas de fase portadora de L1 y L2 de muy bajo ruido con una precisión <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Posicionamiento GPS de código diferencial 1
Horizontal $\pm 0,25 \text{ m} + 1 \text{ ppm RMS}$
Vertical $\pm 0,50 \text{ m} + 1 \text{ ppm RMS}$
Precisión de posicionamiento WAAS diferencial 2. . . .
.Por lo general <5 m 3DRMS
- Levantamientos GPS estáticos y FastStatic (estáticos rápidos)
Horizontal $\pm 5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm RMS}$
Vertical $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

ntamientos cinemáticos1

Horizontal $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Vertical $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Tiempo de inicialización. Con bases individuales/múltiples un mínimo de 10 seg + 0,5 veces la longitud de la línea base en kilómetros, hasta 30 km

Fiabilidad en la inicialización $\geq 99,9\%$

4.1.3. Estaciones Totales

Se denomina a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias. Entre ellas tenemos:

a) **Estación Total SOKKIA SERIES 230RM**



- Las estaciones Totales Serie 230RM con auto puntería y medición sin prisma.
- Incorpora el EDM RED-Tech: rayo laser ultra estrecho permite mediciones fiables y precisas desde 30 cm a

..., con un grado de precisión en la medición de +/- (3+2 ppm x D)mm., incluso a través de obstáculos tales como rejas metálicas, arboles, etc

- Además el sistema Remotocatcher añade funcionamiento remoto completo.

b) Estación Total KOLIDA Kts442r



- Memoria de 10000 puntos
- Apertura del objetivo, 45 mm (EDM: 50 mm)
- Precisión $\pm(3 \text{ mm}+2 \text{ ppm}\times D)$
- Medida de distancia sin prisma (con laser) 200 m
- Sistema de medición centesimal, sexagesimal.

c) Estación Total S6 (TRIMBLE)



- La estación total Trimble S6 servoasistida ofrece todas las ventajas excepcionales de la Trimble S6, incluyendo la tecnología servoasistida MagDrive, seguridad de precisión SurePoint y mediciones DR.
- El sistema Autolock de Trimble, tiene capacidad de enganche y de rastreo automático de objetivos pasivos. Tareas tales como la medición de un turno de ángulos podrán realizarse de forma totalmente automática.
- Autolock elimina el bloqueo y desbloqueo repetitivo de los tornillos de movimiento y de enfoque del telescopio. Como resultado, al agregar el módulo

Al conectar el instrumento servoasistido se duplica la productividad en el campo.

- Para disponer de lo último en topografía automatizada, la configuración robótica permite desacoplar el Trimble CU del instrumento y engancharlo al soporte del controlador en el jalón. Este soporte contiene una radio de 2.4 GHz integrada para la comunicación. Podrá controlar todas las funciones de la Trimble S6 desde el jalón a medida que se desplaza por el emplazamiento de trabajo realizando mediciones. Puesto que no tiene que comunicarse con un portamira, no hay demora en el tiempo de medición. Ahora un sólo topógrafo puede realizar levantamientos topográficos o replanteos de alta precisión por sí mismo.

4.1.4. Empresas Internacionales

Existen varias empresas que venden y fabrican equipos topográficos a nivel mundial, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

Cuadro 4. Casas y Empresas Internacionales distribuidoras de equipos topográficos.

CASAS Y EMPRESAS	EQUIPOS	MARCA	PAÍS
Leika	Gps, estación total, niveles laser y ópticos, teodolitos	Leika	Suiza
Topografía Global	Estaciones Totales, distanciómetros, GPs, niveles, Teodolitos, etc.	Thales, Topcon, Garmin, Kolida, Leika, Trimble, Pentax, Magellan	Argentina, Perú, Suiza, Brasil, Japon.
Al-Top Topografía	Estación total, GPs	Garmin, Magellan,	España, EE.

		GPs precisión, niveles laser,	explorist, Trimble, Nikon	UU,
Mercatop	Venta y reparación de equipos topográficos (Gps, Estaciones, Niveles)		Topcom, Garmin, Trimble,	EE. UU., España, Japón.
MERCATOR	GPs, teodolito, niveles, estaciones Totales, accesorio, software		Leika, Nikon, Spectra, Topcom, Pentax, Garmin, Trimble, Sokkia	Argentina. Suiza, Japón, EE. UU.
Sokkia	Estación total, gps, nivel digital y automático, teodolito digital		Sokkia, garmin, promark, mobile mapper	Europa, Japón, México, Holanda,
Mercado Libre	Estación Total, gps, niveles, teodolitos		En todas las marcas	Nivel Mundial
Geocom	Gps, teodolitos, estaciones totales, niveles, laser, accesorio de equipos de medición,		Pentax, Geoline, Nikon, Trimble, Spectra,	Chile, EE. UU., Inglaterra.
Prometric Technologies	Estación Total, Gps, posicionamiento laser y óptico			México
GeoSat	Gps navegador y precisión, Estación Total, Teodolitos Electrónicos, niveles digital y óptico		Magellan, ProMark 3, Sokkia, Arise,	Nicaragua, Suiza

4.1.5. Empresas Nacionales

En nuestro país se encuentra casas y empresas distribuidoras de equipos topográficos de diferentes marcas que son importadas de diferentes países del mundo.

Cuadro 5. Empresas Nacionales distribuidoras de equipos topográficos.

CASAS Y EMPRESAS DISTRIBUIDORAS	EQUIPOS	MARCA	PAÍS
Geomedic	GPS precisión, Estación Total	Ashtech, Magellan, thales	EE UU, Alemania
Aeromapa	Estación total, GPS, fotos aéreas.	Trimble, Omnistar	EE UU., Argentina.

		navegador,		
Óptica	precisión, Estación Total, teodolitos, niveles	Trimble, Magellan.		EE. UU.
Casa topográfica	GPS, estación total, teodolitos, etc.	Leika, trimble, magellan, Topcon, Sokkia		Suiza, EE. UU., Japón,
Cotemic	GPS, teodolito, niveles, distanciómetros	Trimble, Leika, Sokkia, Magellan, Topcon		Suiza, EE. UU., Japón.
EcuadorGPS	Mapas, gps	Garmin.		Argentina, España, EE. UU.
IGM	Cartas topográficas y temáticas, fotos aéreas			Ecuador
CARTO TÉCNIA	Fotos aéreas			Ecuador.
CLIRSEN	Imágenes satelitales, fotos aéreas.			Ecuador

4.2. RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO: DETERMINAR LA DE PRECISION DE CUATRO TECNICAS DE MEDICION DE SUPERFICIES.

Los resultados presentados a continuación, son efecto de las comparativas de las áreas resultantes de la Estación Total, frente a los otros tres métodos de investigación: GPS Navegador, GPS de Precisión, y Digitalización de Ortofoto. Considerando que la Estación Total tiene características y niveles de precisión submétricas, se usó como el método comparativo y de base para realizar los respectivos análisis de precisión de los métodos restantes.

4.2.1. Error Superficial Absoluto (ESA)

En estos resultados se puntualiza la diferencia entre la superficie obtenida por digitalización en pantalla, GPS absoluto, GPS diferencial con la superficie obtenida con la estación total. Los valores son representados en m² y %.

Cuadro 6. Valores de error superficial absoluto de los métodos de medición superficial.

Propietario	Digitalización Ë Estación Total	GPS de Precisión - Estación Total	GPS Navegador Ë Estación Total
Estrato 1			
Escuela Técnica 2	-60,434	-109,665	-580,109
Felicia Varón	-175,692	-330,109	26,423
Escuela Técnica 1	163,270	-192,992	-727,068
Estrato 2			
Urbanización Florida	-974,569	467,919	-202,177
Italianos 2	-2441,254	-2447,845	-400,132
Italianos 1	993,721	-170,036	-670,479
Estrato 3			
Miguel Morales	-421,320	-354,236	-413,306
Humberto Ortega	-11,042	-1155,514	-1459,549
Benigno Ortega	308,581	-35,197	-35,197
Estrato 4			
Familia Vélez	1718,514	-345,160	1402,509
Manuel Polo	-7104,863	-6164,093	-5621,928
Hostería Izhcailuma	-1289,126	539,414	7,863
Estrato 5			
Familia Morales	-147,065	-1846,747	-230,913
Juan Delgado	-602,936	634,739	-9489,298

	430,422	-1962,867	13630,639
Suma ESA's	16842,809	16756,533	34897,590
Suma Valores (-)	-13228,301	-15114,461	-19830,156
Suma Valores (+)	3614,508	1642,072	15067,434
Valor Min.	-7104,863	-6164,093	-9489,298
Valor Max.	1718,514	634,739	13630,639

En el Cuadro 6 y Gráfico 1, se puede observar claramente que la suma de Errores Superficiales Absolutos (ESA's) del GPS Navegador presenta el mayor valor de ESA con 34897,590 m, frente al método de digitalización de ortofoto con 16842,809 m, y el GPS de precisión con 16756,533 m, este último presenta el menor valor y por lo cual es el método más preciso.

Igualmente en el Gráfico 2, en la suma de ESA's negativos y positivos el GPS navegador presenta los mayores valores por defecto y exceso, en relación a los otros dos métodos con -19830,156 m y 15067,434 m respectivamente. Esto indica que el GPS navegador es el método de levantamiento superficial menos preciso.

En otra instancia el menor valor de la suma de valores negativos y positivos, se presentó en el método de digitalización de ortofoto con -13228,301 m y el método de GPS de Precisión con 1642,072 m² respectivamente.

En el Cuadro 6 y Gráfico 3, se evidencia que los valores mínimo y máximo del GPS navegador son mayores con -9489,289 m y 13630,639 m respectivamente, en relación a la ortofoto con -7104,863 m y 1718 m, y el GPS de precisión con -6164,093 m y 634,739 m. Estos datos

Los extremos negativos y positivos del GPS navegador se alejan en mayor parte de los valores de la estación total, a lo contrario de lo que sucede de la digitalización de ortofoto y el GPS de precisión, este último presenta menor variación de valores tanto por exceso y defecto.

Gráfico 1. Error superficial absoluto de los métodos de medición superficial.

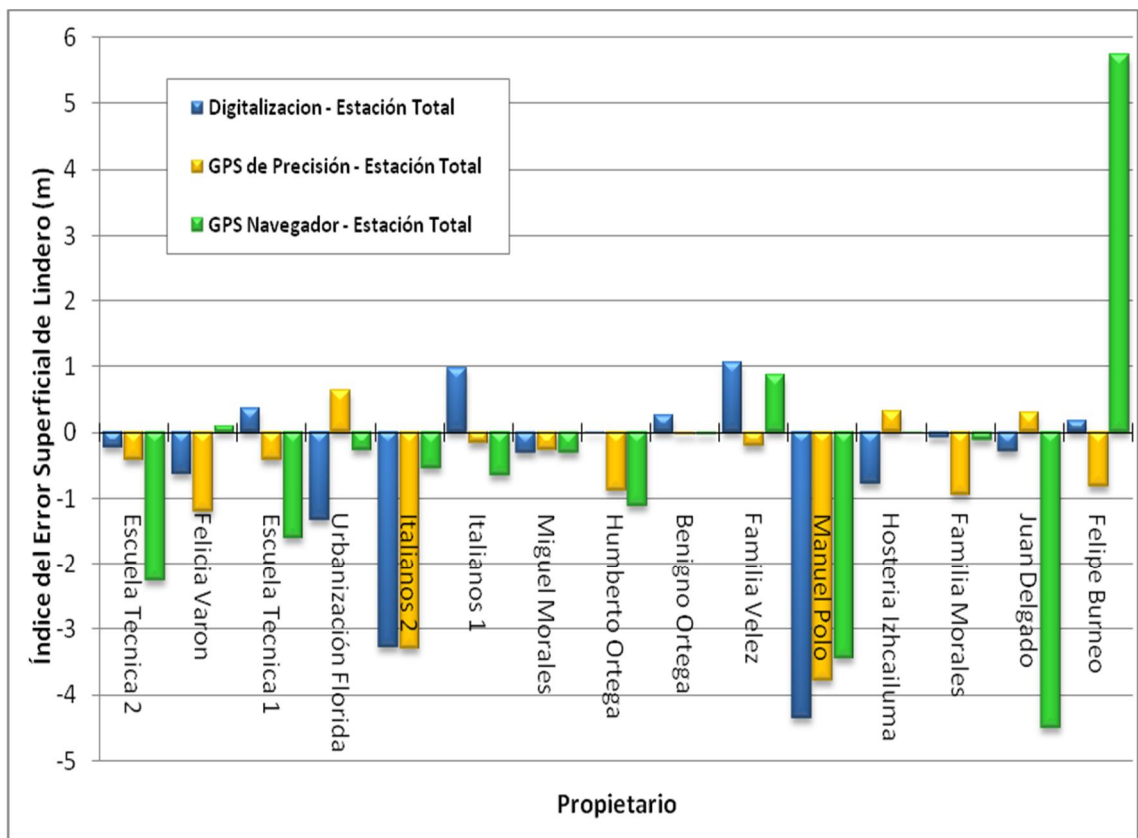


Gráfico 2. Suma de valores absolutos, negativos y positivos de los métodos de medición superficial

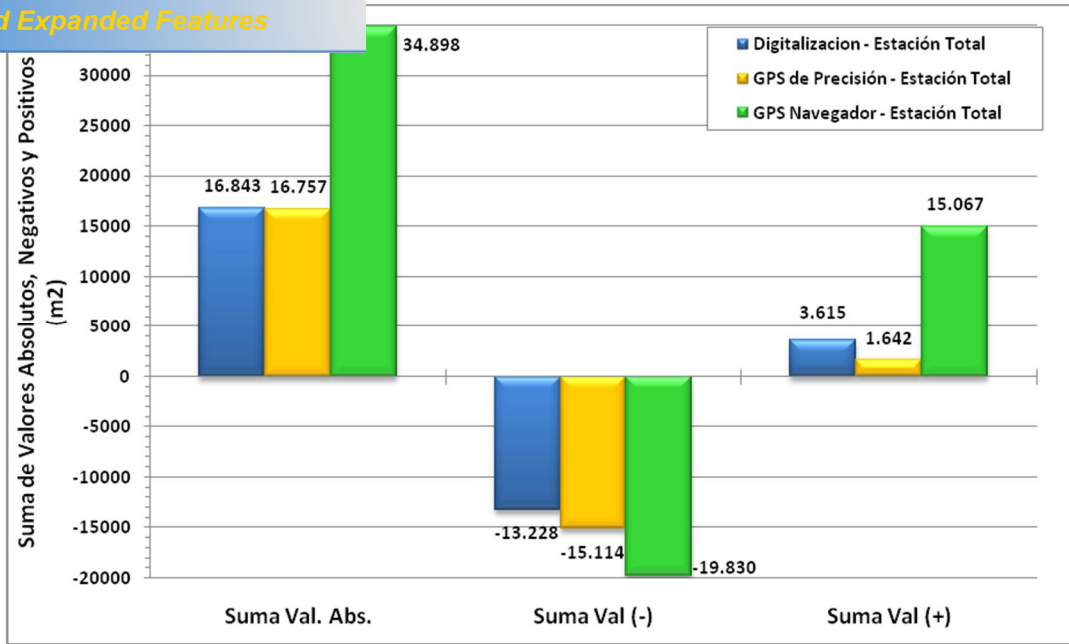
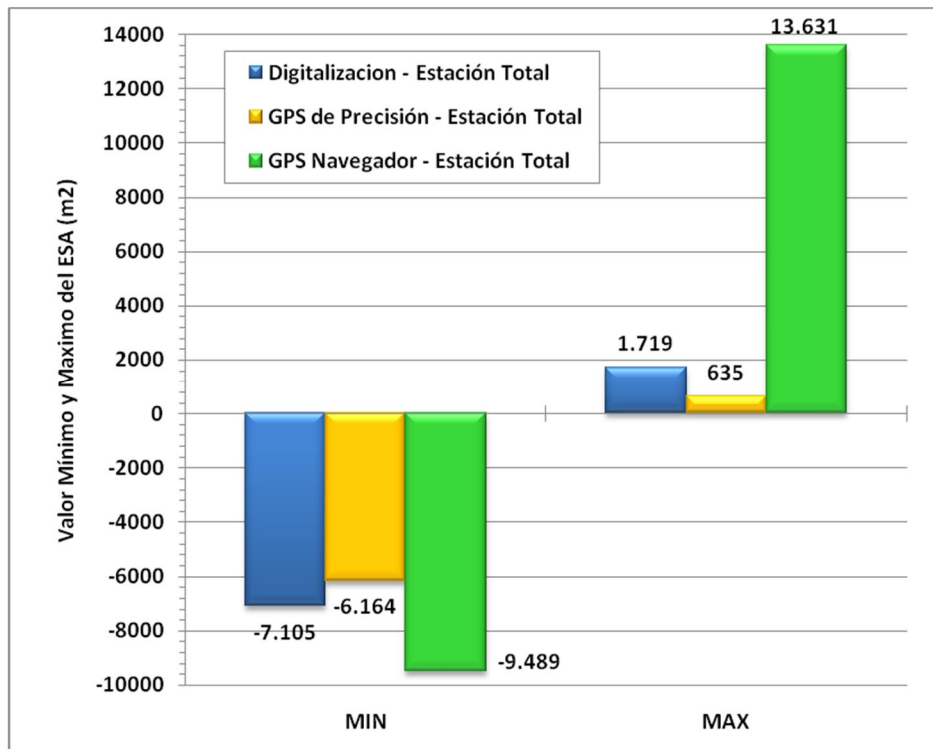


Gráfico 3. Valor mínimo y máximo de cada método de medición superficial



4.2.2. Error Superficial Relativo (ESR)

Los resultados presentes a continuación se definen en relación entre el Error Superficial Absoluto calculada por Digitalización de Ortofoto, GPS de Precisión, GPS Nvegador, y la superficie calculada por estación total, expresada en porcentaje.

Cuadro 7. Valores de error superficial relativo de los métodos de medición superficial.

Propietario	Digitalización E	GPS de Precisión E	GPS Navegador E
	Estación Total	Estación Total	Estación Total
Estrato 1			
Escuela Técnica 2	-1,578	-2,863	-15,145
Felicia Varón	-4,545	-8,539	0,683
Escuela Técnica 1	2,151	-2,542	-9,578
Estrato 2			
Urbanización Florida	-3,113	1,494	-0,646
Italianos 2	-7,614	-7,634	-1,248
Italianos 1	1,873	-0,321	-1,264
Estrato 3			
Miguel Morales	-0,593	-0,498	-0,581
Humberto Ortega	-0,016	-1,623	-2,050
Benigno Ortega	0,408	-0,047	-0,047
Estrato 4			

	2,166	-0,435	1,768
Manuel Polo	-7,279	-6,315	-5,759
Hostería Izhcailuma	-1,195	0,500	0,007
Estrato 5			
Familia Morales	-0,104	-1,306	-0,163
Juan Delgado	-0,405	0,426	-6,367
Felipe Burneo	0,247	-1,127	7,827
Suma ESR's	33,3	35,7	53,1
Suma Valores (-)	-26,4	-33,3	-42,8
Suma Valores (+)	6,8	2,4	10,3
Valor Min.	-7,6	-8,5	-15,1
Valor Max.	2,2	1,5	7,8

En el Cuadro 7 y Gráfico 4, se puede observar que la suma de Errores Superficiales Relativos (ERA's) del GPS Navegador presenta el mayor valor con un 53,1 %, frente al método de digitalización de ortofoto 33.3 %, y el GPS de precisión con 35,7 %, este último es el método que presenta el menor valor y por ende es el más preciso.

Igualmente en el Gráfico 5, la suma de ESR's negativos y positivos el GPS navegador presenta los mayores valores en relación a los otros dos métodos con -42,8 % y 10,3 % respectivamente. Esto indica que el GPS navegador es el método de levantamiento superficial menos preciso y se aleja en mayor parte tanto negativamente y positivamente del valor referencial de la Estación Total, frente a los dos métodos restantes.

stancia el menor valor de la suma de valores negativos y positivos obtuvo el método de digitalización de ortofoto con un -26,4 % m y el método de GPS de Precisión con 2,4 % respetivamente.

De igual manera en el Cuadro 7 y Gráfico 6, se evidencia que el valor mínimo y máximo del GPS navegador son mayores con -15,1 % y 7,8 % respectivamente. Por el contrario el valor relativo mínimo que presenta la mayor precisión se encuentra en el método de Digitalización de Ortofoto con un -7,6 %, y el valor relativo máximo con mayor precisión se obtuvo en el GPS de precisión con un 1,5 %. Estos datos concluyen que los valores extremos negativos y positivos del GPS navegador se alejan en mayor parte de los valores de la estación total, a lo contrario de lo que sucede de la digitalización de ortofoto y el GPS de precisión, los cuales presentan menor variación de valores tanto negativos y positivos.

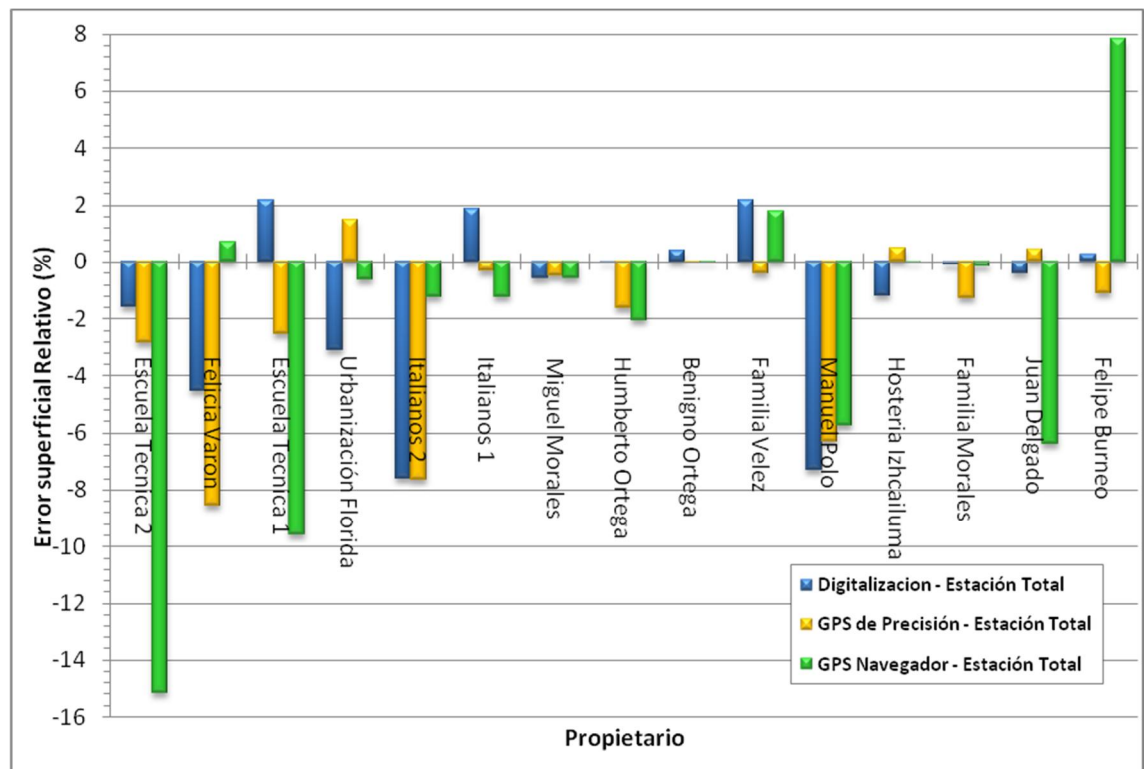


Gráfico 4. Error superficial relativo de los métodos de medición superficial.

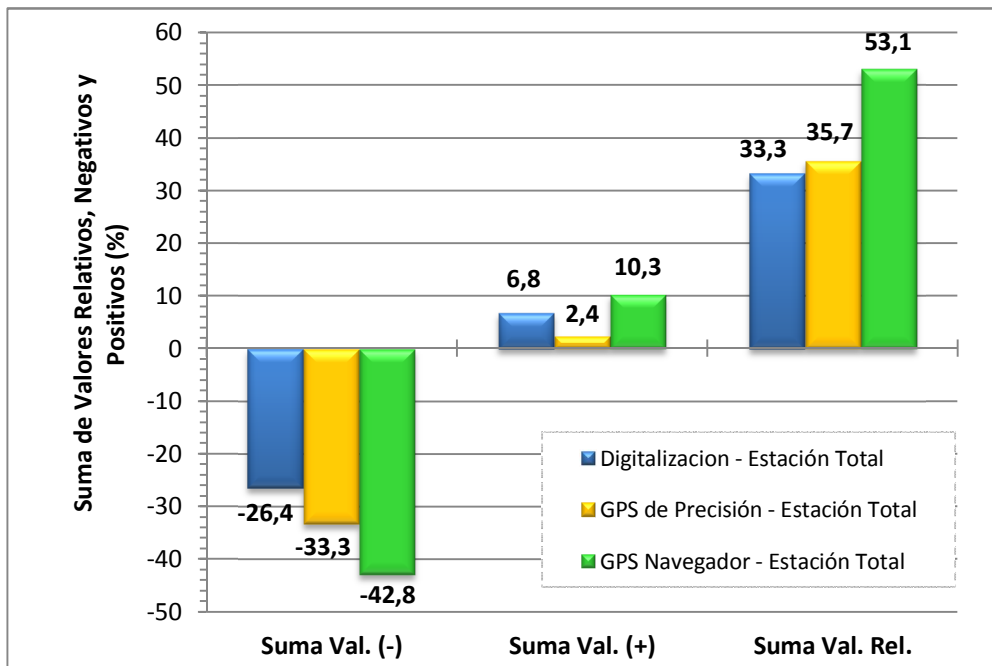
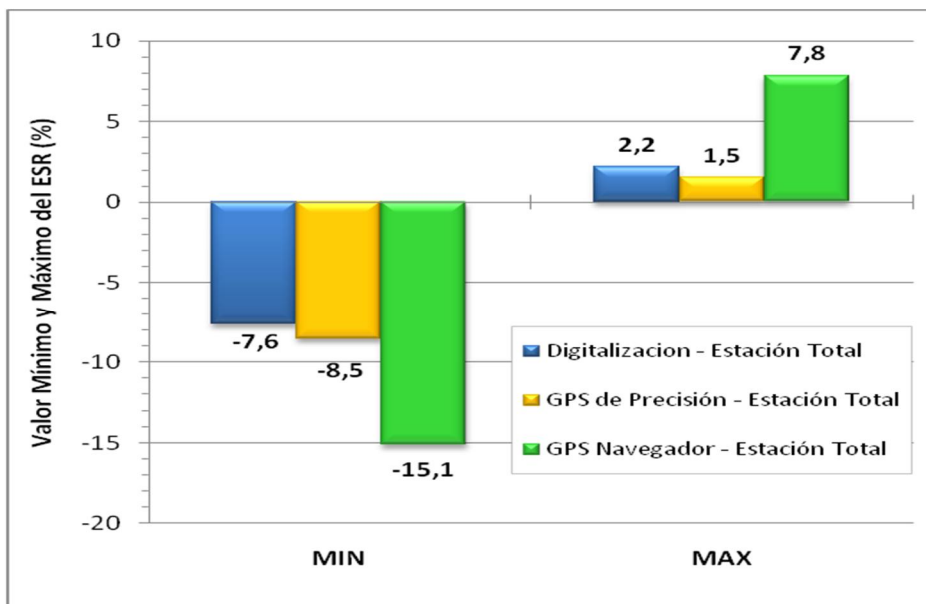


Gráfico 5. Suma de valores relativos, negativos y positivos de los métodos de medición superficial.

Gráfico 6. Valor relativo mínimo y máximo de cada método de medición superficial.



4.2.3. Error Superficial Relativo Medio (ESRM)

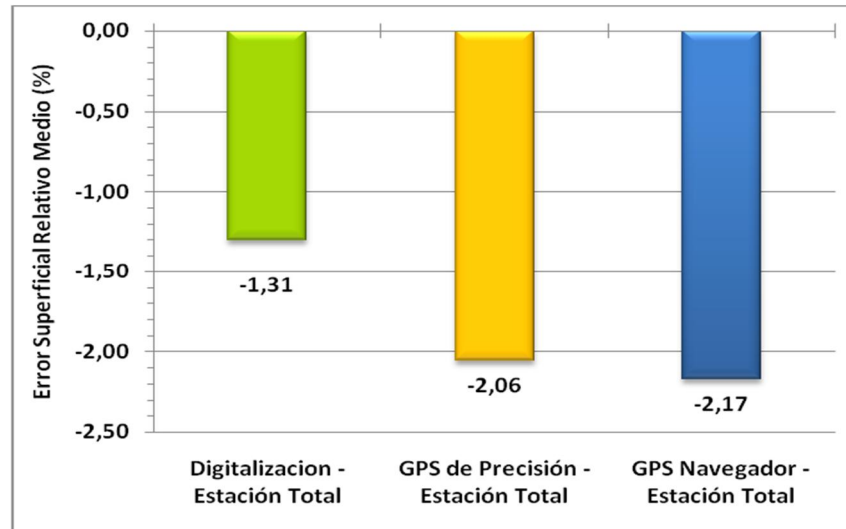
Los valores presentes a continuación expresan el error superficial relativo del polígono completo de parcelas, sin considerar las parcelas individuales. En definitiva trata de la media de los errores superficiales relativos considerando el signo.

Cuadro 8. Valores de Error Superficial Relativo Medio de los métodos de medición superficial.

	Digitalización Ē Estación Total	GPS de Precisión Ē Estación Total	GPS Navegador - Estación Total
ESRM	-1,306	-2,055	-2,171

En el Cuadro 8 y Gráfico 7, se puede observar que el método de GPS navegador presenta el mayor ESRM con un valor de -2,17 % lo cual indica que este método tiene una tendencia a generar áreas menores al método de Estación Total. Lo contrario sucede con la Digitalización de Ortofoto con un -1,31 %, lo cual representa que tiene una menor tendencia a generar resultados negativos o áreas inferiores a los de la Estación Total.

...lativo Medio de los métodos de medición superficial.



4.2.4. Valor Absoluto del Error Superficial Relativo (VAESR)

Los resultados presentes a continuación expresan el error superficial relativo, independiente del signo. Cuando se tiene un conjunto de parcelas, cada una con un error superficial relativo y se quiere tener referencia del error superficial relativo medio del conjunto de parcelas, es mucho más significativo considerar los valores absolutos de los citados errores. La media de estos valores absolutos, representa el error superficial relativo medio por exceso o por defecto del conjunto de parcelas consideradas.

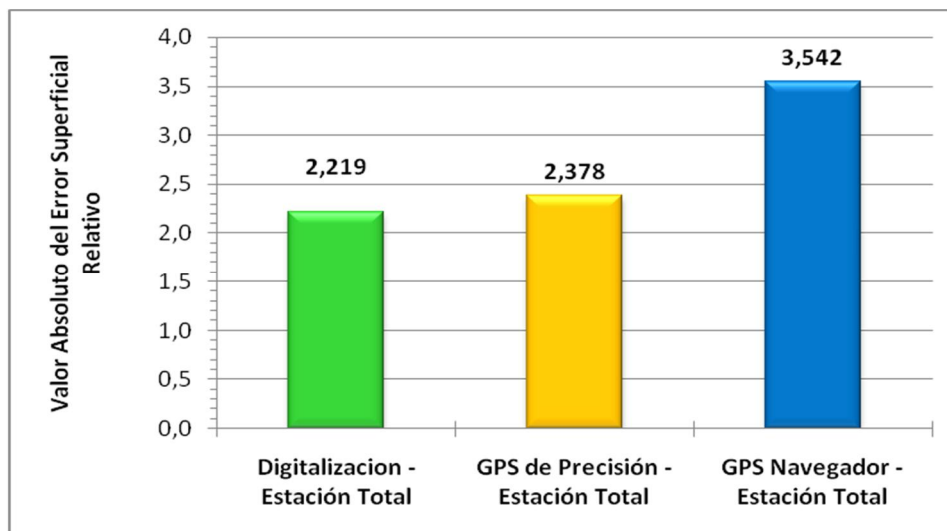
Cuadro 9. Resultados del Valor Absoluto del Error Superficial Relativo, de cada método de medición superficial.

	Digitalización - Estación Total	GPS de Precisión - Estación Total	GPS Navegador - Estación Total
VAESR	2,219	2,378	3,542

En el Cuadro 9 y Gráfico 8, se puede evidenciar que el VAESRM en el método de GPS Navegador sigue la tendencia de obtener los mayores valores por exceso o defecto, obteniendo un valor 3,5 %.

Lo contrario sucede con la Digitalización de Ortofoto que presenta el menor valor VAESRM con un 2,2 %, evidenciando que este método obtiene resultados menores ya sea por exceso o defecto frente a los dos otros métodos.

Gráfico 8. Valor absoluto del error superficial relativo de los métodos de medición superficial.



4.2.5. Índice del Error Superficial de Lindero (IESL)

Los anteriormente descritos tienen en cuenta toda la superficie de la parcela en todo su conjunto. En una parcela existe una gran parte de su superficie coincidente entre la superficie calculada por GPS absoluto, GPS diferencial, digitalización en pantalla y la superficie calculada con estación total. Tan solo una pequeña banda de terreno en torno a los límites de la parcela es en la que se producen los errores y la que determina el error final absoluto. En los resultados presentados a continuación del Índice del Error Superficial del Lindero, se relaciona el error superficial absoluto de una parcela, con su perímetro.

Cuadro 10. Resultados del Índice del Error Superficial de Lindero, de cada método de medición superficial.

Propietario	Digitalización - Estación Total	GPS de Precisión - Estación Total	GPS Navegador - Estación Total
Estrato 1			
Escuela Tecnica 2	-0,236	-0,429	-2,268
Felicia Varon	-0,639	-1,201	0,096
Escuela Tecnica 1	0,363	-0,429	-1,616
Estrato 2			
Urbanización Florida	-1,321	0,634	-0,274
Italianos 2	-3,288	-3,297	-0,539
Italianos 1	0,972	-0,166	-0,656
Estrato 3			
Miguel Morales	-0,313	-0,263	-0,307
Humberto Ortega	-0,009	-0,893	-1,127
Benigno Ortega	0,264	-0,030	-0,030
Estrato 4			
Familia Velez	1,065	-0,214	0,869
Manuel Polo	-4,359	-3,782	-3,449

-0,771	0,323	0,005
--------	-------	-------

Estrato 5			
Familia Morales	-0,076	-0,954	-0,119
Juan Delgado	-0,286	0,301	-4,495
Felipe Burneo	0,181	-0,825	5,732

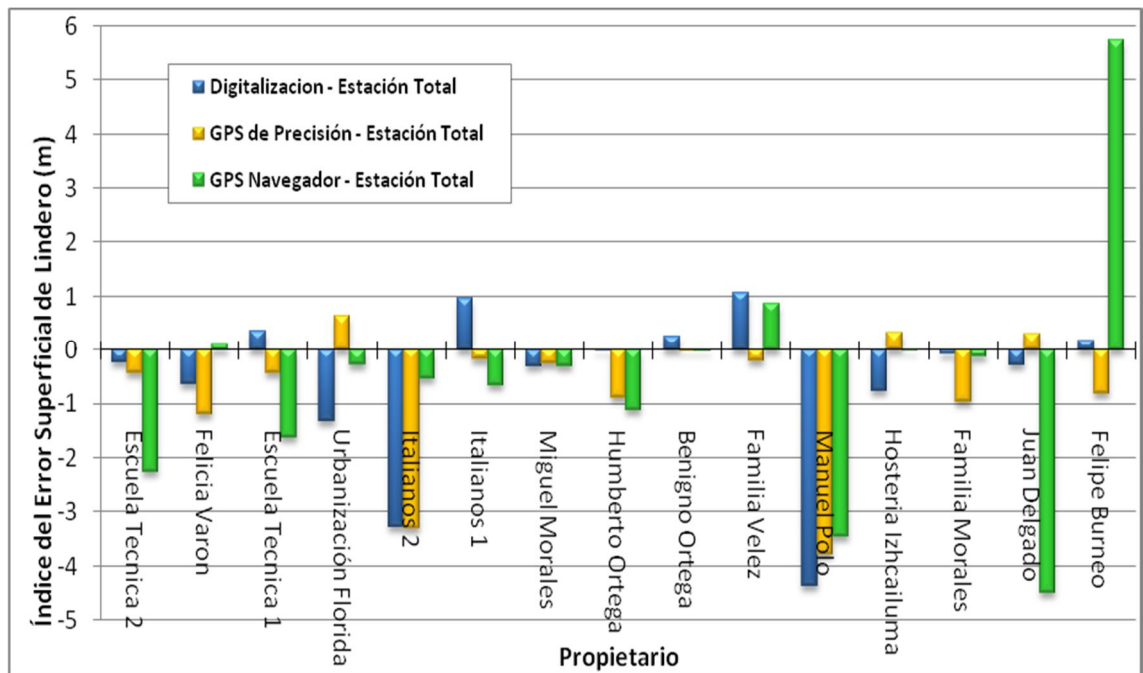
A nivel general se puede observar en el Cuadro 10 y Gráfico 9 que el método de GPS Navegador presenta el mayor IESL, seguido del método Digitalización de Ortofoto, y finalmente el GPS de Precisión de color naranja.

Con más detalle se observa en el gráfico 10, en la suma de valores absolutos del IESL que el método de GPS Navegador presenta el mayor valor con 21,6 m² de error por cada metro lineal de perímetro, seguido de la Digitalización de Ortofoto con 14,2 m² y el GPS de precisión con 13,7 m². Estos valores son por defecto o exceso de área.

En la suma de valores negativos el GPS Navegador continúa con la tendencia de presentar el mayor error por defecto con -14,9 m² y por exceso con 6.7 m² por cada metro lineal de perímetro. El menor error por defecto lo presenta la Digitalización de Ortofoto con -11,3 m², y por exceso el GPS de Precisión con 2,5 m² por cada metro lineal de perímetro.

Individualmente por polígono, en el Gráfico 11 se observa que los mayores errores en el valor mínimo (defecto) y el valor máximo (exceso), de IESL se establecen en el GPS Navegador con -4,5 m² y 5,7 m² por cada metro lineal de perímetro. Por el contrario los menores errores de valor mínimo y el valor máximo, se presentan en el GPS de Precisión con -3,8 m² y 0,6 m² respectivamente por cada metro lineal de perímetro.

Superficial de Lindero de los métodos de medición



superficial.

Gráfico 10. Suma de valores absolutos, negativos y positivos del IESL de los métodos de medición superficial.

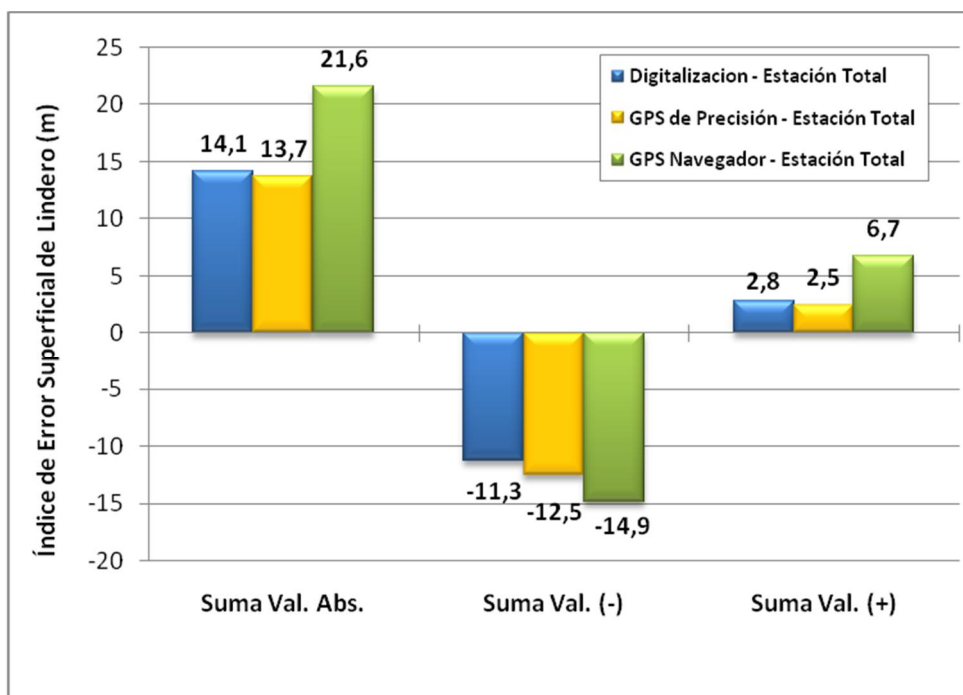
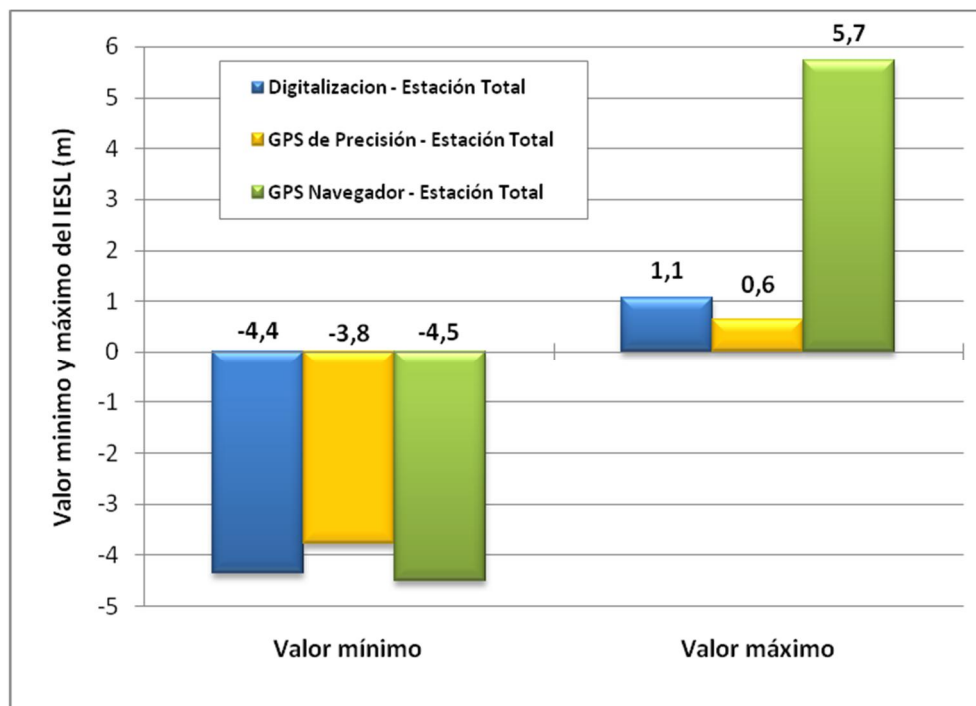


Gráfico 11. Valores mínimos y máximos del IESL de los métodos de medición superficial.



4.2.6. Índice Medio del Error Superficial de Lindero (ImESL)

Al considerar el *IESL* para un conjunto de parcelas, vuelven a surgir las mismas cuestiones que para los errores superficiales relativos. Los resultados presentes a continuación corresponden al *ImESL*, en el cual se consideran los signos, los mismos que presentan la ventaja de observar tendencias hacia uno u otro lado y estudiar las causas que las provocan.

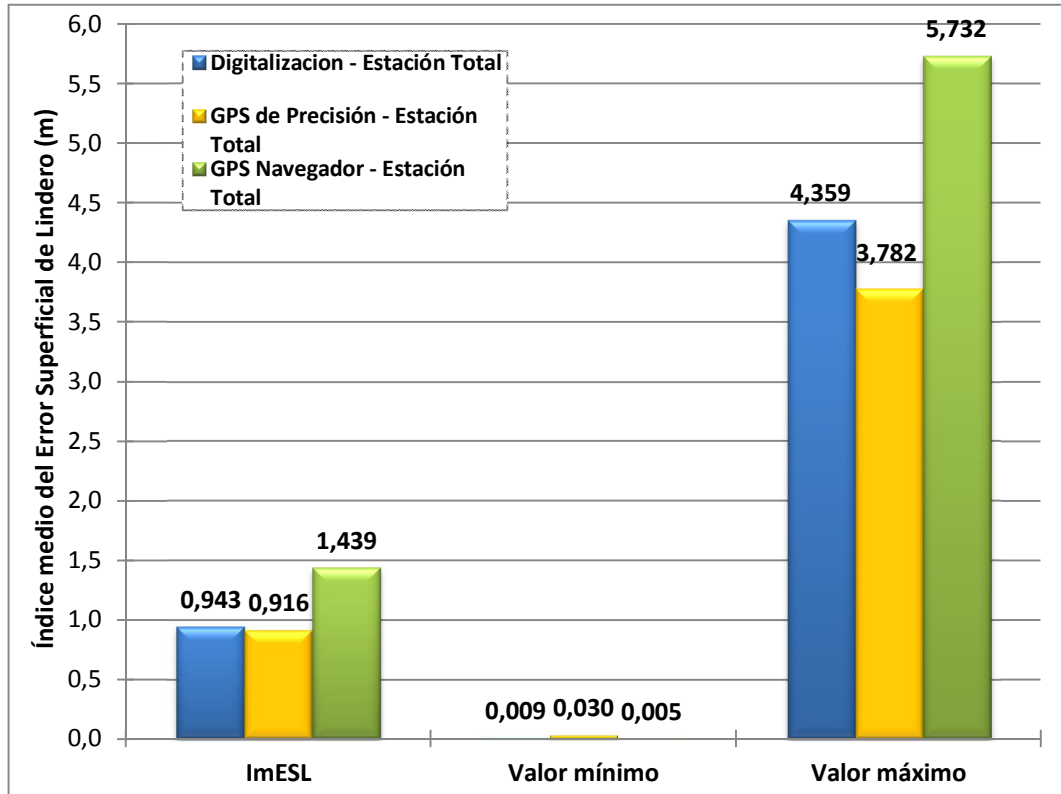
Cuadro 11. Resultados del Índice Medio del Error Superficial de Lindero, de cada método de medición superficial.

	Digitalización - Estación Total	GPS de Precisión - Estación Total	GPS Navegador - Estación Total
ImESL	0,943	0,916	1,439
Valor mínimo	0,009	0,030	0,005
Valor máximo	4,359	3,782	5,732

En el Cuadro 11 y Gráfico 12 se puede observar que el *ImESL* es mayor el GPS Navegador con 1.439 m² por cada metro lineal de perímetro, en comparación con los valores obtenidos por la digitalización de Ortofoto con 0.943 m² y el GPS de Precisión con 0.916 m², este último resultado demuestra que es el método con mayor precisión en cuanto a exceso o defecto de área por metro lineal de perímetro.

Individualmente por polígono, en el Gráfico 12 se observa que el GPS de Precisión presenta el Valor Mínimo de mayor *ImESL* con 0,030 m², y el Valor Máximo se presenta en el GPS Navegador con 5,732 m² por cada metro lineal de perímetro. Por el contrario el Valor Mínimo con menor *ImESL* se presenta en el GPS Navegador con 0,005 m², y el Valor máximo con menor *ImESL* 0,6 m² se encuentra en el GPS de Precisión con 3,782 m² por cada metro lineal de perímetro.

mínimos y máximos del ImESL de los métodos de medición superficial.



4.2.7. Análisis de Áreas Comunes y Áreas de Conflicto

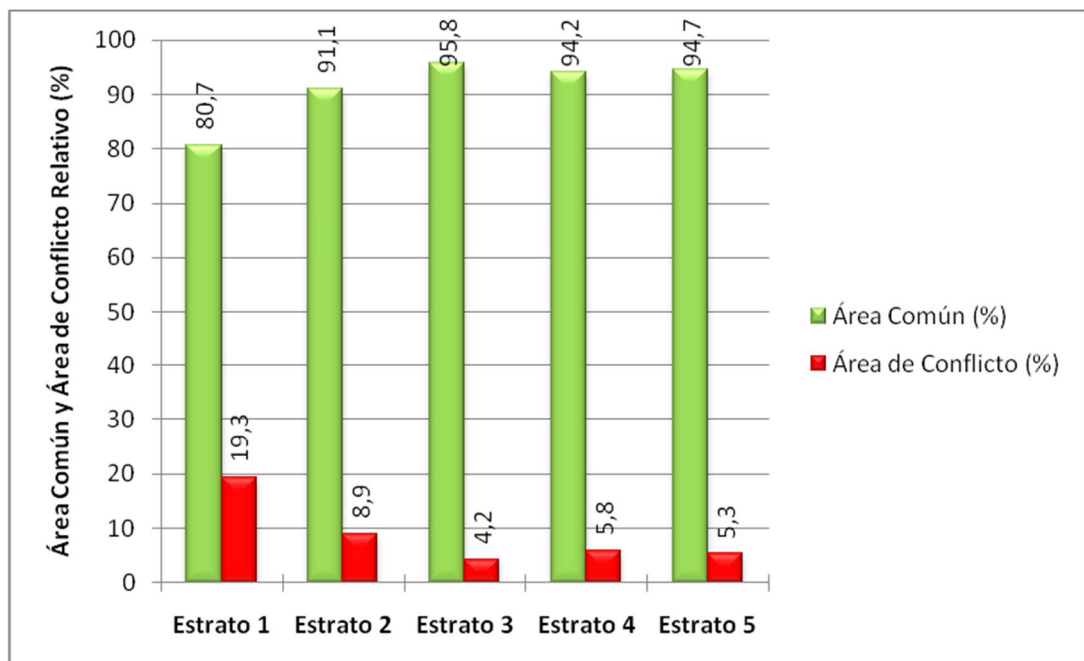
Cuadro 12. Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y Digitalización de Ortofoto.

ESTRATO	ÁREA COMÚN (%)	ÁREA DE CONFLICTO (%)
Estrato 1	80,7	19,3
Estrato 2	91,1	8,9

	95,8	4,2
Estrato 4	94,2	5,8
Estrato 5	94,7	5,3

Observando el Cuadro 12 y el Gráfico 13, se deduce que el área de conflicto del estrato 1 es mucho mayor que en los demás estratos alcanzando un 19.3 %. Por el contrario los estratos 3 y 5 alcanzan los menores valores de área de conflicto con 4.2 % y 5.3 % respectivamente. Esto indica que el porcentaje de área de conflicto de los polígonos será mayor mientras su área tienda a ser menor, opuestamente el área de conflicto será menor si los polígonos tienden a tener una mayor área.

Gráfico 13. Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y Digitalización de Ortofoto

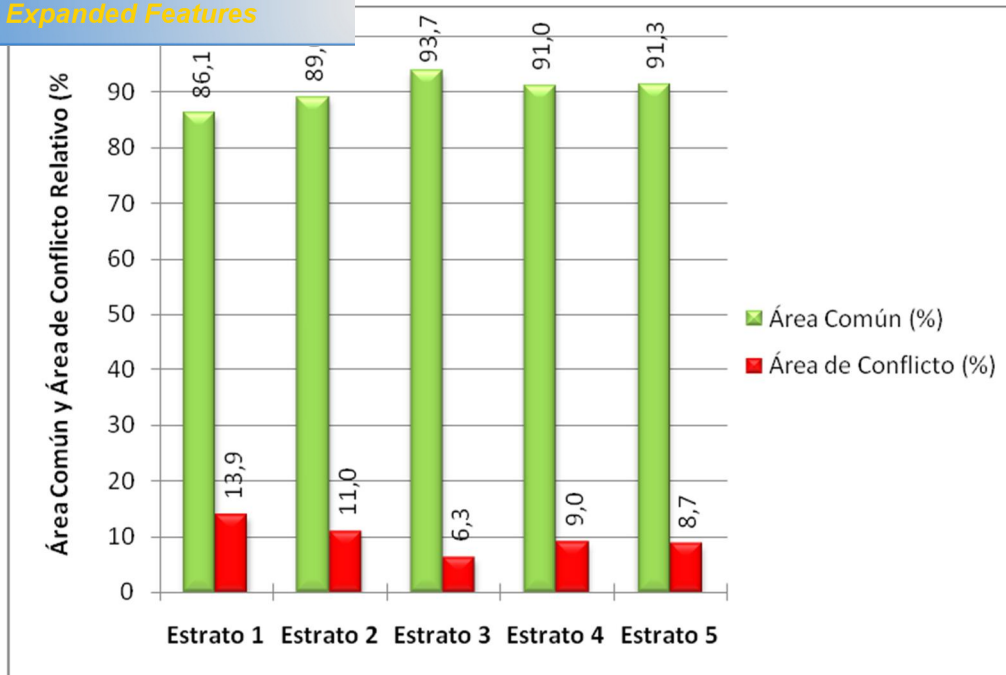


Cuadro 13. Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS Navegador

	ÁREA COMUN (%)	ÁREA DE CONFLICTO (%)
Estrato 1	86,1	13,9
Estrato 2	89,0	11,0
Estrato 3	93,7	6,3
Estrato 4	91,0	9,0
Estrato 5	91,3	8,7

En el Cuadro 13 y Gráfico 14, se puede observar que el área de conflicto del estrato 1 es mucho mayor que en los demás estratos alcanzando un 13.9 %. Por el contrario los estratos 3 y 5 alcanzan los menores valores de área de conflicto con 6.3 % y 8.7 % respectivamente. Esto indica que el porcentaje de área de conflicto de los polígonos será mayor mientras su área tienda a ser menor, opuestamente el área de conflicto será menor si los polígonos tienden a tener una mayor área.

Gráfico 14. Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS Navegador

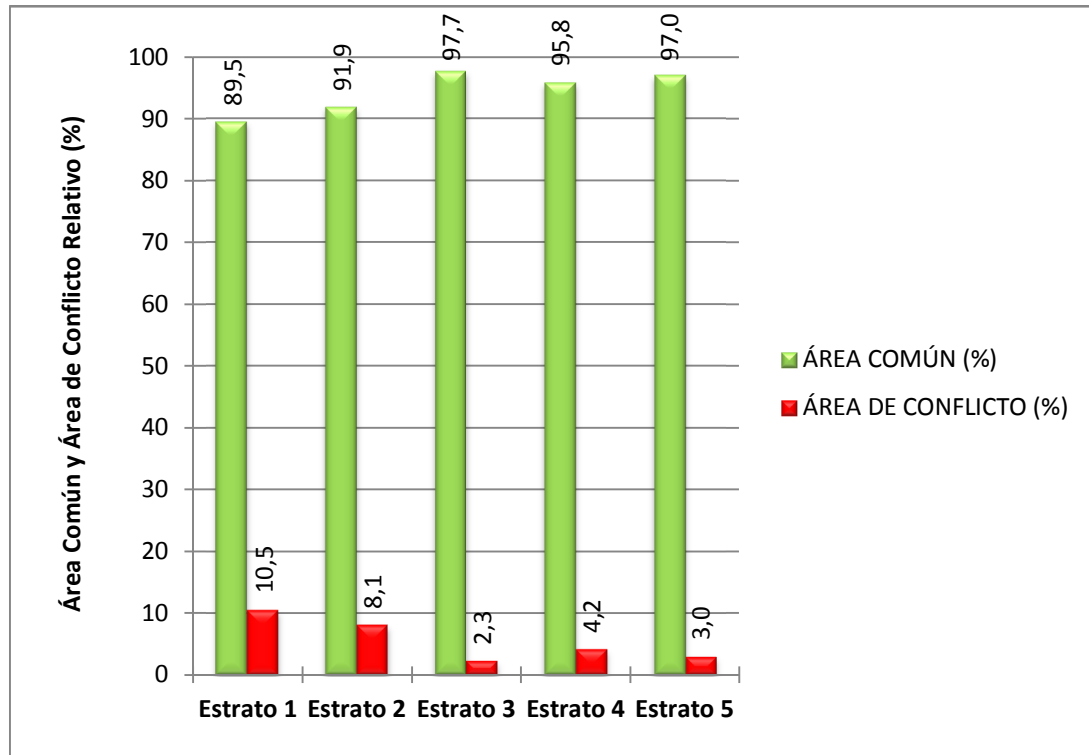


Cuadro 14. Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS de Precisión.

ESTRATO	ÁREA COMUN (%)	ÁREA DE CONFLICTO (%)
Estrato 1	89,5	10,5
Estrato 2	91,9	8,1
Estrato 3	97,7	2,3
Estrato 4	95,8	4,2
Estrato 5	97,0	3,0

En el Cuadro 14 y Gráfico 15, se observa que el área de conflicto del estrato 1 es mucho mayor que en los demás estratos alcanzando un 10.5 %. Por el contrario los estratos 3 y 5 alcanzan los menores valores de área de conflicto con 2.3 % y 3.0 % respectivamente. Esto indica que el porcentaje de área de conflicto de los polígonos será mayor mientras su área tienda a ser menor, opuestamente el área de conflicto será menor si los polígonos tienden a tener una mayor área.

Gráfico 15. Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total y GPS de Precisión.



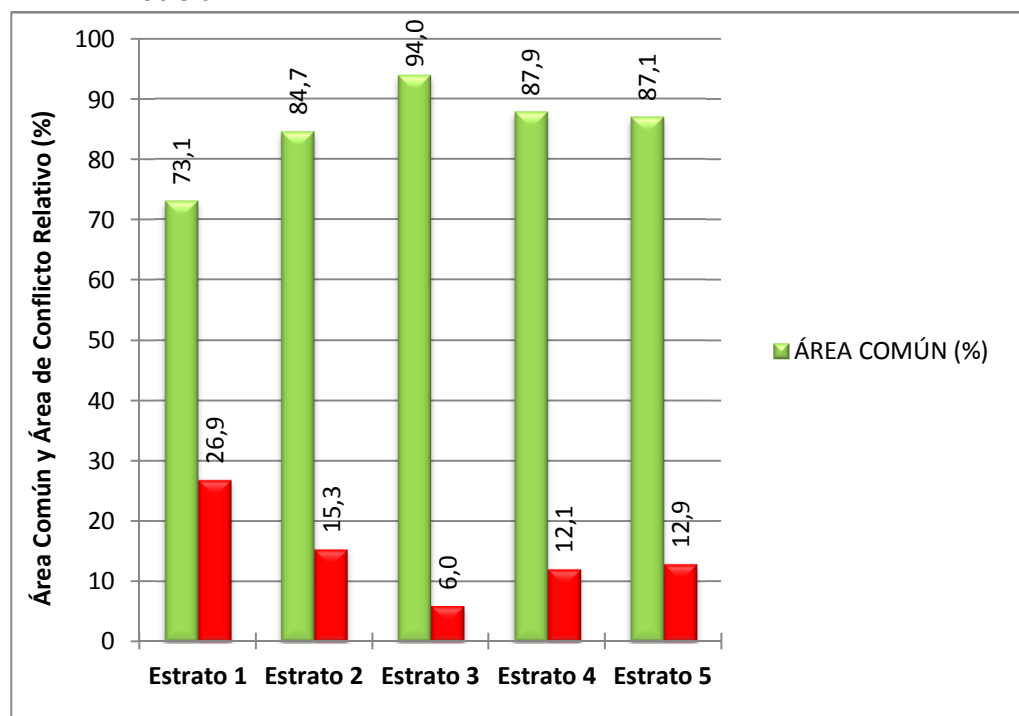
Cuadro 15. Porcentajes de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total, Digitalización de Ortofoto, GPS Navegador y GPS de Precisión.

ESTRATO	ÁREA COMÚN (%)	ÁREA DE CONFLICTO (%)
Estrato 1	73,1	26,9
Estrato 2	84,7	15,3
Estrato 3	94,0	6,0
Estrato 4	87,9	12,1
Estrato 5	87,1	12,9

En el Cuadro 15 y Gráfico 16, se observa la misma tendencia de que el área de conflicto del estrato 1 es mucho mayor que en los demás estratos alcanzando un 26.9 %. Por el contrario los estratos 3, 4,

valores de área de conflicto con 6.0 %, 12.1 % y 12.9 % respectivamente. Esto indica que el porcentaje de área de conflicto de los polígonos será mayor mientras su área tienda a ser menor, opuestamente el área de conflicto será menor si los polígonos tienden a tener una mayor área.

Gráfico 16. Relación de área común y área de conflicto por estrato, medidos con Estación Total, Digitalización de Ortofoto, GPS Navegador y GPS de Precisión.



4.2.8. Interrelación de Métodos Evaluados

Cuadro 16. Área absoluta/relativa, de la superficie común y superficie afectada por la interrelación de los cuatro métodos de medición

Tipo de Área	Área (m ²)	Área Relativa (%)
Área Total Común	1020656,715	88,2
Área Total Afectada	135932,736	11,8

En el Cuadro 16, podemos observar que el área común total de los 15 polígonos medidos con los cuatro métodos de medición superficial, está representado por 1020656,715 m², lo cual equivale al 88,2% del total de áreas obtenidas. El Área afectada o no común tiene como resultado 135932,736 m², lo cual representa el 11,8 % restante.

Consecutivamente en el Cuadro 17, Gráficos 17 y 18, se representan los diferentes tipos de interrelación existen dentro del Área Total Afectada que se obtuvieron de los cuatro métodos evaluados. El tipo de interrelación ET-DIG-PRE-NAV obtuvo la mayor área representada, con 22824,984 m² que equivale el 16.8%, por el contrario la interrelación DIG-PRE representa la menor área con 1538,913 m² lo cual corresponde el 1,1% del total del Área Total Afectada.

Cuadro 17. Área absoluta y relativa de los diferentes tipos de interrelación existentes entre los cuatro métodos de levantamiento superficial.

Tipo de Interrelación	Área (m ²)	Área Relativa (%)
ET	6889,503	5,1
DIG	11895,87	8,8
PRE	2919,687	2,1
NAV	18721,334	13,8
ET-DIG	4683,248	3,4
ET-DIG-PRE	22824,984	16,8
ET-DIG-PRE-NAV	22824,984	16,8
ET-DIG-NAV	8361,36	6,2
ET-PRE	7698,267	5,7
ET-PRE-NAV	12564,782	9,2

	2711,098	2,0
DIG-PRE	1538,913	1,1
DIG-PRE-NAV	3412,824	2,5
DIG-NAV	6276,938	4,6
PRE-NAV	2608,944	1,9
TOTAL:	135932,736	100

ET: Estación Total, DIG: Digitalización de Ortofoto, PRE: GPS de Precisión, NAV: GPS Navegador

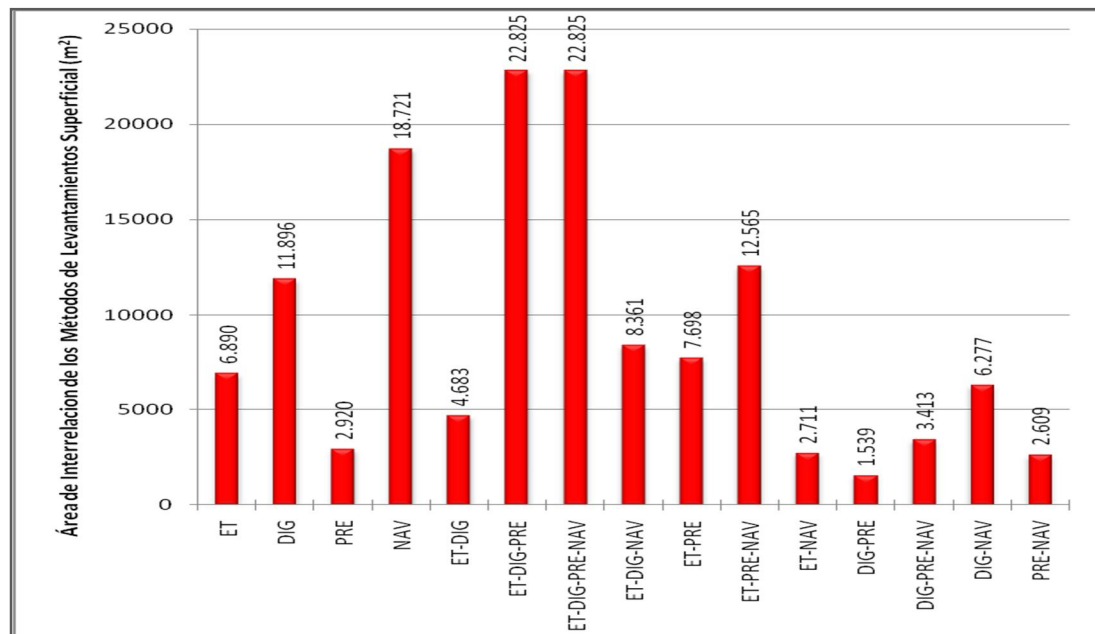
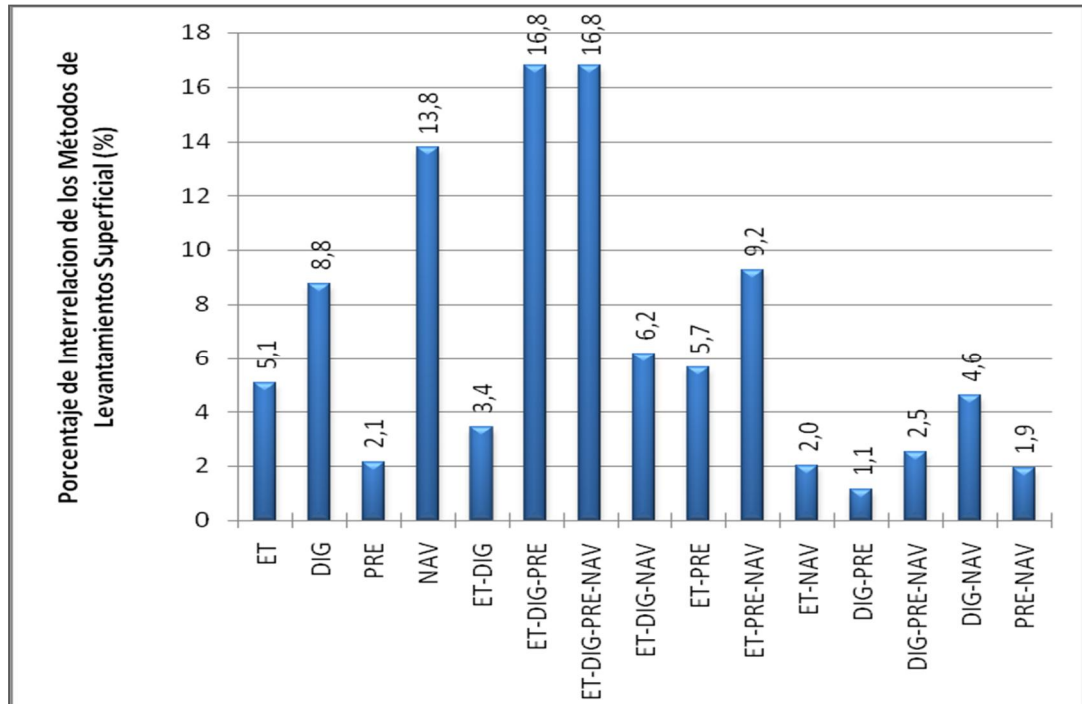


Gráfico 17. Área de Interrelación de los Métodos de Levantamiento Superficial.

Interrelación de los Métodos de Levantamiento

Superficial.



4.2.9. Interrelación de Área Común, Área de Conflicto, Pendiente, y Altura Media de la Cobertura Vegetal.

Cuadro 18. Resultados de Interrelación de pendiente del terreno y cobertura vegetal con el Área Común y Área de conflicto.

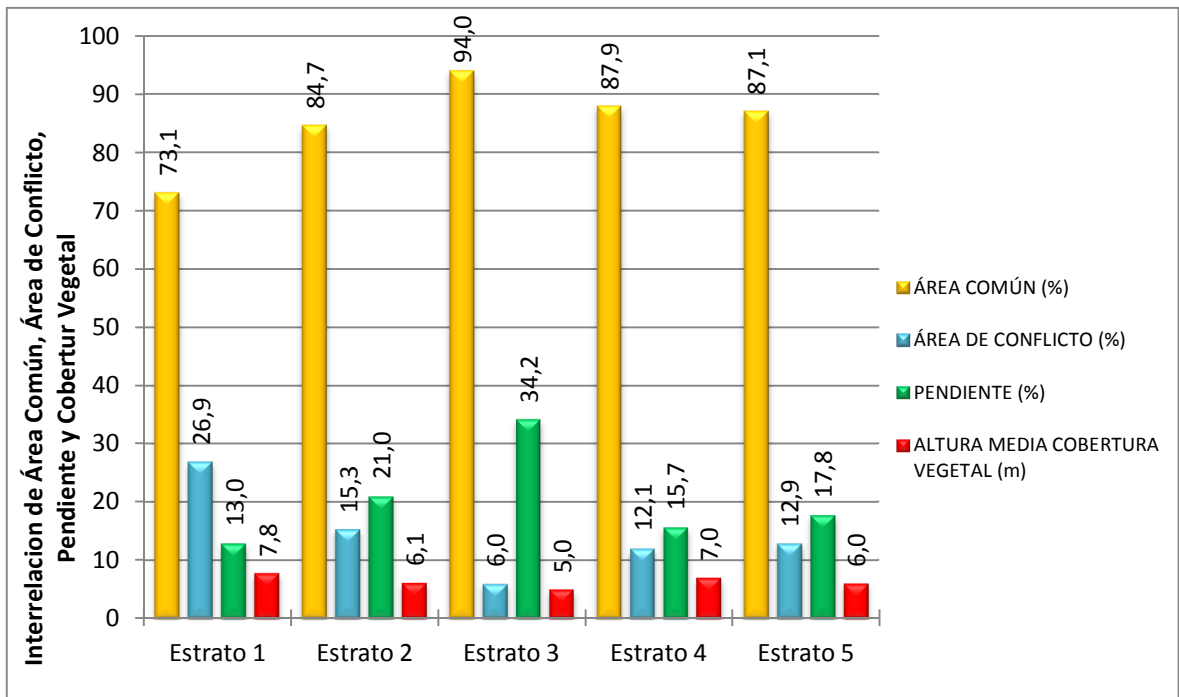
ESTRATO	ÁREA COMÚN (%)	ÁREA DE CONFLICTO (%)	PENDIENTE (%)	ALTURA MEDIA COBERTURA VEGETAL (m)
Estrato 1	73,1	26,9	13,0	7,8
Estrato 2	84,7	15,3	21,0	6,1
Estrato 3	94,0	6,0	34,2	5,0
Estrato 4	87,9	12,1	15,7	7,0
Estrato 5	87,1	12,9	17,8	6,0

Dentro del análisis de interrelación de cobertura vegetal y pendiente, junto con el área común y área afectada, se observa que la pendiente no es un factor que influye y afecte directamente en la el cálculo y

no. Esto se puede demostrar con los resultados del estrato 3, donde se presenta la mayor pendiente media (34,2%) y sin embargo tiene el mayor porcentaje de área común (94%).

Lo contrario sucede con la altura media de la cobertura vegetal, el cual es un factor que afecta de manera considerable en la obtención de áreas de terreno precisas y confiables. Esto se evidencia en el Cuadro 18 y Gráfico 19, en donde el Estrato 1 presenta la mayor altura media de cobertura vegetal con 7,8 m y paralelamente el área de conflicto es el mayor con 26,9%. Lo contrario sucede en el estrato 3 donde la altura media de la cobertura vegetal es la menor con 5,0 m, y un área de conflicto de solo el 6%.

Gráfico 19. Representación gráfica de Interrelación de pendiente del terreno y



cobertura vegetal con el Área Común y Área de conflicto.

4.3. **RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO: ANALIZAR LOS ERRORES MÁS COMUNES Y RECOMENDAR LAS TÉCNICAS ADECUADAS A LOS NIVELES DE LEVANTAMIENTO DE DATOS.**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un análisis de información de los errores que son permitidos dentro de las diferentes escalas, dependiendo para cada tipo de proyecto a realizarse.

4.3.1. **Análisis de los Errores más Comunes**

- a) **Estándares: Criterios y procedimientos utilizados para certificar la calidad de los datos**

El uso de normas y estándares en un SIG es necesario, porque no es posible generar información sin errores y por lo tanto se requiere de una escala y un procedimiento para valorar dicho grado de error. Esto lleva a evitar errores y determinar cuán confiable es una base de datos.

Cuadro 19. Errores comunes en el uso de los Sistemas de Información Geográfica.

Etapa del proceso	Fuentes de Error
Adquisición de información	Errores de campo, errores existentes en los mapas fuente, errores en el análisis de imágenes derivadas de sensores remotos.
Insumo de los datos	Errores de digitalización (error de máquina y error humano). Errores de generalización en los elementos a digitar (Ej. Límites que aparecen como exactos en el mapa pero que en la realidad son difusos).
Almacenamiento de los datos	Precisión numérica inapropiada para los datos en uso. Ej. Utilizar precisión simple (7 cifras significativas) Versus doble precisión con 16 cifras significativas. Resolución espacial no apropiada para representar la variabilidad de la superficie en estudio.
Manipulación de la información	Propagación de errores al combinar dos o más mapas. Errores en la delimitación de los bordes de los polígonos. Uso inadecuado de las escalas de medición.
Generación de productos	Selección de escalas inapropiadas para imprimir mapas. Errores asociados al medio utilizado para imprimir los mapas. Errores asociados al equipo utilizado para imprimir mapas.
Aplicación de resultados	Interpretaciones incorrectas de los datos. Uso inadecuado de los resultados por desconocimiento o falta de formación de los usuarios.

b) **Márgenes de error de los GPS**

Al analizar los errores de los GPS, el programa calcula y muestra márgenes de error para todas las ocupaciones y los parámetros ajustados. Estos márgenes de error son presentados en dos niveles de confianza: error estándar y error 95%. El error estándar define una región de error dentro de la cual hay un 68% de probabilidades de que el valor verdadero de la ocupación o parámetro sea falso. Un error de 95% define una región dentro de la cual existe un 95% de probabilidades de que el valor verdadero de la ocupación o parámetro sea verdadero. Los

presentados en ambos marcos de referencia vertical y horizontal. Vectores de similar longitud deben tener similares márgenes de error.

Cuadro 20. Precisiones planimétricas usuales. (Sevilla, 1991).

Escala del mapa	Desviación aceptable (m)
1:10000	2,500
1:5000	1,250
1:2000	0,500
1:1000	0,250
1:500	0,125
1:200	0,050
1:100	0,025

NOTA: Desviaciones tolerables para que el 90 % de los puntos se encuentre a una distancia inferior a los 0.43mm.

c) **Representación de la exactitud**

Mediante la Norma Técnica NTG-002 - 2006 Estándares de Exactitud Posicional, se puede deducir lo siguiente:

- **Exactitud del posicionamiento horizontal CEP (círculo de error probable)**

se encuentra representado por el radio de un círculo que define la región de confianza, dentro de la cual existe un 50% de probabilidad de que se encuentre el valor verdadero de una cantidad cualquiera.

El estadístico empleado para representar la exactitud posicional horizontal de un punto es el **CEP**, el cual se determina mediante la siguiente relación:

$$\mathbf{CEP} = 0.5887(\phi + \lambda)$$

En donde:

ϕ = desviación estándar de la latitud, en metros

λ = desviación estándar de la longitud, en metros

Mientras que el **CEP** en el nivel de confianza del 95% (**CEP₉₅**) está dado por:

$$\mathbf{CEP}_{95} = 2.0789\mathbf{CEP}$$

Con lo que se tiene finalmente:

$$\mathbf{CEP}_{95} = 1.2238 (\phi + \lambda)$$

Esta normativa no fue tomada en cuenta en la investigación, ya que se trata de la exactitud posicional horizontal de un punto y en la presente se utilizó técnicas de precisión que se relacionaron en base al área de cada parcela. Para posteriores estudios se recomienda tomar en cuenta esta normativa de exactitud posicional.

- **Clasificación de los órdenes de exactitud posicional horizontal**

En el Cuadro 21 se presentan los órdenes de exactitud en función de los rangos aplicables para la catalogación de los trabajos de posicionamiento que se conecten a la RGNA (Red Geodésica Nacional Activa). Los órdenes de exactitud deben ser considerados durante la etapa de diseño o preanálisis del levantamiento, así como en la fase de evaluación del proyecto de posicionamiento.

Cuadro 21. Órdenes de Exactitud Posicional Horizontal

Órdenes de Exactitud	Rango
1 centímetro	Hasta 0.010 metros
2 centímetros	De 0.011 a 0.020 metros
5 centímetros	De 0.021 a 0.050 metros
1 decímetro	De 0.051 a 0.100 metros
2 decímetros	De 0.101 a 0.200 metros
5 decímetros	De 0.201 a 0.500 metros
1 metro	De 0.501 a 1.000 metros
2 metros	De 1.001 a 2.000 metros
5 metros	De 2.001 a 5.000 metros
10 metros	De 5.001 a 10.000 metros
20 metros	De 10.001 a 20.000 metros
50 metros	De 20.001 a 50.000 metros
100 metros	De 50.001 a 100.000 metros
200 metros	De 100.001 a 200.000 metros
500 metros	De 200.001 a 500.000 metros

- **Aplicaciones de los órdenes de exactitud posicional horizontal**

Los órdenes de exactitud de 1, 2 y 5 centímetros se aplican básicamente a las técnicas de geodesia satelital. El resto de órdenes continúa vigente para los Levantamientos Geodésicos clásicos efectuados por métodos tradicionales, en donde es posible la aplicación de técnicas diferenciales del GPS en estos órdenes.

Orden de 1 decímetro: Se destinará a levantamientos de densificación del sistema de referencia geodésico nacional básico; trabajos de ingeniería de alta precisión, al establecimiento de vértices de control para la fase de delimitación en levantamientos topográficos, en los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo sea de hasta 1:5000, así como a cualquier levantamiento que requiera una exactitud posicional en este orden. Los trabajos que se hagan dentro de este orden deberán integrarse a la RGNP (Red Geodésica Nacional Pasiva) y ajustarse junto con ella, dando como resultado una exactitud posicional en este orden.

Orden de 2 decímetros: Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de puntos de apoyo, a la fase de delimitación en levantamientos parcelarios que por sus requerimientos deban cumplir con este orden, apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, a los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo esté comprendida entre 1:5000 y 1:15000 y en general a cualquier trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 5 decímetros: Aplicable a los levantamientos geodésicos horizontales que se destinen al establecimiento de vértices parcelarios de propósitos censales en áreas urbanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos de ingeniería, a trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo esté comprendida entre 1:15000 y 1:20000 y en general, a cualquier trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 1 metro: Se deberá aplicar al establecimiento de puntos o vértices parcelarios en áreas rurales, al desarrollo de fraccionamientos y levantamientos detallados en zonas de alto desarrollo y valor del suelo, a los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo esté comprendida entre 1:20000 y 1:50000 y en general a todo proyecto que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 2 metros: Se deberá destinar al control geodésico horizontal de áreas de valor del suelo de medio a bajo, a proyectos locales de desarrollo, levantamientos topográficos o hidrográficos, a la densificación de levantamientos de orden superior, a proyectos de ingeniería, a los trabajos fotogramétricos cuya escala de vuelo esté comprendida entre 1:50000 y 1:75000 y en general a todo trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 5 metros: Deberá aplicarse a los levantamientos geodésicos horizontales sobre áreas que no tienen un alto índice de desarrollo y donde no se prevea que éste se produzca en el corto plazo; a levantamientos para apoyo cartográfico y de procesos fotogramétricos de escalas medianas a pequeñas, al establecimiento de control geodésico a lo largo de costas, ríos navegables, entre vías de comunicación importantes, a fraccionamientos y parcelamientos, a las áreas de bajo valor del suelo, a proyectos de construcción y en general a todo trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 10 metros: Se considera el uso de receptores GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones que requieran referenciación geográfica en escalas de hasta 1:10 000, a temas de geología, edafología, uso del suelo, suelos, hidrología y otros de recursos naturales; cartografía temática y en general a todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 20 metros: Se considera el uso de receptores GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones

geográfica en escalas comprendidas entre 1:10000 y 1:20000 sobre temas de uso del suelo, geología, hidrología y otros de recursos naturales; cartografía temática y en general a todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 50 metros: Se considera el uso de GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones que requieran referenciación geográfica en escalas comprendidas entre 1:20000 y 1:50000 sobre temas de uso del suelo, geología, hidrología y otros de recursos naturales; cartografía temática y en general a todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 100 metros: Se considera el uso de GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones que requieran referenciación geográfica en escalas comprendidas entre 1:50 000 y 1:100000 sobre temas de uso del suelo, geología, hidrología y otros de recursos naturales; cartografía temática y en general a todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 200 metros: Se considera el uso de GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones que requieran referenciación geográfica en escalas comprendidas entre 1:100000 y 1:250000 sobre temas de uso del suelo, geología, hidrología y otros de recursos naturales y cartografía temática y en general para todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

Orden de 500 metros: Se considera el uso de GPS navegador. Se deberá destinar a la determinación de posiciones que requieran referenciación geográfica en escalas comprendidas entre 1:250000 y 1:1000000 sobre temas de uso del suelo, geología, hidrología y otros de recursos naturales; cartografía temática y en general a todo tipo de trabajo que requiera una exactitud posicional en este orden.

4.3.2. Técnicas de Levantamientos de Datos

Las técnicas más usuales que se pueden emplear en diferentes estudios de levantamiento de datos de GPS navegador, GPS de precisión, estación total y digitalización de fotografía aérea, se presentan a continuación:

a) Técnicas de medición con GPS navegador:

Esta es la técnica más sencilla empleada por los receptores GPS para proporcionar instantáneamente al usuario, la posición X, Y, Z (longitud, latitud y altitud), que se realiza tomando los datos de coordenadas geográficas en cada uno de los vértices que definan el área de estudio. La precisión obtenida es menor que 100 m (por lo general entre 30 y 40 m) para usuarios civiles. Por su precisión que va desde 50 a 100 m, se lo puede utilizar para excursionistas, barcos, aviones, vehículos.

Es claro que podemos utilizar un navegador para trabajos en los que la precisión requerida sea inferior a 25 m, tales como Sistemas de Información Geográfica, o incluso trabajos de teledetección. También es obvia su utilización para buscar vértices geodésicos. Además puede emplearse para la representación de caminos y senderos en mapas a escala 1:50.000 o incluso superior.

b) Técnicas de Medición con GPS de precisión

Existen diferentes técnicas de medición que pueden ser utilizadas en la mayoría de los receptores topográficos GPS. El topógrafo debe elegir la técnica apropiada para cada aplicación.

- **Método Estático**

El método de levantamiento estático fue el primer método en ser desarrollado y es utilizado para la medición de líneas bases largas, generalmente de 20 km ó más, por lo que su período de sesión de registro dura entre las 2 á 5 horas dependiendo la distancia. Este método ofrece precisión alta en distancias largas, pero es comparativamente lento. El EMC (Error Cuadrático Medio) de este método es alrededor de 3 mm. \pm 0,5 ppm.

- Puntos de control enlazados a la red geodésica
- Utilizado para líneas largas
- Implementación de una red geodésica
- estudios de tectónica de placas

En este ejemplo la red A, B, C, D, E, F Y G debe ser medida para lo cual se conocen las coordenadas de los puntos A y B.

UBICACIÓN DE LOS POLIGONOS

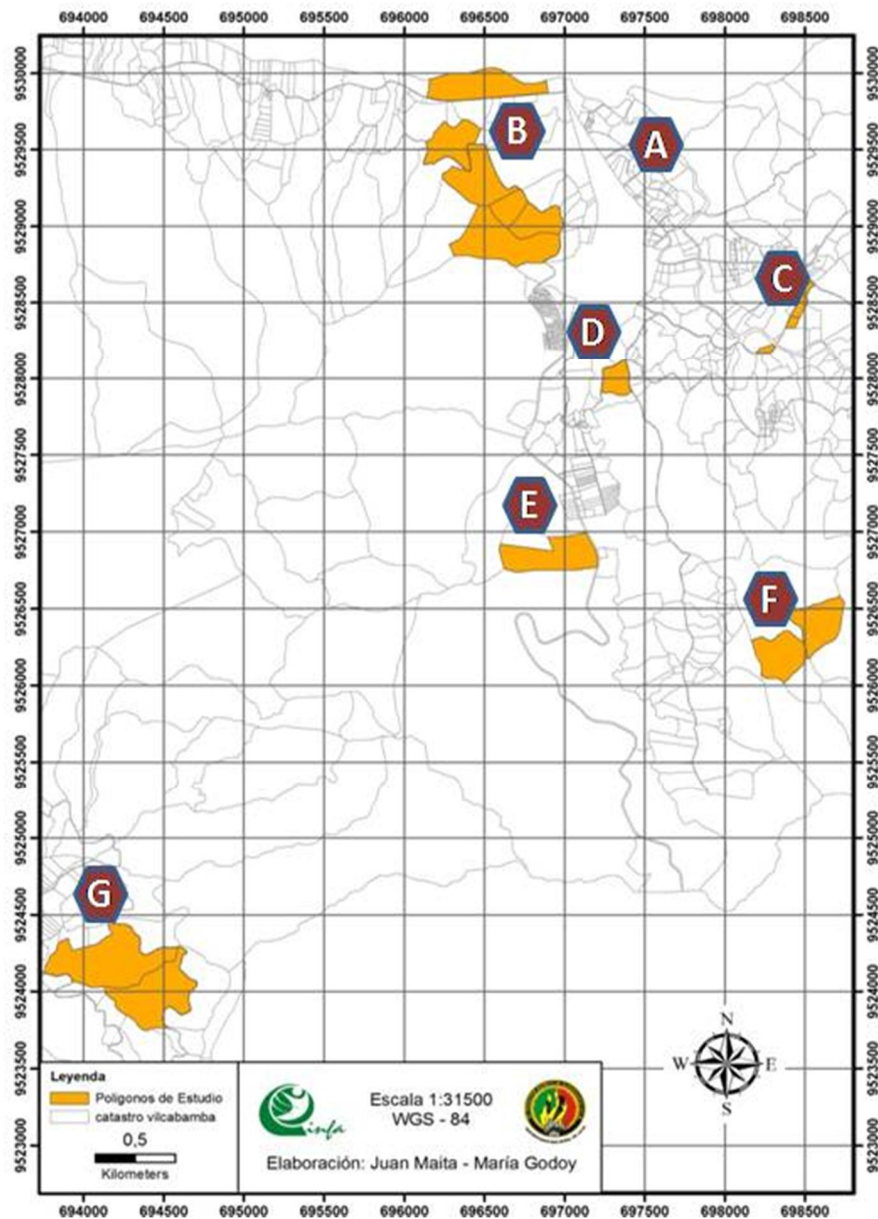


Figura 12. Red de puntos de estudio

El equipo de medición empieza ocupando los puntos A -B -C en forma simultánea.

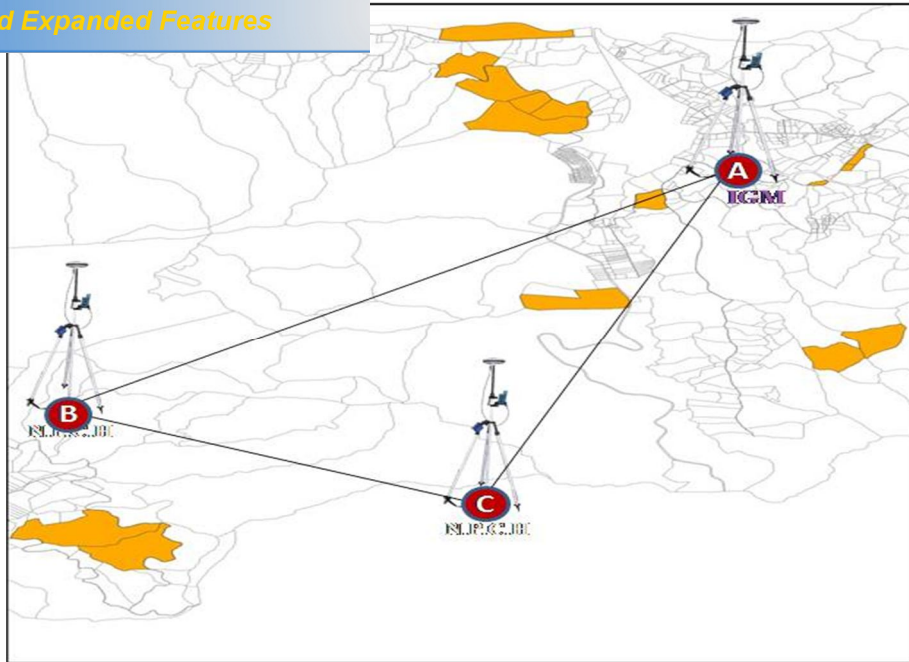


Figura 13. Entrelazamiento de los puntos A . B - C

Del mismo modo se procede a ocupar los puntos A -B . D, consecutivamente. De esta manera se obtiene una red geodésica de alta precisión sobre un área grande y con la redundancia requerida.

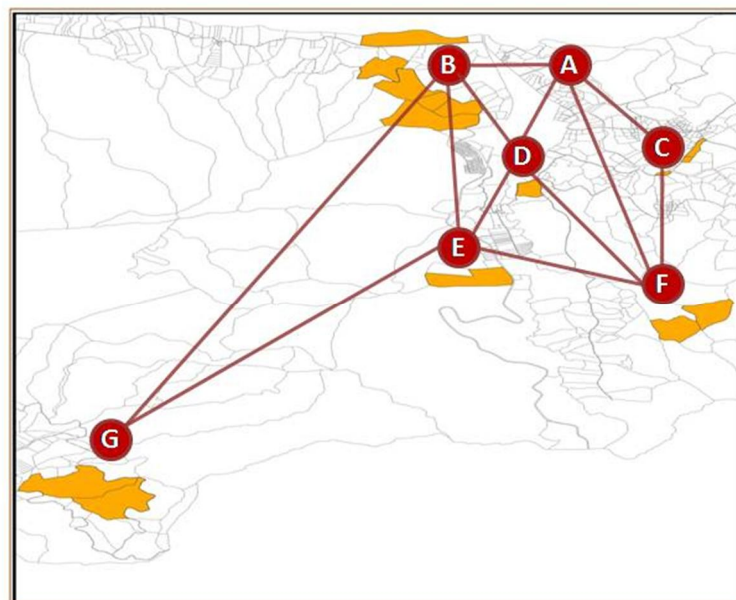


Figura 14. Puntos enlazados a la red geodésica

- **Método Estático Rápido**

Es una técnica manera muy eficiente para medir muchos puntos que están muy cerca uno del otro. Ofrece alta precisión en líneas base de hasta 20 km. y es mucho más rápido que la técnica estática. Los tiempos breves de observación posibilitan una precisión de 5 a 10 mm. \pm 1 ppm.

- Empleado para levantamiento de detalles
- Medición de muchos puntos de sucesión corta,
- Establecer redes de control locales,
- Incrementar la densidad de redes existentes. medición de parcelas, para establecer puntos de control

El Receptor de referencia se ubica por lo general sobre un punto de coordenadas conocidas.

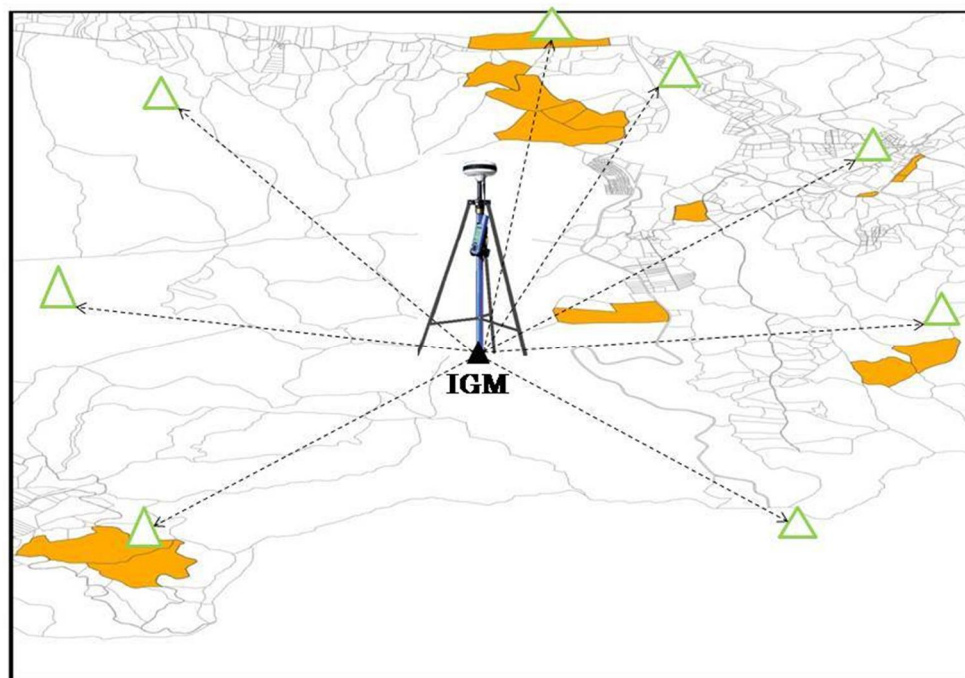


Figura 15. Ubicación de uno de los puntos enlazados a la red.

El receptor móvil será estacionado en cada punto de interés para el Topógrafo.

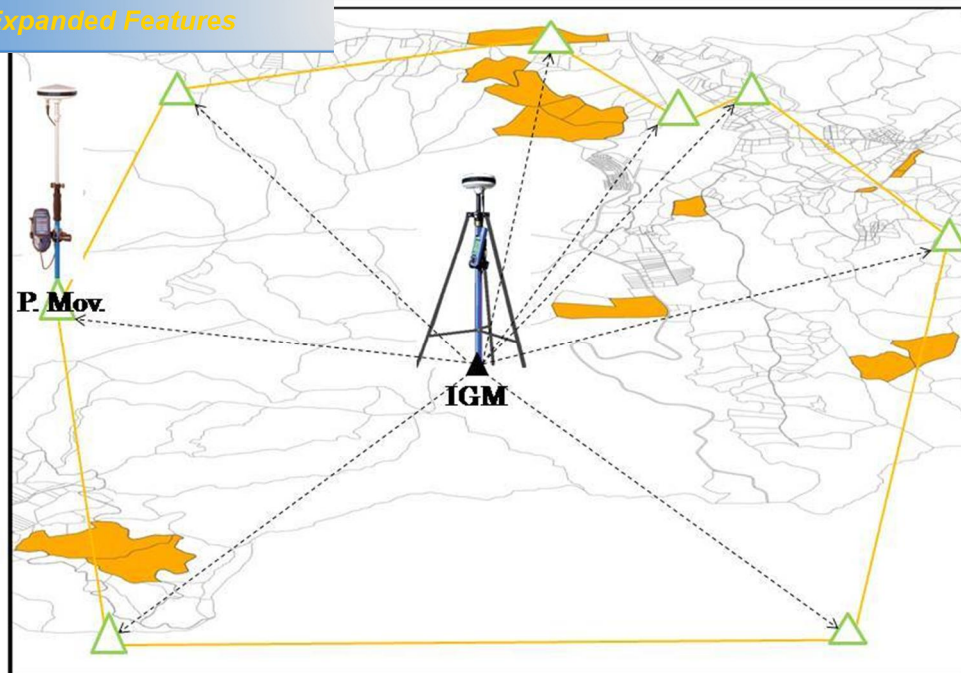


Figura 16. Ubicación del receptor móvil en los diferentes vértices de interés.

El período de tiempo que el móvil deberá observar en cada punto, depende de la longitud de la línea base desde la Referencia y del GDOP (dilución de precisión geométrica). El resultado final será la radiación aquí mostrada.

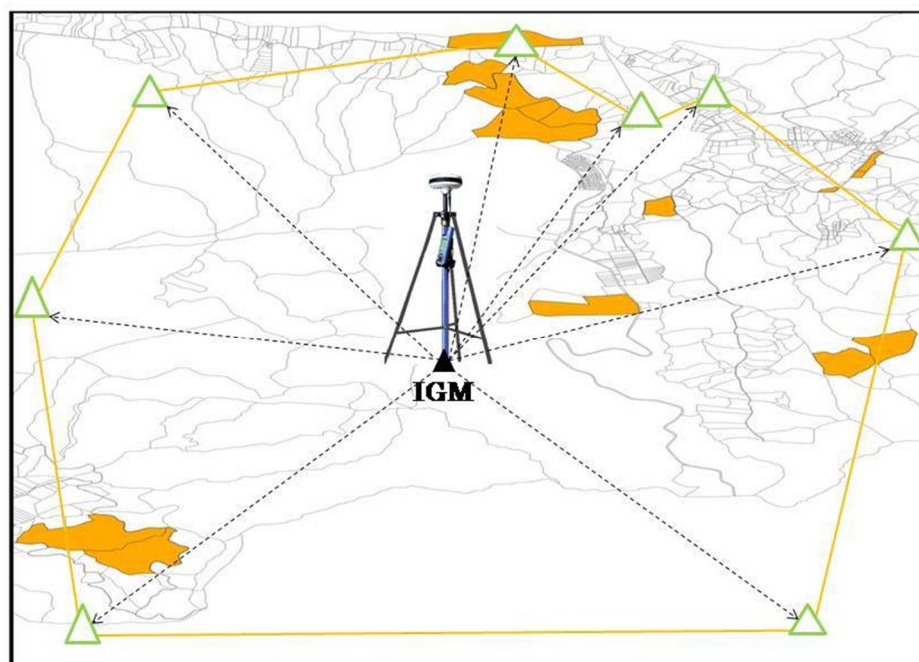


Figura 17. Resultado final del área de estudio.

Método Cinemático:

Usados para establecer redes de control locales, incrementar la densidad de redes existentes, levantamiento de vías, redes de conducción, etc. Ofrece alta precisión en líneas base de hasta 20 km y es mucho más rápido que la técnica estática. Posee un EMC (Error Cuadrático Medio) 1 a 3 cm. + 1 ppm. Existen tres métodos cinemáticos:

Cinemático con registro de puntos de detalle:

Este tipo de levantamiento se utiliza cuando se requiere capturar gran cantidad de puntos de detalle. El Receptor móvil requiere ser inicializado por unos 10 á 15 minutos en el primer punto.

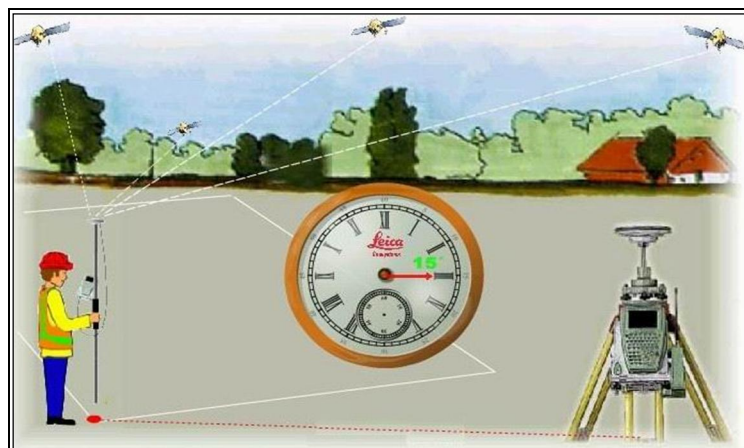


Figura 18. Inicialización del receptor móvil.

Una vez inicializado, se puede movilizar a los otros puntos que se quiere levantar, ocupando cada uno por sólo unos pocos segundos.

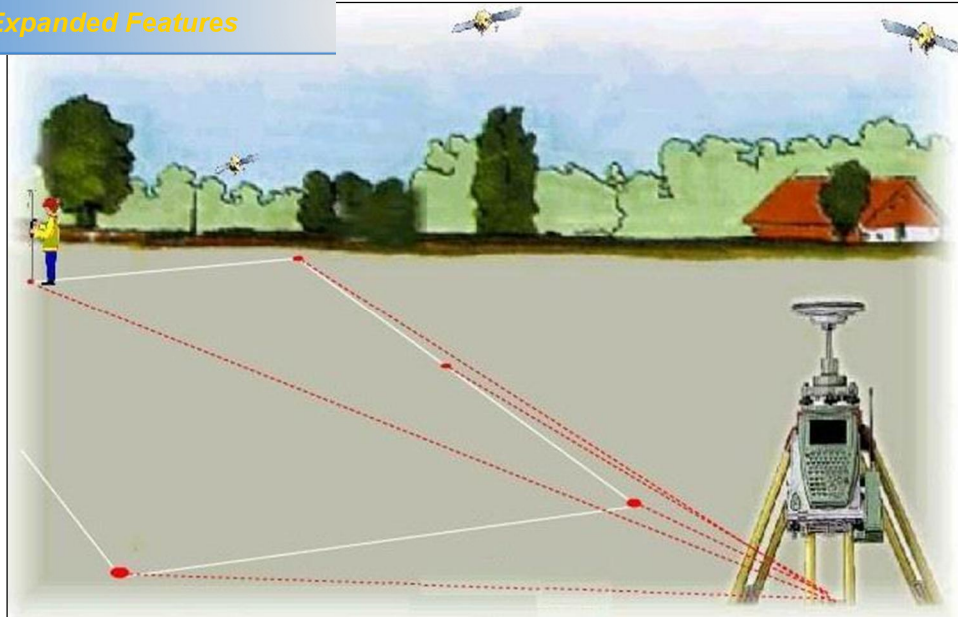


Figura 19. Movilización a los diferentes puntos de interés.

Cinemático con registro de puntos a intervalos

predefinidos: El Móvil tiene que realizar el procedimiento conocido como inicialización. La Referencia y el Móvil permanecen absolutamente estáticos por 10 á 15 minutos registrando datos.

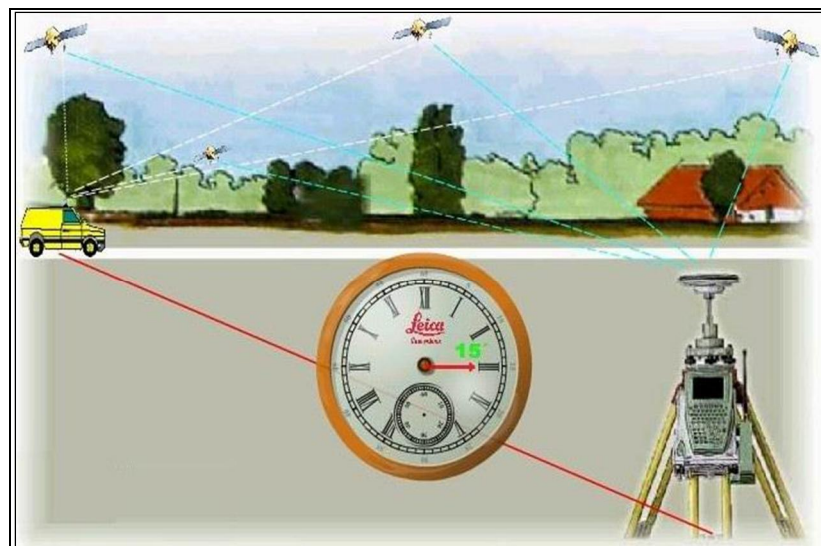


Figura 20. Registrando datos del punto de Referencia y el Móvil

Una vez inicializado, el Móvil puede empezar a desplazarse, las posiciones se empiezan a registrar a intervalos predefinidos por el usuario, se muestra en la figura.

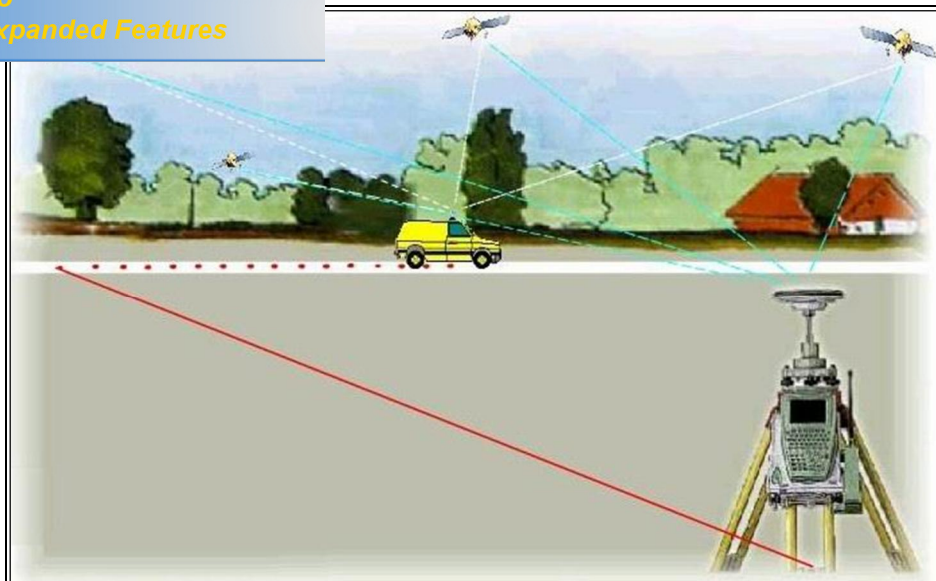


Figura 21. Desplazamiento del móvil por intervalos predefinidos del usuario.

Cinemático con inicialización al vuelo (OTF):

En este método no necesita la inicialización estática, al inicio de la medición el Receptor móvil puede comenzar a desplazarse y automáticamente se registran los datos al intervalo predefinido.

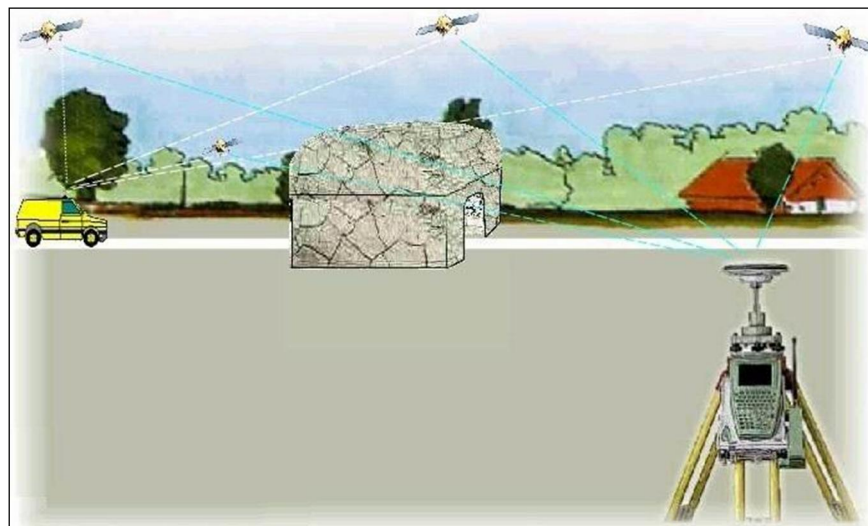


Figura 22. Registro de datos de los diferentes intervalos predefinidos.

Si se presentan obstáculos (árboles, túneles, etc) y pierde la señal de los satélites, el sistema se volverá a iniciar automáticamente al momento de tener suficiente cobertura de satélites. Este

está disponible en los equipos L1 + L2 (doble frecuencia)

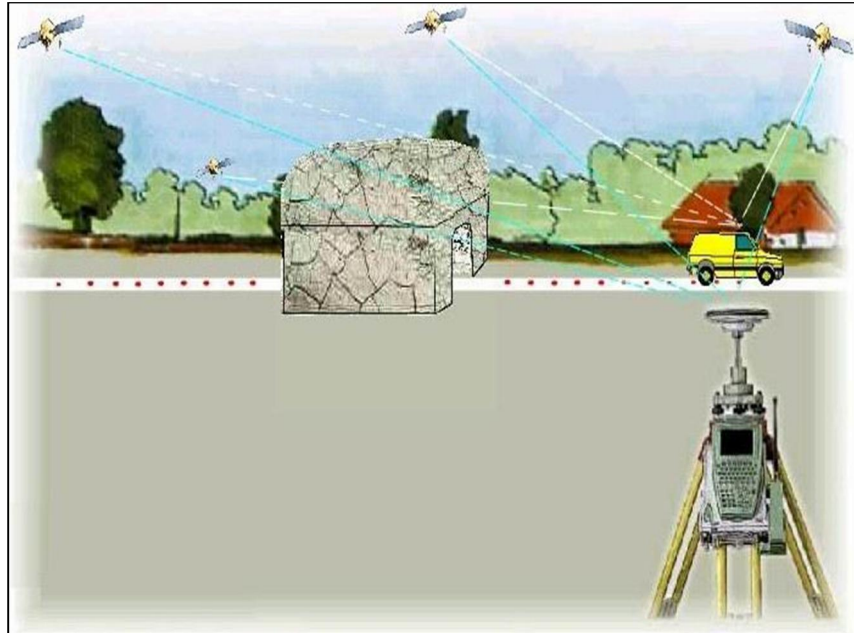


Figura 23. Registro de datos de los diferentes intervalos predefinidos cuando se presentan obstáculos.

- **Stop and Go.**

Es un tipo de estacionamiento muy parecido al cinemático, la diferencia principal es que aquí se realiza una parada para levantar el punto en cuestión, se detendra durante 2 épocas (10 segundos por lo normal) almacenando la información del punto (nombre atributo, etc.) y seguiremos sin perder señal de los satélites, hacia el siguiente punto. Precisión de línea- base: 1 a 2 cm. + 1 ppm.

c) Técnicas de medición de foto

Cuando los reconocimientos aéreos forman parte de las prácticas normales de levantamientos topográficos de un país, también pueden emplearse para efectuar trabajos catastrales rurales y para urbanos siempre a una escala amplia, así mismo, para levantar mapas topográficos.

Además de servir para el levantamiento de mapas, las fotografías aéreas a escala grande tienen otras aplicaciones que son: levantamientos relacionados con la erosión de terrenos, levantamientos para efectuar inventarios forestales, para identificar el uso de las tierras y otras muchas aplicaciones. A menudo puede resultar económico usar fotografías aéreas para hacer levantamientos catastrales y utilizarlas para levantar mapas. En si los diferentes estudios que se puede realizar son:

- Levantamiento de cobertura y uso.
- Para catastro, dependiendo la resolución y escala (para catastro rural una escala de 1: 5000 y urbano 1:2500).
- Fotorestitución donde se obtiene la topografía (curvas de nivel).
- Levantamiento de infraestructura vial entre otros puntos (tanques de agua)
- Análisis multitemporal con fotos de distinta fecha.
- Interpretación de Geomorfología

- **Normas técnicas para la elaboración de ortofotos digitales**

Para la digitalización deberán usarse diapositivas en tono continuo mediante un Scanner Fotogramétrico. El tamaño del pixel estará dentro de un rango mínimo de 7.5 micras y un máximo de 50 micras.

Deberá tomarse en cuenta la escala de la fotografía y la escala final de la ortofoto, considerando una amplificación máxima de cuatro veces.

- **Puntos de Control**

Los puntos que se usarán para controlar los ortofotos, pueden obtenerse mediante el proceso de Triangulación Aérea o mediante mediciones directas en campo. La(s) fotografía(s) que se use(n) para generar la ortofoto, deberá(n) contener por lo menos seis a nueve puntos de control, ubicados

...s en la parte izquierda, dos o tres en la parte central y dos o tres en la parte derecha, distribuidos en las áreas de sobreposición con las líneas adyacentes. Asimismo los puntos de control terrestre ya sean los que se levanten para apoyo de bloque para la triangulación aérea o los de levantamientos directos, deberán sujetarse a las especificaciones establecidas en las *Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos*.

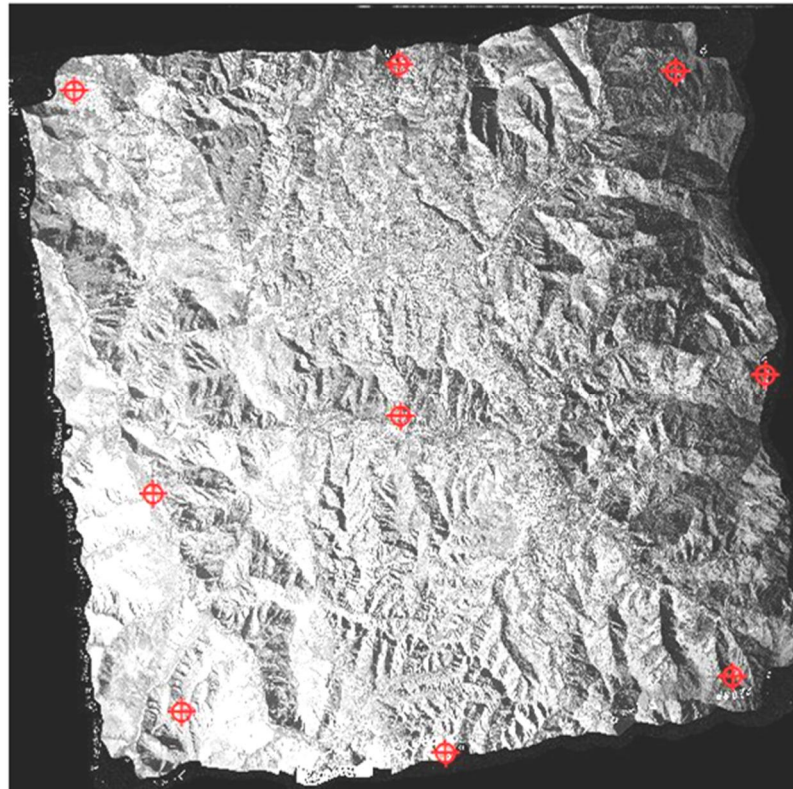


Figura 24. Distribución de los puntos de control.

- **Modelos Digitales de Elevación.**

Los Modelos podrán ser elaborados utilizando cualquiera de los métodos y materiales conocidos; digitalización de las curvas de nivel en mapas existentes o extracción en modelos tridimensionales de puntos con coordenadas X,Y,Z, en equipos analógicos (con capacidad de registro), analíticos y/o digitales.

- **Información de la calibración de la cámara**

Para el procesamiento de las ortofotos digitales, deberá contarse con los reportes actualizados de calibración de la cámara, con una antigüedad no mayor a 2 años o cada 10,000 disparos.

- **Estructura de las orthofotos digitales**

Los archivos de las ortofotos digitales, para distribución y resguardo, deberán contener registros de metadatos así como registros binarios para los datos de imagen. Los registros de datos de imagen consisten en filas y columnas de píxeles orientados en forma paralela a las filas y columnas de los Modelos Digitales de Elevación fuente. La figura 1 muestra la relación entre la imagen digitalizada, los puntos de control terrestre, el Modelo Digital de Elevación fuente, la orthofoto, y las esquinas del rectángulo de 7' 30" de latitud x 6' 40" de longitud. La misma figura ilustra esquemáticamente la diferencia de tamaño entre la fotografía digitalizada y la orthofoto digital rectificada.

- **Archivos digitales.**

Los archivos digitales de las ortofotos deberán tener las siguientes características:

- Valores de brillantez de 0 (negro) al 255 (blanco), con representación digital de 8 bits como números positivos.
- Un archivo de texto de los metadatos mínimos necesarios:

- ✓ Dimensiones de la imagen (en columnas y filas)

el en los ejes X, Y

- ✓ Proyección Cartográfica
- ✓ Datum
- ✓ Zona UTM
- ✓ Coordenadas de las esquinas Noroeste de la imagen
- ✓ Fecha de la toma de la fotografía
- ✓ Formato
- ✓ Método de elaboración

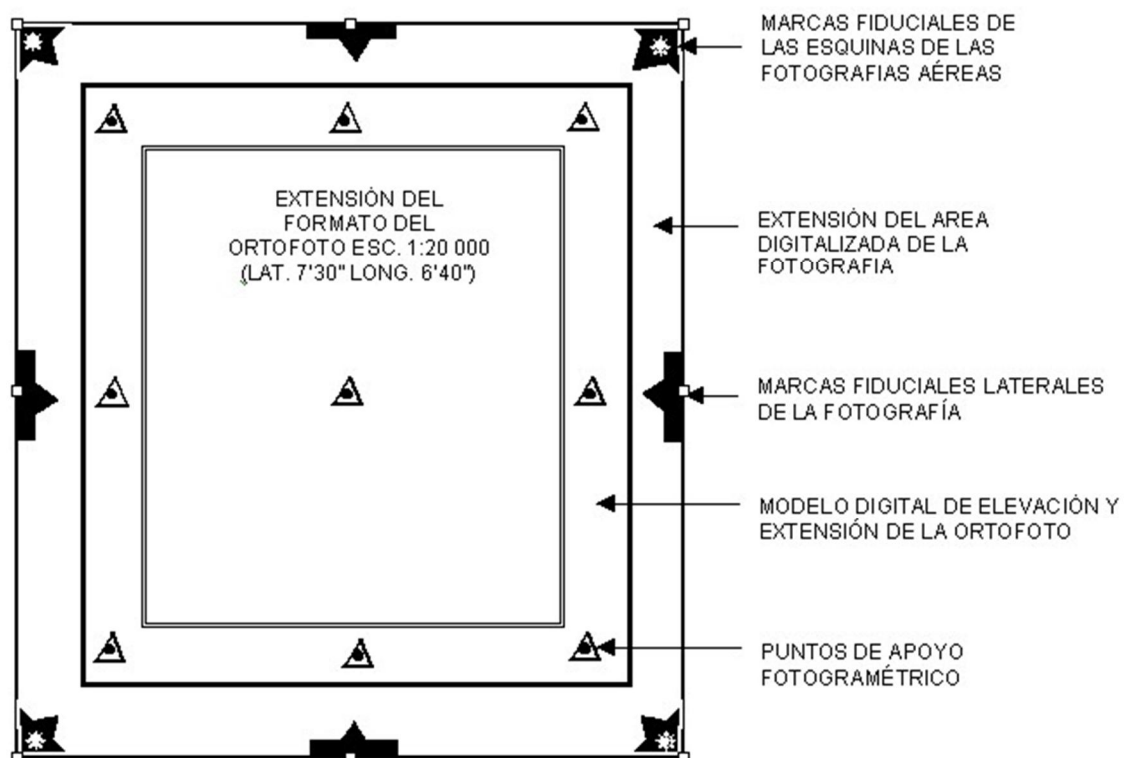


Figura 25. La proyección cartográfica será la Universal Transversa de Mercator (UTM).

- **Escala**

Las escalas de las ortofotos deberán sujetarse a las del Sistema Cartográfico del **INEGI**. Así mismo, se deberá usar una escala de vuelo de acuerdo con la tabla siguiente:

vuelo	1 : 75 000	1 : 37 500	1 : 20 000	1 : 10 000	1 : 5 000
Escala de ortofoto	1 : 20 000	1 : 10 000	1 : 5 000	1 : 2 000	1 : 1 000

- **Escalas que ofrecen los diferentes proveedores.**

Las diferentes escalas de vuelo que utilizan los proveedores son: CLIRSEN (IGM) para estudios de zonas rurales trabaja con 1: 500, zonas Urbanas 1: 2500 y para diferentes estudios topográficos a escala 1: 30000 . 1: 60000; referente a los Gobiernos locales de la Provincia de Loja como es el Municipio y Consejo Provincial trabajan a una escala 1: 5000 para catastro. Dentro de la Universidad Nacional de Loja (CINFA) los estudios de topografía, delimitación de cuencas, cobertura vegetal con fotografía aérea realizan a una escala 1: 30000 . 1: 60000.

d) Técnicas de medición con estación total

En toda obra civil, en una vivienda, un edificio, etc. se realizan tareas topográficas. Hoy en día se realizan casi exclusivamente con el instrumento electro-óptico llamado Estación Total que se realiza las siguientes mediciones:

- Levantamientos topográficos, planimétricos y catastrales.
- Replanteo de lotes
- Líneas de conducción
- Vías, entre otros.

A continuación se desarrollan las técnicas que se realizan basadas en una Estación Total:

• **Establecimiento de azimut**

El programa de establecimiento de Azimut es una aplicación que se encuentra en casi todos los programas internos de la Estación Total y sirven para definir el trabajo y organizar los datos para la ejecución de los levantamientos.

Primeramente se define un sistemas de coordenadas tridimensional, éstas pueden ser asumidas o bien pueden ser georreferenciadas, definiendo de esta manera una dirección para los ejes, la más adecuada es: g

Norte Geográfico = eje de las Y
 La Dirección este = al eje de las X
 La Altura de cota = al eje Z

Determinado el sistema de coordenadas, en la Estación Total se tiene que en los siguientes pasos secuenciales:

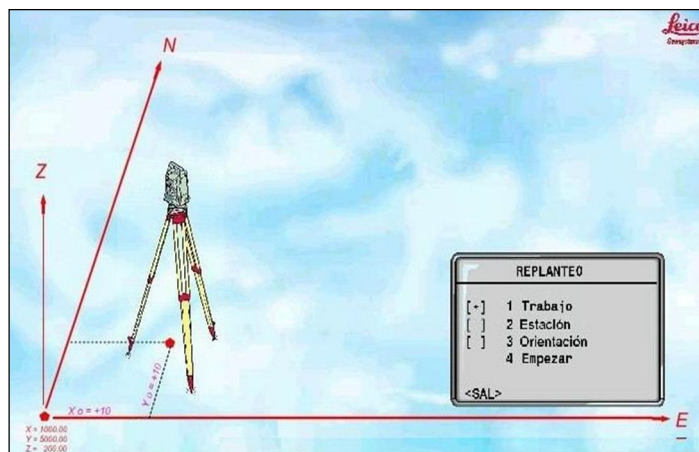


Figura 26. Determinación del sistema de coordenadas en la estación

Fijar Trabajo: en primer lugar se tiene que definir el trabajo especificando el nombre, operador, lugar y fecha de inicio del mismo. Todos los datos del campo que se registrarán posteriormente

tos fijos, estaciones...etc) se guardarán en el trabajo definido.

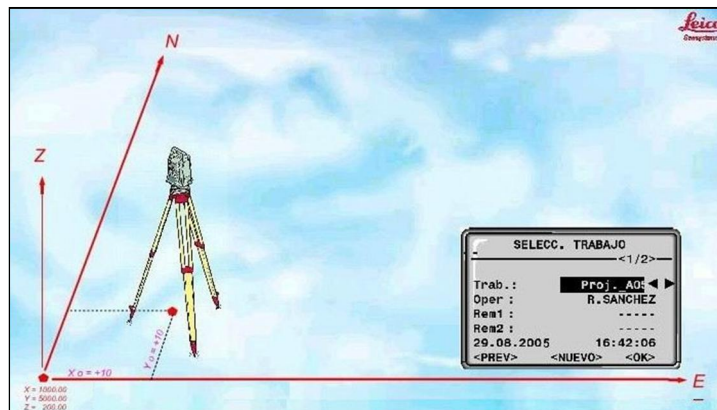


Figura 27. Definición del trabajo

Fijar estación: todos los cálculos de coordenadas se refieren siempre a la estación ocupada por el equipo. Para ello el equipo cuenta con la posibilidad de introducir por teclado o leer de la memoria interna, el nombre de la Estación ocupada, las coordenadas y la altura del instrumento.

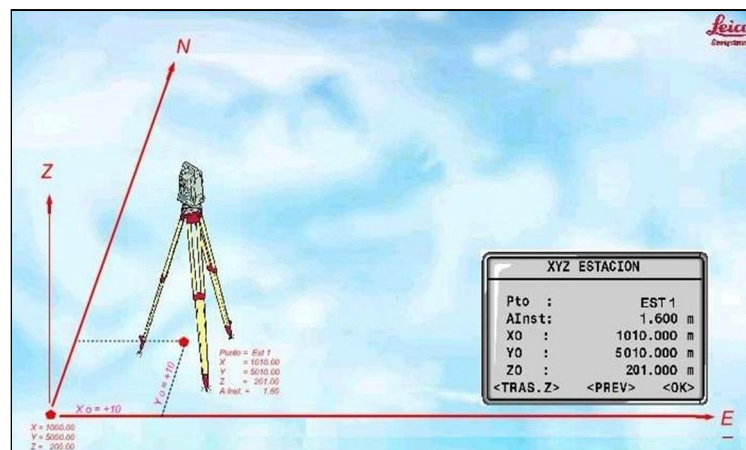


Figura 28. Fijar estación de trabajo

Fijar Orientación: como tercer paso, se tiene que introducir las coordenadas fijas del punto de referencia de las mismas que se pueden obtener de la memoria interna o introducirlas a mano.

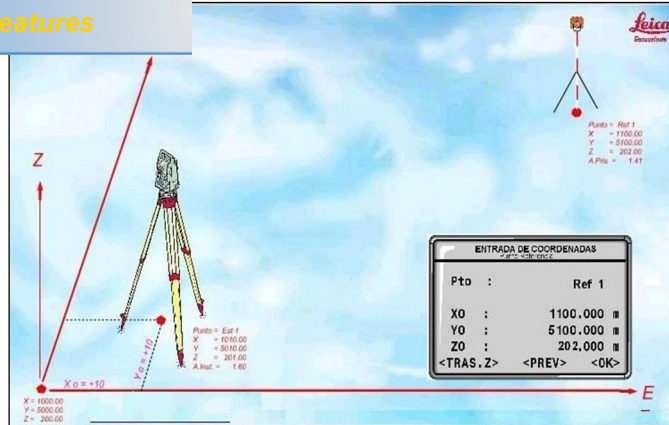


Figura 29. Fijar orientación, coordenadas

Una vez introducida las coordenadas del punto de referencia, la Estación Total calcula en forma automática por diferencia de coordenadas , el AZIMUT de PARTIDA.

Empezar: impuesto el equipo con el Azimut de Partida, se empieza a realizar el registro de información mediante la tecla DIST - REC o la tecla ALL.

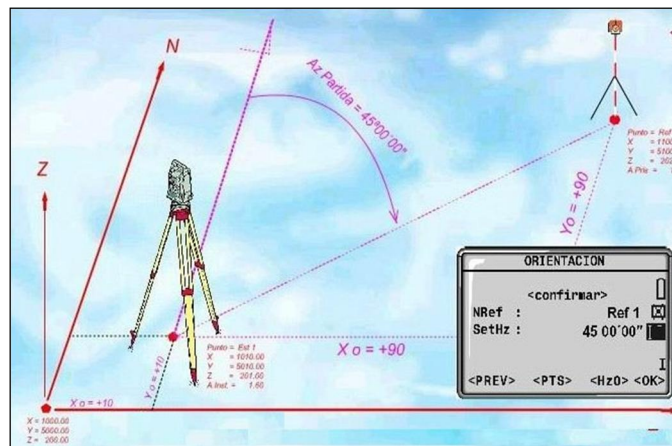


Figura 30. Registro de información.

Todas las coordenadas registradas de los puntos de levantamiento, son calculadas en base a las coordenadas del Punto de Estación.

realizándose la conversión interna en el instrumento de las Coordenadas Polares (Angulo y Distancia) que proporciona la Estación Total, a las rectangulares (XYZ) del plano de referencia.

- **Levantamiento**

El programa Levantamiento es el programa más utilizado de una estación total, permitiendo realizar el registro de una gran cantidad de puntos. En primer lugar se tiene que realizar el establecimiento del Azimut de Partida.

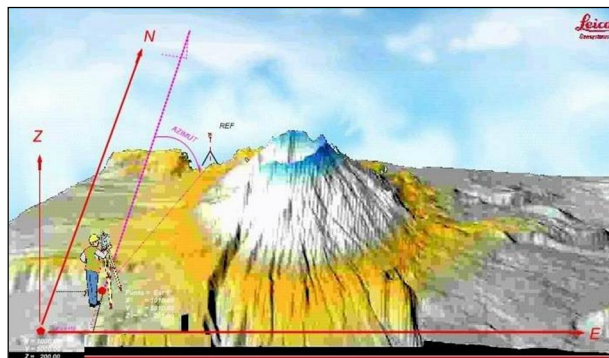


Figura 31. Fijar el azimut de partida

Posteriormente se realiza la medición y registro de los puntos de interés, desde la primera estación.

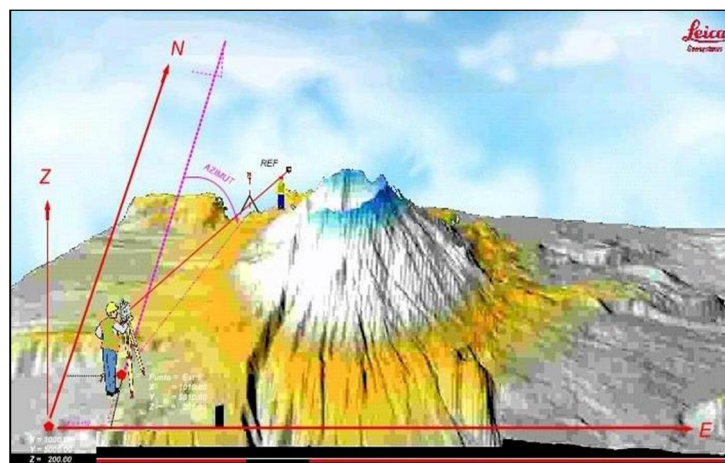


Figura 32. Medición y registro de puntos de interés.

terminada esta operación, se procede a realizar un CAMBIO DE ESTACION, para lo cual se visa y se registra los datos de la nueva Estación (Est. 2).

Concluido el registro del punto (Est.2) el topógrafo traslada el equipo a la nueva estación y procede a establecer el nuevo Azimut, tomando como estación de partida la estación (Est. 2) y como estación de referencia la anterior estación (Est. 1).

De la misma manera que es la estación anterior, el topógrafo realiza el levantamiento de los puntos de interés desde la Est. 2.

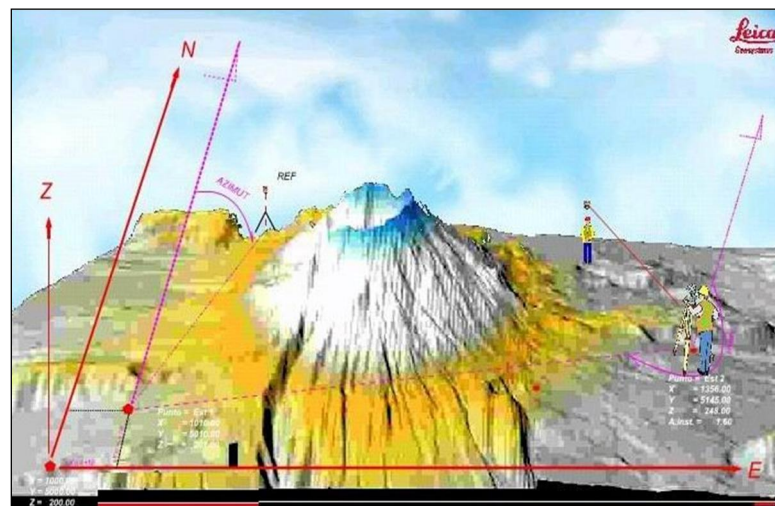


Figura 33. Medición con la estación dos.

El topógrafo puede realizar los cambios de Estación que considere necesarios, hasta concluir con el levantamiento.

- **Replanteo**

El programa Replanteo permite replantear en el terreno puntos de coordenadas conocidas, estos valores pueden ser recuperados de la memoria interna o pueden ser introducidos manualmente.

En primer lugar se tiene que realizar el establecimiento del Azimut de Partida.

Luego se busca de la memoria interna o se introduce por teclado las coordenadas tridimensionales del punto a replantear (P1)

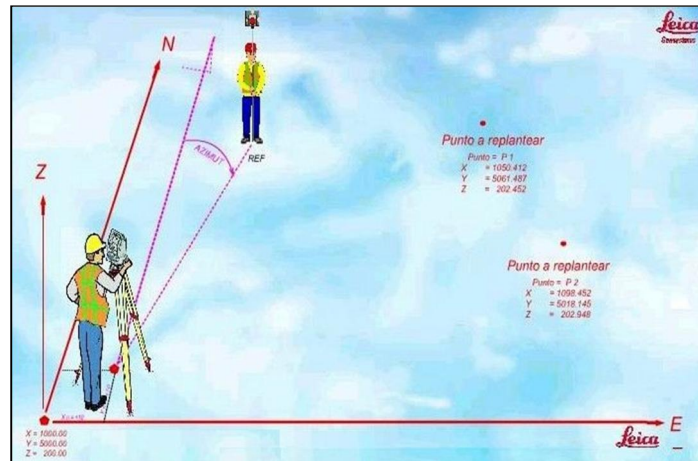


Figura 34. Replanteo de puntos.

En el instrumento aparece una diferencia de Azimut (dHz), entonces el topógrafo tiene que mover el círculo Hz hasta volver el valor de dHz a 00°00'00".

Realizando esta operación, el topógrafo habría ajustado la visual hacia el punto a replantear y guía al mirero (ayudante con la mira) a esa visual.

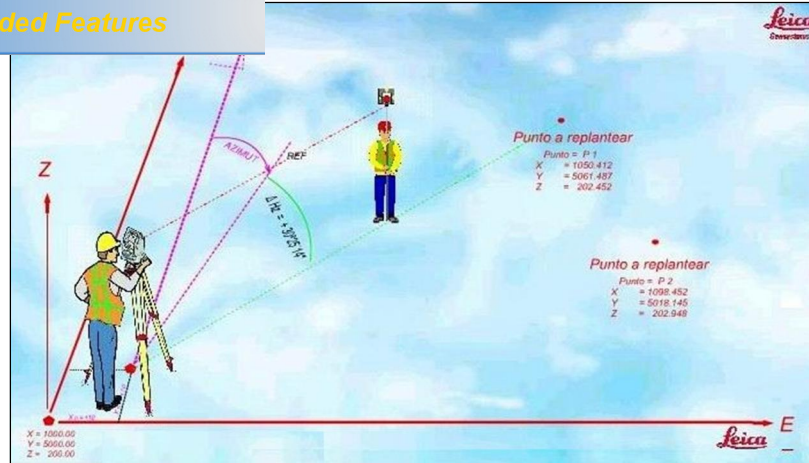


Figura 35. Ajuste al punto de replantear.

Una vez que el mirero se encuentra en la visual directa al punto a replantear, se realiza la medición de la distancia, dando como resultado la diferencia (+ -) en metros que se necesita para llegar al punto.

Se indica al mirero que se sitúe en dicho punto y nuevamente se procede a realizar la medición de la distancia.

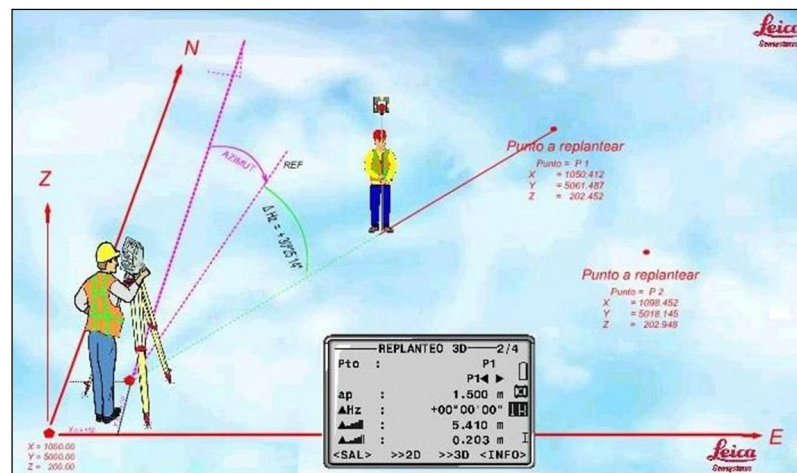


Figura 36. Medición de la distancia del punto.

Se procede a realizar esta operación hasta que los valores de la dHorizontal, dDist Hz y d altura estén en 0 (cero) o cercanos a este valor.

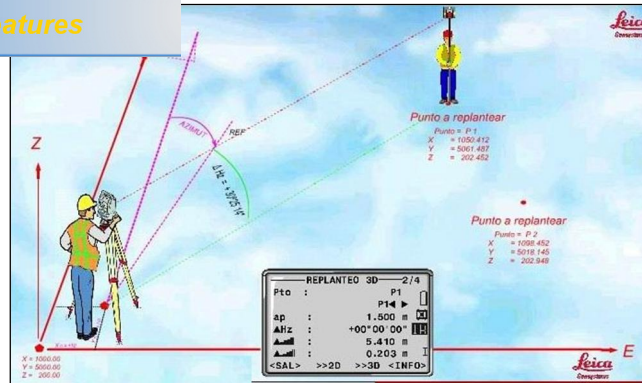


Figura 37. Se procede a esta operación hasta que los valores dH, dD, Hz y altura estén en cero.

De la misma manera se procede con los demás puntos. Buscando de la memoria interna o introduciendo por teclado, los valores del próximo punto a replantar (P2)

Moviendo el círculo Hz del instrumento hasta que la diferencia de Azimut (dHz) esté en 00°00'00" obteniendo de esa manera, la visual hacia el punto a replantar y guiar al mirero a esa visual.

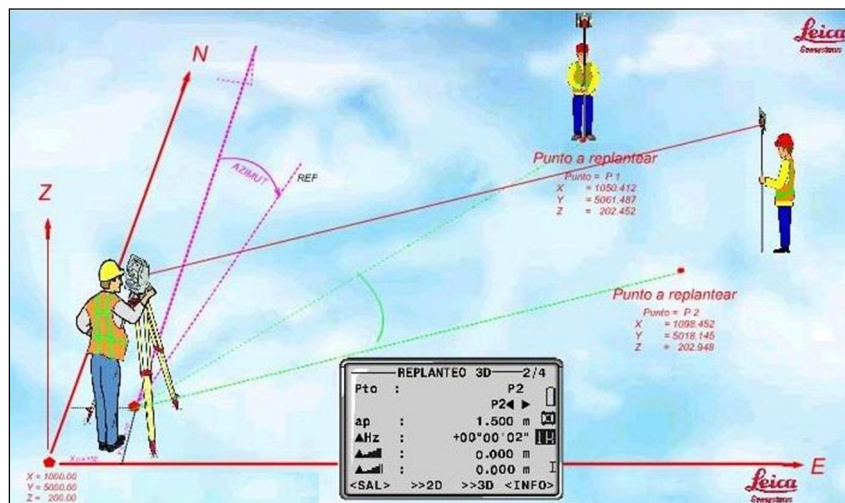


Figura 38. Visualización de los puntos a replantearse

Realizar la medición de la distancia, dando como resultado la diferencia (+ -) en metros, hasta llegar al punto guiando al

en dicho punto y nuevamente realizando la medición de la distancia.

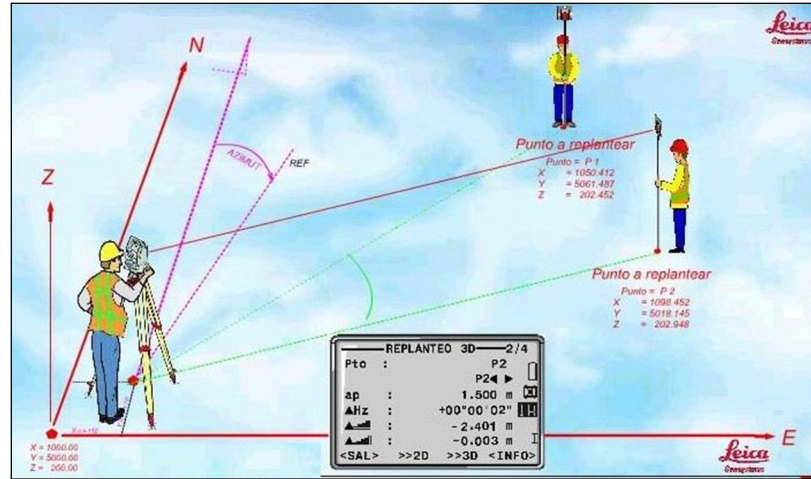


Figura 39. Medición de los puntos a replantearse

- **Distancia entre puntos**

El programa Distancia de enlace sirve para calcular la distancia y el azimut entre dos puntos. Los puntos se pueden medir directamente, importar de un archivo de coordenadas o introducirlos a mano.

En primer lugar se tiene que realizar el establecimiento del Azimut de Partida.

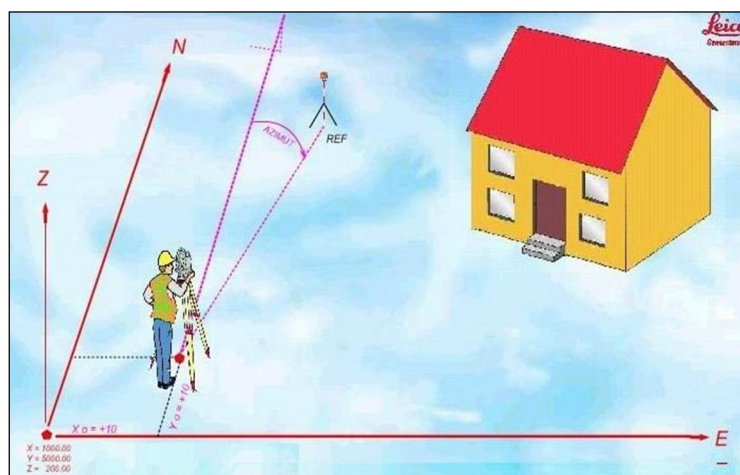


Figura 40. Establecimiento del Azimut de Partida

Una vez determinado el Azimut, se tiene que realizar la medición al primer punto (P1) Posteriormente se realiza la medición al segundo punto (P2)

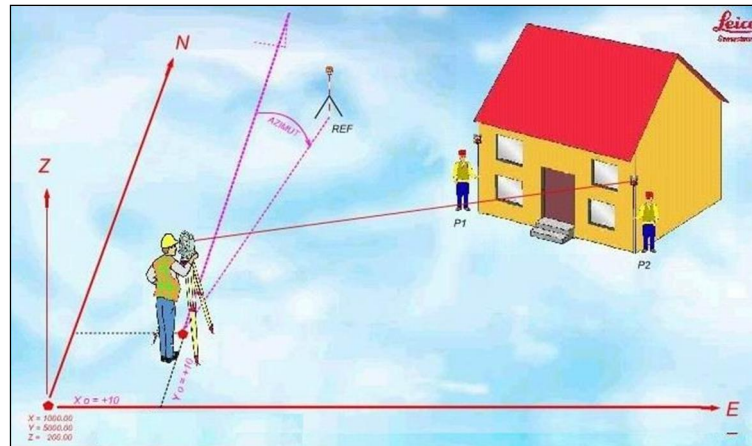


Figura 41. Medición del primer punto

Una vez finalizada esta secuencia, la Estación Total calcula automáticamente el Azimut, la distancia horizontal, distancia inclinada y la diferencia de altura, del Primer Punto (P1) al Segundo Punto (P2)

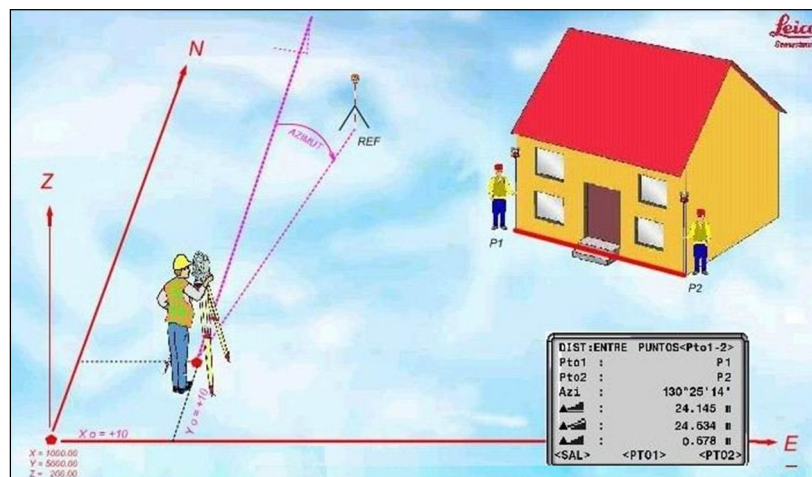


Figura 42. Determinación de los diferentes puntos.

V. CONCLUSIONES

- En el mercado mundial existe una gran diversidad de equipos que permiten determinar las áreas superficiales; cada uno de ellas con diferentes precisiones y metodologías empleadas como: los GPSs navegadores y GPSs diferenciales, así como también la Estación Total con diferentes formatos de medición. El costo de estos equipos varía de acuerdo a sus características y precisión.
- Se determinó que durante la medición de áreas, los principales errores que suelen presentarse, van desde la obtención de la información, almacenamiento, manipulación e interpretación de datos. Así como factores físicos y climáticos que hacen variar la precisión de los datos tomados con GPS.
- De acuerdo a los resultados de las estadísticas ESA (Error Superficial Absoluto) y ESR (Error Superficial Relativo), el método de GPS Navegador presentó el mayor índice con 34897,590m y 53,1% respectivamente.
- El método que presenta los menores índices de Error Superficial Absoluto (ESA) y Error Superficial Relativo (ESR), es el GPS de Precisión con 16756,533 m y 35,7 % respectivamente.
- El Índice de Error Superficial de Lindero (IESL) en la suma de valores negativos el GPS Navegador presentó el mayor error por defecto con $-14,9 \text{ m}^2$ y por exceso con $6,7 \text{ m}^2$ por cada metro lineal de perímetro. El menor error por defecto lo presenta la Digitalización de Ortofoto con $-11,3 \text{ m}^2$, y por exceso el GPS de Precisión con $2,5 \text{ m}^2$ por cada metro lineal de perímetro.

Navegador presentó la menor área común con 90,2 % y una 9,8 % de área de conflicto. El GPS de Precisión es el método con mayor área común con 94,4 % y un área de conflicto de 5.6 %.

- De los 15 tipos de interrelación presentes en el estudio, la interrelación ET-DIG-PRE-NAV obtuvo la mayor área representada, con 22824,984 m² que equivale el 16.8%, por el contrario la interrelación DIG-PRE representa la menor área con 1538,913 m² lo cual corresponde el 1,1% del total áreas de interrelación.
- En la presente investigación la pendiente no fue un factor que influyó y afectó directamente en la el cálculo y obtención de áreas de terreno. Esto se puede demostrar con los resultados del estrato 3, donde se presentó la mayor pendiente media (34,2%) y sin embargo tuvo el mayor porcentaje de área común (94%).
- La cobertura vegetal es un factor que afecta de manera considerable la obtención de áreas de terreno precisas y confiables. De acuerdo a al resultado del Estrato 1, el cual presenta la mayor altura media de cobertura vegetal con 7,8 m y paralelamente el área de conflicto es el mayor con 26,9%. Lo contrario sucede en el estrato 3 donde la altura media de la cobertura vegetal es la menor con 5,0 m, y un área de conflicto de solo el 6%.

VI. RECOMENDACIONES

- En el levantamiento de áreas con el método GPS de Precisión, es indispensable que la altura de la cobertura vegetal no sea mayor a la altura total de la antena de recepción, con la finalidad de no obtener datos multitrayectoria.
- Es necesario tomar en cuenta el PDOP del GPS de Precisión, se encuentre en un valor menor a 6, para obtener resultados confiables, precisos, y no perder la señal con la estación base.
- Para la realizar la ortorectificación de una fotografía aérea, es necesario como mínimo nueve puntos de control, que sean obtenidos mediante Triangulación de GPS de Precisión y Red Geodésica.
- En la medición de largas distancias con Estación Total Electrónica, no es recomendable realizar en días con fuerte intensidad solar, debido a la dilatación de las moléculas de aire que afectan a la distorsión de la mira e imagen.
- En estudios similares de evaluación de métodos de levantamiento superficiales, es aconsejable contar con el suficiente personal, para poder evaluarlos al mismo tiempo los métodos del estudio, para la obtención de datos confiables.
- Es preciso conocer con anterioridad el área de estudio, para poder planificar y elegir los métodos y equipos a utilizar, acordes con las características topográficas, cobertura vegetal, clima, recursos económicos y humanos.
- Antes de iniciar cualquier tipo de medición, se debe revisar que el estado físico y la configuración del equipo sea correcta, considerando los criterios necesarios para que no existan posibles errores, y que la información obtenida sea confiable.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- Para estudios posteriores, se recomienda tomar en cuenta la exactitud del posicionamiento horizontal, mediante la estadística CEP (círculo de error probable), el cual está representado por el radio de un círculo que define la región de confianza, dentro de la cual existe un 50% de probabilidad de que se encuentre el valor verdadero de una cantidad cualquiera.

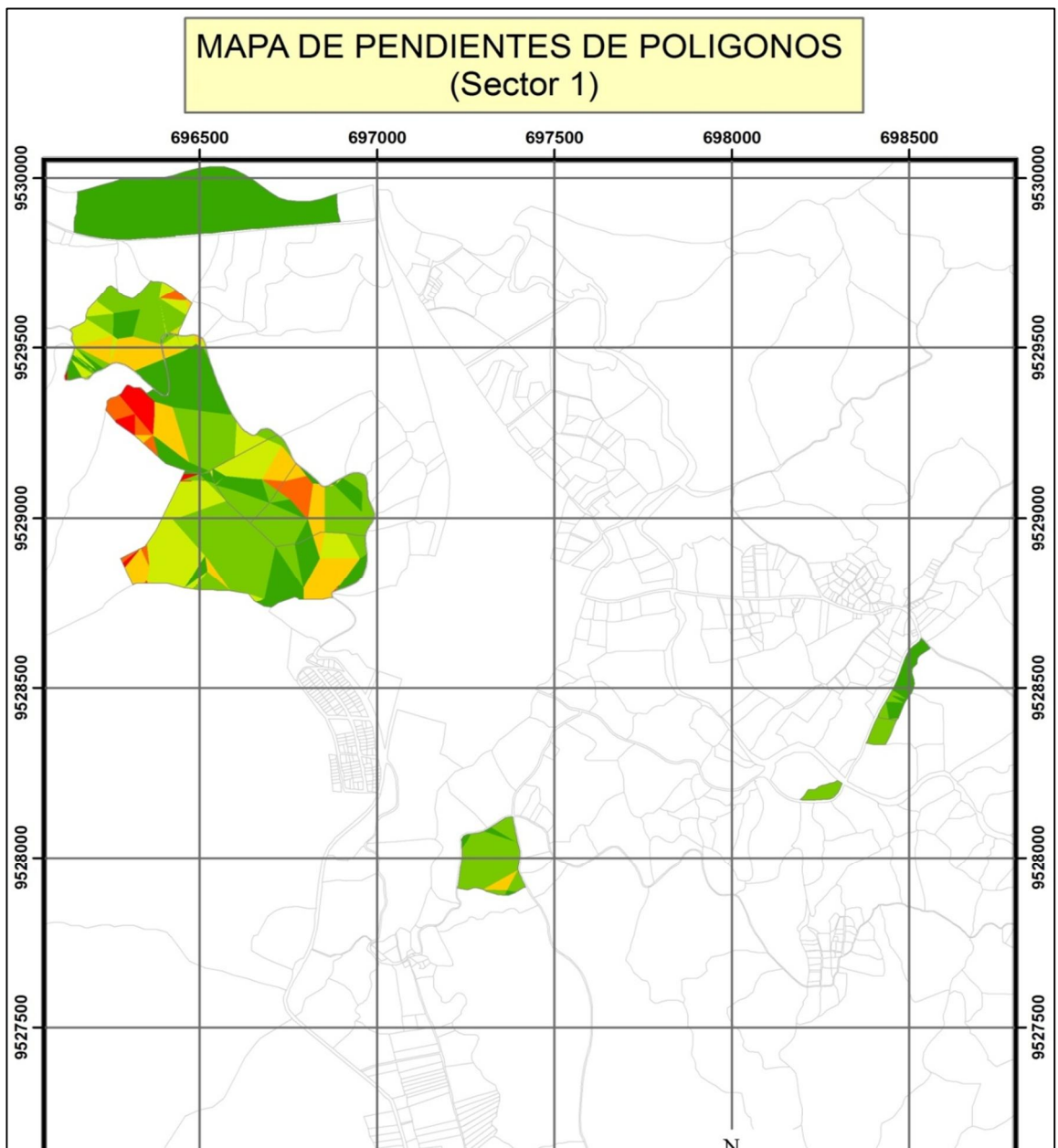
VII. BIBLIOGRAFÍA

- CINFA. XUNTA DE GALICIA. 2006. Informe Técnico % Levantamiento de la Infraestructura y equipamientos Básicos de la parroquia Vilcabamba, Cantón Loja+.
- GOBIERNO VASCO. 2006. Taller de Aplicaciones del GPS al Deporte: Nociones de Fundamentos del Sistema GPS.
- GÓMEZ, D. 2003. La ordenación territorial: carácter, alcance y contenido. Segundo Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Toluca Estado de México, 26 al 28 de noviembre de 2003. México. Universidad Autónoma del Estado de México. 24 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2006. Metodologías para Estudios de Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento Territorial. www.ineter.gob.ni
- INSTITUTO DE AGRIMENSURA. 2006. Curso de Actualización Profesional: Aplicación de los Sistemas de Posicionamiento Satelital (GPS)
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2005. Teledetección. www.humboldt.org.co

- LEICA AG. 1999. Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Version 1.0. Español. Heerbrugg, Suiza. www.leica-geosystems.com
- MORALES, Edith. 1999. Guía de Información Geocientífica Digital. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Santafé de Bogotá, Colombia.
 - PEÑAFIEL, J; ZAYA, J. 2001. Fundamentos del Sistema GPS y Aplicaciones en la Topografía. Colegio Oficial de Ingenieros Tecnicos en Topografía, Delegacion Territorio de Madrid-Castilla-La Mancha. España.
 - POZO RUZ, A. 2002. Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis de Errores, Aplicaciones y Futuro. Universidad de Malaga, Departamento de Tecnología Electrónica. Malaga, España.
 - ROGGIO, B. 2000. Curso de actualización de agrimensores, geógrafos y topógrafos del grupo Roggio S.A. Departamento de Agrimensura. Argentina. www.topografiaglobal.com.ar
 - www.gabrielortiz.com. El funcionamiento del GPS: un repaso a los principales componentes, tipos de receptores y métodos.
 - www.trimble.com
 - www.EstacionesTotales.htm
 - www.geomáticaambiental/MAPPINGINTERACTIVO.mht

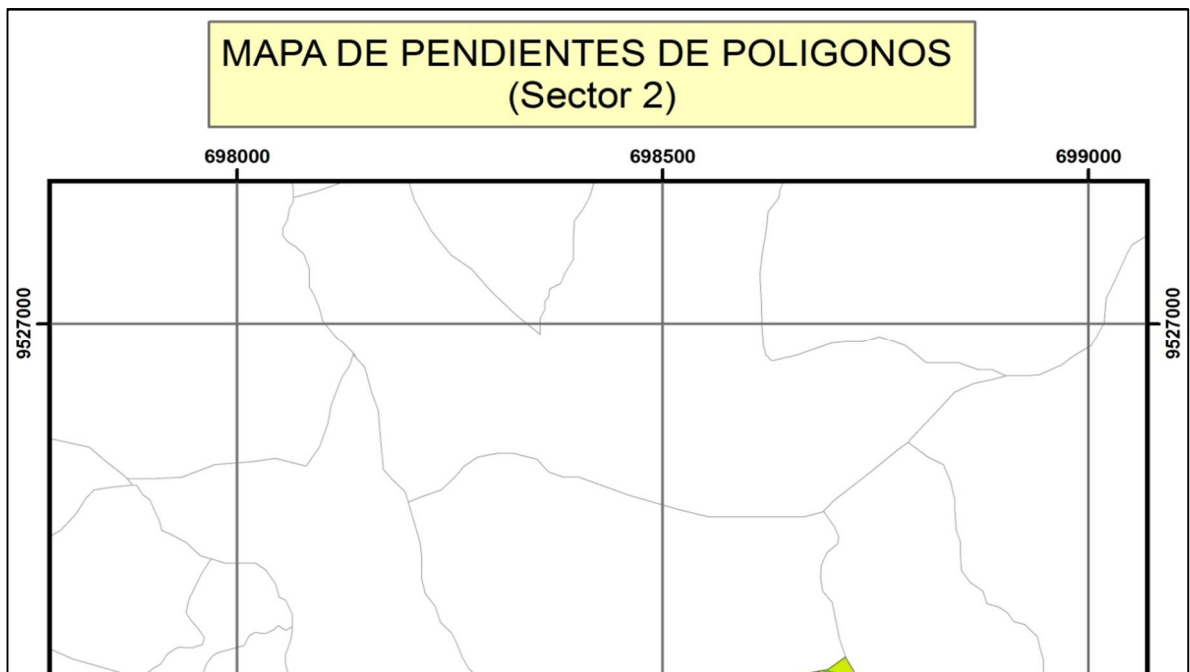
VIII. ANEXOS

4.1. Mapa de Pendientes de Poligonos (Sector 1)



 **PDF Complete**
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.
[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4.2. Mapa de Pendientes (Sector 2)



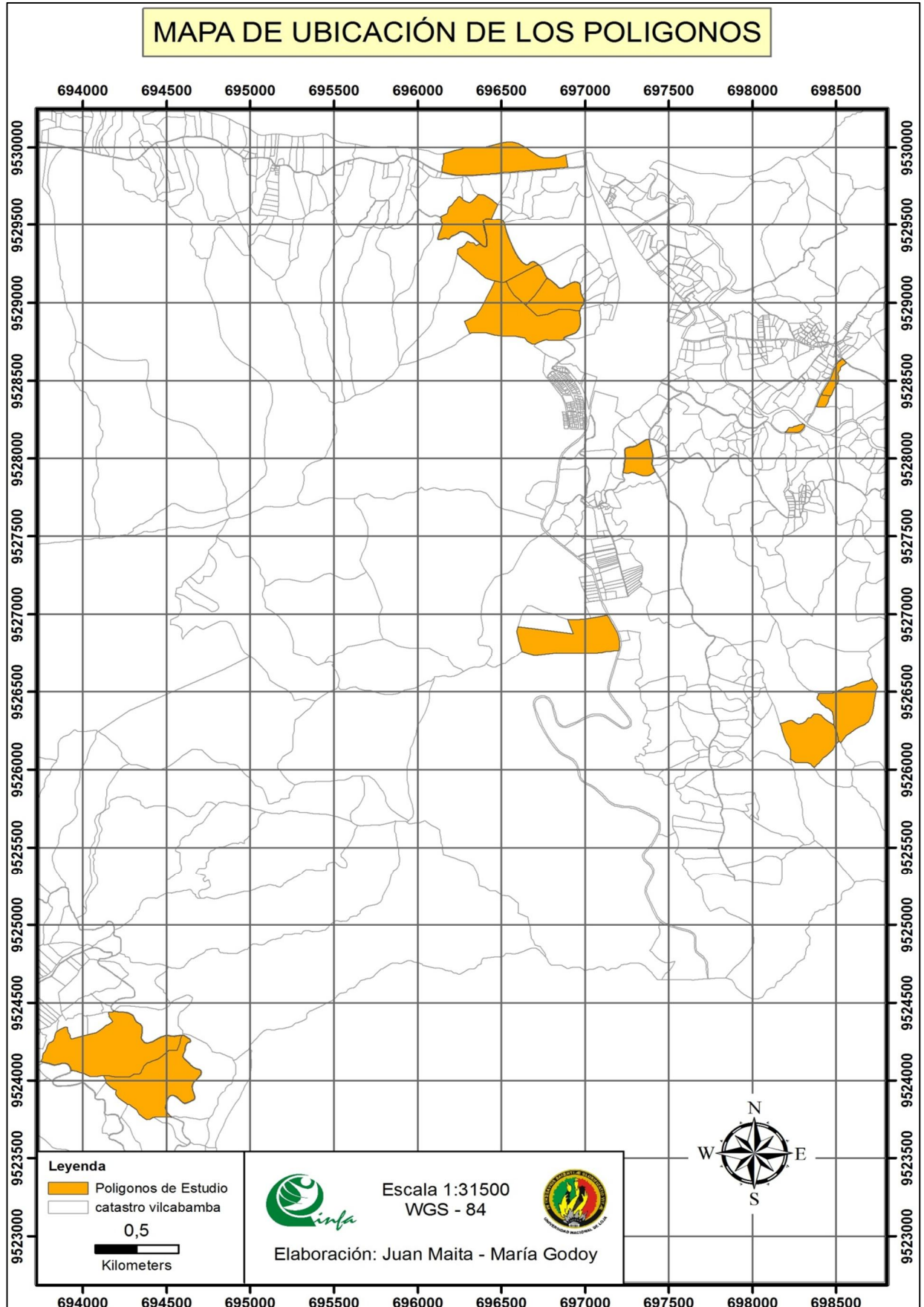


PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4.3. Mapa de Ubicación de los Polígonos



Control calculados con GPS de Precisión y Red Geodésica, utilizados en la georeferenciación de la fotografía aérea

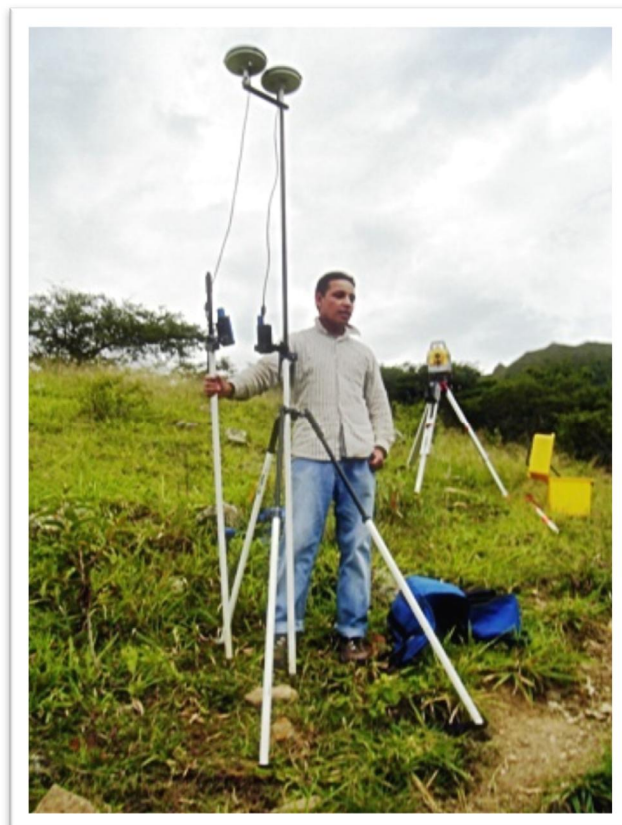
No.	Sector	Coordenadas UTM		m s.n.m
		X	Y	Z
0	La Florida	700126.116	9537537.780	2304.069
1	San Francisco	694528.131	9537667.619	2025.691
2	Ceibopamba	687925.345	9537143.397	1564.792
3	Fabian Rodriguez	688624.296	9531464.511	1413.297
4	Escuela Chaupi	694557.106	9530513.027	1528.731
5	San Pedro	701937.199	9531383.516	2208.101
6	Charles Darwin	701303.834	9525227.385	2144.565
7	Quinara	695460.528	9523686.193	1669.660
8	Tumianuma	690108.196	9524570.052	1930.370

4.5. Estación Total Electrónica Trimble, modelo 5600 DR200+, situado en un punto de control.



4.6. GPS
Navegador
ASHTECH,
modelo
ProMarck2

4.7. GPS de Precisión GPS ASHTECH, modelo ProMark2



4.8. Recepción de Datos con GPS de precisión ProMark2, para cálculo de punto de control de ortorectificación de fotografía aérea. Sitio Cucanama, coordenadas X: 688624.296 - Y: 9531464.511



4.9. Recepción de Datos con GPS de precisión ProMark2, para cálculo de punto de control Sitio Cucanama, coordenadas X: 688624.296 - Y: 9531464.511



4.10. Medición de Polígonos con Estación Total Electrónica y GPS de Precisión.



4.11. Recolección de datos con GPS de precisión en el punto de control geodésico del IGM, para elaboración de red geodésica. Sector Vilcagua, coordenadas X: 9529213 - Y 697527

