

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**



**ANÁLISIS DE PRECISIÓN DEL RECEPTOR DGPS GEO XH 2005  
(TRIMBLE) EN LA GEOREFERENCIACIÓN DE PREDIOS  
RURALES EN EL CASERÍO IV SECTOR LIMÓN - TOCACHE**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**ABDEL DEL CASTILLO CHAVEZ**

**PROMOCIÓN 2004 -I**

**Tingo María - Perú**

**2009**

E11

D54

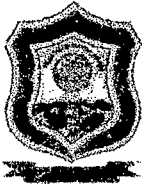
Del Castillo Chavez, Abdel

Análisis de Precisión del Receptor DGPS GEO XH 2005 (Trimble) en la Georeferenciación de Predios Rurales en el Caserío IV Sector Limón - Tocache. Tingo María, 2009.

73 h.; 47 cuadros ; 29 fgrs.; 16 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María (Perú) Facultad de Recursos Naturales Renovables.

PDOP DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN POSICIONAL / SNR MEDIDA  
DE LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL / ANGULO DE ELEVACIÓN /  
TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de mayo de 2009, a horas 05:00 p.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### "ANÁLISIS DE PRECISIÓN DEL RECEPTOR DGPS GEO XH 2005 (TRIMBLE) EN LA GEOREFERENCIACIÓN DE PREDIOS RURALES EN EL CASERÍO IV SECTOR LIMÓN - TOCACHE"

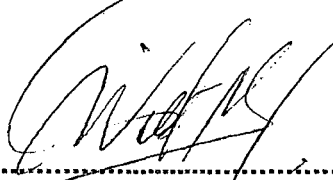
Presentado por el Bachiller: **ABDEL DEL CASTILLO CHAVEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "**MUY BUENO**".

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 29 de mayo de 2009

  
.....  
**JOSE LEVANO CRISOSTOMO, Ing. M.Sc.**  
Presidente

  
.....  
**JAIME TORRES GARCIA, Ing.**  
Vocal

  
.....  
**WILFREDO ALVA VALDIVIEZO, Ing. Mg.**  
Vocal

  
.....  
**LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ, Ing.M.Sc.**  
Asesor



## DEDICATORIA

**A DIOS**, por sobre todas las cosas por darme  
la vida y fuerzas para realizar mis sueños.

Para mis padres **ABDEL Y ALCIRA**, con todo  
el amor y el cariño de siempre, mi eterno  
agradecimiento, a quienes con su sacrificio  
hicieron posible que cumpla mi sueño de  
ser profesional.

A mis hermanos **NARDY, DAMARIS**,  
y **HALDEN** por el apoyo emocional y  
moral.

A mi hijo **PIERICK**, y mi esposa  
**KAREN** con mucho amor y cariño.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables y a su plana docente, que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI).
- A mis padres por su apoyo incondicional en mis estudios universitarios.
- A mi querida esposa Karen y mi adorado hijo Pierick, por su apoyo emocional para el desarrollo y culminación del presente trabajo.
- A todos mis amigos y amigas por su apoyo, amistad y compañerismo.
- A mis colegas de COFOPRI por su apoyo y consejos brindados durante el desarrollo del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	04
2.1. Sistema de posicionamiento global.....	04
2.1.1. Conceptos básicos del posicionamiento con GPS.....	04
2.1.1.1. Segmento de control.....	05
2.1.1.2. Funciones básicas del segmento de control.....	05
2.1.1.3. Estación maestra (Colorado Spring EE.UU).....	05
2.1.1.4. Segmento de espacio.....	06
2.1.1.5. Funciones básicas del satélite.....	06
2.1.1.6. Segmento del usuario.....	06
2.1.2. Componentes de un receptor GPS.....	06
2.1.2.1. Función del software.....	07
2.1.3. Como se comunican los satélites y los receptores GPS.....	07
2.1.4. GPS ¿que es en realidad?.....	08
2.1.5. Funcionamiento del sistema GPS.....	08
2.1.6. GPS Diferencial.....	08
2.1.7. Las señales.....	09
2.1.8. Fundamentos de GPS.....	10
2.2. Cobertura y precisión del DGPS.....	12
2.2.1. Precisión del DGPS.....	14
2.2.1.1. Precisión submétrica.....	17
2.2.1.2. Precisión centimétrica.....	17

2.2.1.3. Precisión métrica.....	19
2.2.2. Configuración de equipos.....	19
2.2.2.1. Definición de parámetros.....	19
2.2.2.2. Configuración del GPS.....	20
2.2.3. Correcciones atmosféricas.....	23
2.2.4. Disponibilidad selectiva (S/A).....	24
2.2.5. Correcciones diferenciales de post – proceso.....	24
2.2.6. Correcciones diferenciales de tiempo real.....	25
2.2.7. Fiabilidad y exactitud de los datos de DGPS.....	25
2.2.8. Dilución de precisión de la posición (PDOP – Position Dilution of Precisión).....	26
2.2.9. Multicamino y dispersión de la señal.....	27
2.2.10. El retardo ionosférico.....	27
2.2.11. Fuentes de error.....	28
2.2.12. El posicionamiento preciso mediante la técnica GPS.....	29
2.3. Levantamiento catastral con tecnología GPS.....	29
2.3.1. Metodología basada en tecnología GPS.....	29
2.3.2. Identificación de áreas prioritarias.....	30
2.3.3. Recopilación de información existente.....	30
2.3.4. Preparación de brigadas de campo.....	30
2.3.5. Establecimiento de la estación base.....	31
2.3.6. Linderación de predios.....	31
2.3.7. Post procesamiento de información GPS.....	32
2.3.8. Generación del SIG catastral.....	32





3.3.4.3. Toma de puntos con diferentes configuraciones del SNR (fuerza de la señal) y de PDOP (dilución de precisión de la posición).....	42
3.5. Métodos de análisis.....	42
3.5.1. Análisis 1. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones.....	42
3.5.2. Análisis 2. Precisión de los datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS, tanto para capturas de una posición como para medias de 60 posiciones.....	43
3.5.3. Análisis 3. Comparación de precisiones entre la antena interna y externa, varias configuraciones de SNR y de PDOP.....	43
3.5.4. Análisis 4. La eficacia del receptor. Es decir, el numero de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje.....	43
3.5.5. Análisis 5. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones hasta 120 posiciones.....	44
3.6. Trabajo de gabinete.....	44
3.7. Análisis estadístico.....	45
IV. RESULTADOS.....	47

4.1. Análisis 1. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones. ....	47
4.2. Análisis 2. Precisión de los datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS tanto para capturas de una posición como para medias de 60 posiciones.....	48
4.3. Análisis 3. Comparación de precisiones entre la antena interna y externa, varias configuraciones de SNR (fuerza de la señal) y de PDOP (dilución de la precisión de la posición).....	52
4.4. Análisis 4. La eficiencia del receptor. Es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje.....	54
4.5. Análisis 5. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones. ....	55
4.6. Desviación standar.....	56
V. DISCUSIÓN.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	65
VIII.ABSTRACT.....	67
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
X. ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Abreviaturas usadas en las figuras 3 – 10.....	45
2. Precisión en función del tiempo.....	47
3. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para capturas de una sola posición.....	48
4. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para la media de 60 posiciones.....	49
5. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para capturas de una sola posición en parcela bajo cobertura.....	50
6. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para la media de 60 posiciones en parcela bajo cobertura.....	51
7. Datos corregidos capturando una sola posición.....	52
8. Datos corregidos capturando 60 posiciones.....	53
9. Datos que determinan la eficiencia en función de PDOP y SNR.....	54
10. Datos capturados en la mañana, medio día, y tarde.....	55
11. Datos obtenidos del levantamiento catastral con DGPS utilizando la antena interna.....	76
12. Datos obtenidos del levantamiento catastral con DGPS utilizando la antena externa.....	77
13. Diferencias entre el levantamiento con DGPS utilizando antena interna y antena externa.....	79

14. Promedio y Desviación Estándar de las diferencias en coordenadas ESTE.....	80
15. Promedio y Desviación Estándar de las diferencias en coordenadas NORTE.....	82
16. Datos sin corregir con la antena interna, cielo despejado.....	84
17. Datos corregidos con la antena interna, cielo despejado.....	85
18. Datos sin corregir con la antena externa, cielo despejado.....	86
19. Datos corregidos con la antena externa, cielo despejado.....	87
20. Datos sin corregir con la antena interna, parcela bajo cobertura.....	88
21. Datos corregidos con la antena interna, parcela bajo cobertura.....	88
22. Datos sin corregir con la antena externa, parcela bajo cobertura.....	89
23. Datos corregidos con la antena externa, parcela bajo cobertura.....	89
24. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena interna, sin corrección.....	90
25. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena externa, sin corrección.....	90
26. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena interna, con corrección.....	91
27. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena externa, con corrección.....	91
28. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena interna, sin corrección.....	92
29. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena externa, sin corrección.....	92

30. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena interna, con corrección.....	93
31. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena externa, con corrección.....	93
32. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena interna, sin corrección.....	94
33. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena interna, con corrección.....	94
34. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena externa, sin corrección.....	94
35. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena externa, con corrección.....	94
36. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena externa, sin corrección.	95
37. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena interna, con corrección.	95
38. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena externa, sin corrección.	95
39. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena externa, con corrección	96
40. Datos corregidos capturando una sola posición para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena interna.....	97
41. Datos corregidos capturando una sola posición para varias	

configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena externa.....	97
42. Datos corregidos capturando 60 posiciones para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena interna.....	98
43. Datos corregidos capturando 60 posiciones para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena externa.....	98
44. Eficacia del receptor en la parcela bajo cobertura, con antena interna y externa.....	99
45. Datos capturados en la mañana, de 7:30 a.m. a 12:30 p.m.....	100
46. Datos capturados al medio día, de 12:30 p.m. a 3:30 p.m.....	101
47. Datos capturados por la tarde, de 3:30 p.m. a 6:30 p.m.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diferencial GPS.....	13
2. Sistematización del uso de tecnología GPS y Estación Total.....	34
3. Precisión GPS en función del tiempo usado para promediar la posición tanto en la parcela a cielo abierto como bajo cobertura.....	47
4. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición y varios PDOPs.....	48
5. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para la media de 60 posiciones y varios PDOPs.....	49
6. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición y varios PDOPs.....	50
7. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones y varios PDOPs.....	51
8. Datos corregidos capturando una sola posición para varias configuraciones de PDOPs y SNRs bajo cobertura.....	52
9. Datos corregidos capturando 60 posiciones para varias configuraciones de PDOPs y SNRs bajo cobertura.....	53
10. Eficiencia para varias configuraciones y combinaciones de PDOPs y SNRs bajo cobertura.....	54
11. Precisión y PDOP en función del tiempo usado en la mañana, medio día y tarde en la parcela a cielo abierto.....	55

12. Croquis.....	73
13. Precisión de datos sin corregir, GPS, y datos corregidos diferencialmente, DGPS, en la parcela a cielo abierto.....	74
14. Precisión de datos sin corregir, GPS, y datos corregidos diferencialmente, DGPS, en la parcela bajo cobertura.....	75
15. Mostrando el funcionamiento del DGPS GEO XH 2005 TRIMBLE.....	103
16. Realizando la transferencia de datos a la computadora para realizar la corrección diferencial.....	104
17. Datos corregidos diferencialmente.....	105
18. Plantando estacas en cada punto de trabajo.....	106
19. El DGPS mostrando el número de satélites y la configuración estándar	107
20. Capturando datos en la parcela a cielo abierto.....	108
21. Capturando datos con la antena interna en la parcela a cielo abierto....	109
22. Capturando datos con la antena interna en la parcela a cielo abierto....	109
23. Capturando datos con la antena externa en la parcela a cielo abierto...	110
24. Capturando datos con la antena externa en la parcela bajo cobertura...	111
25. Capturando datos con la antena interna en la parcela bajo cobertura....	112
26. Fotografía del DGPS GEO XH 2005 TRIMBLE.....	113
27. Geometría satelital.....	114
28. Multitrayectoria.....	114
29. Corrección diferencial.....	115



## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (COFOPRI), sede Tocache, región San Martín, Perú; con el objetivo de proporcionar información básica sobre el manejo del DGPS GEO XH TRIMBLE en Georeferenciación de predios rurales en la selva peruana. El trabajo consiste en determinar la precisión del DGPS, en predios bajo cobertura y cielo despejado, determinar la mejor configuración del DGPS en la toma de datos bajo cobertura.

Se realizó la captura de datos cada segundo hasta 120 segundos en la parcela a cielo abierto para evaluar si existe una mejora en la precisión con la media de varias posiciones. Estos datos se tomaron con diferentes configuraciones de SNR y PDOP. Se capturó datos con 1 segundo y con 60 segundos sin corregir y corregidos diferencialmente para comparar si existe variación en la precisión, estos datos se capturaron con máscaras de PDOP 5, 6, 7, y 8, con SNRs de 20 y 39, y ángulo de elevación de 10° y 15° respectivamente, se realizó en parcelas a cielo abierto y bajo cobertura. Se tomaron datos con la antena interna y antena externa con varias configuraciones de SNRs y PDOP, se realizó la comparación de las precisiones entre ambas antenas.

Se evaluó los efectos de la vegetación arbórea en la precisión de los puntos en la parcela bajo cobertura.

Se capturó datos en la mañana, medio día y tarde para comparar la precisión con datos sin corregir y corregidos diferencialmente.

Se capturó datos en la parcela bajo cobertura para evaluar la eficiencia del DGPS, es decir el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje.

Según resultados, los análisis demuestran que a mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora la precisión tanto en la parcela a cielo abierto como en la parcela bajo cobertura, los resultados del análisis 2 demuestran que los datos sin corregir necesariamente necesitan ser corregidos diferencialmente porque la precisión de datos sin corregir sobrepasan el metro al ser corregidos diferencialmente la precisión es submétrico. También se demuestra que la precisión en la parcela a cielo abierto es mejor que en la parcela bajo cobertura.

El análisis 3 demuestra que la precisión de la antena externa es mucho mejor que las de la antena interna, la diferencia varía desde 10 cm; hasta 20 cm.

En el análisis 4 se observa que en parcelas bajo cobertura arbórea se necesita más tiempo para poder tomar un punto, contrario a lo que sucede con las parcelas a cielo abierto. La toma de datos se realizó configurando el DGPS con ángulos de elevación de  $10^{\circ}$  y  $15^{\circ}$  respectivamente.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis 5 demuestran que el mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora el promedio estadístico. Es decir se obtiene mejor precisión cuando los datos son tomados por la mañana y en la tarde. Lo contrario ocurre al medio día que al tomar mayor número de datos la precisión en vez de mejorar, disminuye.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay muchos métodos para el levantamiento catastral de predios rurales, estos han sufrido muchos cambios relacionados con la precisión y eficiencia de los puntos tomados en campo.

Uno de los métodos empleados en el levantamiento catastral considera la aplicación del Sistema de Posicionamiento Global (Diferencial GPS), mediante esta tecnología es posible determinar las coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) de un punto de estación sobre la superficie terrestre mediante el procesamiento de información proveniente de una constelación de satélites que orbitan la tierra, el resultado es recomendable para la georeferenciación de predios rurales generando así información gráfica, base confiable para el procesamiento de regularización de la tenencia y propiedad de la tierra y el registro de información catastral.

Existen diferentes factores que determinan la precisión y la eficiencia de los puntos tomados con el GPS diferencial, como el efecto de la cobertura arbórea y la toma de datos en diferentes periodos de tiempo en cuanto a la precisión, cambiar la configuración estándar del SNR (fuerza de la señal) y de PDOP (dilución de precisión de la posición) en cuanto a la eficacia y al mismo

tiempo la precisión. Se realizó un levantamiento catastral en un predio bajo cobertura arbórea y otro a cielo abierto para comparar el efecto de la cobertura arbórea en la precisión de los puntos, se realizó un levantamiento catastral a cielo abierto y se tomaron los datos en diferentes momentos, en la mañana, al medio día y por la tarde para determinar si la precisión varía. También se comparó la precisión y eficacia de los puntos tomados con el GPS Diferencial en diferentes configuraciones del SNR y de PDOP.

Con el presente trabajo se busca conocer si la vegetación arbórea afecta la precisión de los puntos tomados con el DGPS GEO XH 2005 (TRIMBLE); Y la variación del SNR y de PDOP, afecta la precisión y la eficacia de los puntos.

### **Objetivo general**

Determinar la precisión del receptor DGPS GEO XH 2005 (TRIMBLE) en la georeferenciación de predios rurales en el caserío IV sector limón - Tocache.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones (hasta 2 minutos. Se trata de determinar si existe una mejora en la precisión con la media de varias posiciones).
- Comparar la precisión de datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS.

- Comparar las precisiones entre la antena interna y externa, en varias configuraciones de SNR y de PDOP.
- Evaluar los efectos de la vegetación arbórea en la precisión de los puntos tomados con el GPS GEO XH 2005 TRIMBLE.
- Determinar la precisión de los datos tomados en diferente periodo del día, con corrección y sin corrección diferencial.
- Evaluar la eficiencia del receptor. (es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1. El sistema de posicionamiento global**

En el año 1973 comienza a desarrollarse por el departamento de defensa de los Estados Unidos el proyecto de la constelación de satélites NAVSTAR (satélites de navegación, cronometría y distanciometría). Consiguiéndose el 22 de febrero del año 1978 lanzarse el primer satélite.

El sistema de posicionamiento global GPS se ha convertido, desde que fuera declarado operacional en 1993, en la herramienta de posicionamiento por excelencia por su versatilidad y bajo costo (MOIRANO, 2000).

El sistema de navegación GPS es un sistema de radionavegación basado en la emisión de señales desde una constelación artificial de 24 satélites orbitando alrededor de la tierra (JAMES, 2004).

#### **2.1.1. Concepto básico del posicionamiento con GPS**

El sistema de posicionamiento global (GPS) está formado por una constelación de satélites que orbita la tierra dos veces al día, transmitiendo información precisa de tiempo y posición a cualquier lugar de la tierra, las 24 horas del día. La constelación GPS, está formada por 24 satélites que giran alrededor

de la tierra en seis planos fijos, que están inclinados  $60^\circ$  respecto del Ecuador y, a una altura de alrededor de 20.200 Km. dando dos revoluciones completas cada día.

#### **2.1.1.1. Segmento de control**

Está conformado por 5 estaciones de rastreo en todo el mundo, monitoreadas por el Ministerio de Defensa de los Estados Unidos.

#### **2.1.1.2. Funciones básicas del segmento de control**

Todas desarrollan funciones de monitoreo donde:

- Reciben las señales de los satélites.
- Capturan datos meteorológicos.
- Capturan imágenes satelitales.
- Toda la información recibida es transmitida a una estación maestra.

#### **2.1.1.3. Estación maestra (Colorado Spring EE.UU.)**

La estación maestra es la que se encuentra ubicada en Colorado Spring, es la encargada de transmitir básicamente a los satélites:

- Parámetros de predicción de órbitas.
- Correcciones en los relojes de los satélites.
- Parámetros de predicción en la ionósfera.
- Correcciones en los almanaques de los satélites.



#### **2.1.1.4. Segmento de espacio**

Conformado por 24 satélites en constelación a una altura de 20.200 Km. aproximadamente, distribuidos en 6 planos orbitales separados cada 60 °, cuatro satélites están por cada plano, 3 de ellos funcionan y uno queda como repuesto (BRUNINI, 1998).

#### **2.1.1.5. Funciones básicas del satélite**

Las funciones de un satélite son:

- Recibir y almacenar toda la información transmitida por las estaciones de control.
- Mantener el tiempo exacto por medio de sus 4 relojes.
- Ejecutar maniobras de reubicación.

#### **2.1.1.6. Segmento del usuario**

La señal que emiten los satélites es libre y cualquier persona que posea un GPS puede captarla y así determinar una posición geográfica, ya sea en tierra, mar o aire sin ningún costo y bajo diferentes condiciones atmosféricas, es decir no es afectada por el viento, lluvias u otros fenómenos, tanto en el día como en la noche (KUANG *et al.*, 1996).

#### **2.1.2. Componentes de un receptor GPS**

En un receptor de GPS claramente se pueden distinguir 2 partes:

1. Los circuitos electrónicos, en sí toda la parte física (hardware).
2. Los programas que contiene, es decir toda la parte lógica (software).

### **2.1.2.1. Función del software**

El software está conformado por los programas para:

- Calcular la posición.
- Visualización (pantalla).
- Programas de interfaces (transferencia de datos a una computadora)

(MOIRANO, 2000).

### **2.1.3. Como se comunican los satélites y los receptores GPS**

Las posiciones de GPS se calculan por medio de la triangulación geométrica con tres o más satélites. Esto se logra midiendo el tiempo que tarda en llegar la señal, desde el satélite hasta el receptor de GPS. Cada uno de los 24 satélites de GPS en órbita emite una señal constante hacia la tierra (en dos frecuencias L1 y L2); codificada en esta señal se encuentra la posición del satélite en el firmamento y la hora del día, con exactitud de un billonésimo de segundo. Sobre la frecuencia L1 se modulan el código binario de adquisición grosera - C/A (coarse acquisition), el código binario preciso P y el mensaje de navegación D, su longitud de onda de esta frecuencia es de +/- 300 m. En cambio en la frecuencia L2 se modulan el código P (10 veces más preciso que el C/A) y el mensaje de navegación, su longitud de onda es 30 m (LEICK, 1995).

#### **2.1.4. GPS, ¿Qué es en realidad?**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de navegación basado en la localización mediante satélites. El GPS está compuesto por una constelación de satélites que orbitan la tierra. El GPS fue originalmente un sistema militar. En los años 80 del siglo XX el gobierno de los Estados Unidos decidió abrirlo al uso civil. Esto hizo que se desarrollaran equipos GPS portátiles y GPS de panel que hoy en día se han desarrollado de manera espectacular (LESLIE, 2001).

#### **2.1.5. Funcionamiento del sistema GPS**

Para fijar una posición, el navegador GPS localiza automáticamente como mínimo 4 satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada satélite. El navegador GPS sincroniza su reloj y calcula el retraso de las señales (que viene dado por distancia al satélite), calculando la posición en que éste se halla. Estimadas las distancias, se fija con facilidad la propia posición relativa del GPS respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene las coordenadas reales del punto de medición (AGUGLIARO, 2000).

#### **2.1.6. GPS Diferencial**

El DGPS (Differential GPS), o GPS diferencial, es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los

satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada. Se concibió fundamentalmente debido a la introducción de la disponibilidad selectiva (S/A). 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 (GERHARD, 2001).

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 (KENT, 2002).

### **2.1.7. Las señales**

Los Satélites GPS transmiten dos señales de radio de baja potencia, que se designan como L1 y L2. Los receptores GPS civiles utilizan la señal L1 cuya frecuencia es de 1575.42 MHz en la banda de UHF. Las señales GPS se propagan en línea de vista, lo que significa que son capaces de atravesar nubes, cristal y plástico pero no son capaces de atravesar la mayoría de objetos sólidos como son edificios y montañas. La señal GPS tiene tres diferentes bits de información, un código pseudo aleatorio, un dato efemérico y un dato de almanaque.

El código pseudoaleatorio es simplemente un número que identifica el satélite GPS que está transmitiendo la información. Se puede ver este número en la pantalla de satélites de su receptor GPS Garmin, puesto que este identifica que satélite GPS está recibiendo.

El dato de efeméride es constantemente transmitido por cada satélite GPS, contiene información importante sobre el estatus del satélite GPS, es decir si todo es correcto allí arriba o no. Además transmite el día y la hora. Esta parte de la señal es esencial para la determinación de la posición GPS.

El dato de almanaque le dice al receptor GPS donde debería estar el satélite GPS en cada momento a lo largo del día. Cada satélite GPS transmite el dato de almanaque mostrando la información orbital para ese satélite y para cualquier otro satélite del sistema GPS (VAN DIERENDONCK *et al.*, 1978).

#### **2.1.8. Fundamentos del GPS**

El sistema de posicionamiento global o GPS, se basa en la medición de distancias a partir de señales de radio transmitidas por un grupo de satélites artificiales cuya orbita se conoce con precisión y captadas y decodificadas por receptores ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar. Si medimos las distancias de al menos 3 satélites a un punto sobre la tierra, es posible determinar la posición de dicho punto por trilateración.

### - **Trilateración satelital**

Los satélites del sistema de posicionamiento global se encuentran girando alrededor de la tierra en orbitas predefinidas a una altura aproximada de 20.200 Km.; siendo posible reconocer con exactitud la ubicación de un satélite en un instante de tiempo dado, convirtiéndose por lo tanto los satélites en puntos de referencia en el espacio. Supongamos que un receptor en la tierra capta la señal de un primer satélite determinando la distancia entre ambos. Esto solamente nos indica que el receptor puede estar ubicado en un punto cualquiera dentro de una superficie de una esfera de radio  $R_1$ . Si medimos la distancia de un segundo satélite al mismo receptor se generará una superficie esférica de radio  $R_2$ , que al interceptarse con la primera esfera se formará un círculo en cuyo perímetro pudiera estar ubicado el punto a medir.

Si agregamos una tercera medición, la intersección de la nueva esfera con las dos anteriores se reduce a dos puntos sobre el perímetro del círculo descrito, uno de estos dos puntos puede ser descartado por ser una respuesta incorrecta, bien sea por estar fuera de espacio o por moverse a una velocidad muy elevada.

### - **Medición de distancias desde los satélites**

La distancia de un satélite a un receptor se calcula midiendo el tiempo de viaje de la señal de radio desde el satélite al receptor, conociendo la velocidad de la señal de radio.

- **Medición precisa del tiempo**

La medición del tiempo de viaje es una actividad difícil de realizar, el tiempo promedio que una señal tarda en viajar de un satélite orbitando a 20.200 Km. A la tierra es de 0,067 segundos. Este hecho hace necesario la utilización de relojes muy precisos, Los satélites portan Relojes Atómicos con precisiones de un nanosegundo, pero colocar este tipo de relojes en los receptores sería muy costoso. Para solucionar este problema los receptores corrigen los errores en la medición del tiempo mediante una medición a un cuarto satélite.

- **Conocimiento preciso de la órbita de los satélites (efemérides)**

Existen 6 diferentes órbitas inclinadas aproximadamente 60° con respecto al ecuador. Alrededor de cada uno de estos planos giran 4 satélites que son monitoreados constantemente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, en tierra existen 5 estaciones de seguimiento y control, 3 estaciones para la alimentación de datos, 1 estación de control maestro, esta estación calcula, con los datos de las estaciones de seguimiento, la posición de los satélites en las orbitas (efemérides), los coeficientes para las correcciones de los tiempos y transmiten esta información a los satélites (JAMES, 2004).

## **2.2. Cobertura y precisión del DGPS**

Se construyó principalmente por la introducción de la disponibilidad selectiva. Es un sistema a través del cual se intenta mejorar la precisión obtenida a través del sistema GPS. El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los

receptores situados próximos entre si. Si suponemos que un receptor basándose en otras técnicas conoce muy bien su posición, si este receptor recibe la posición dada por el sistema GPS será capaz de estimar los errores producidos por el sistema GPS.

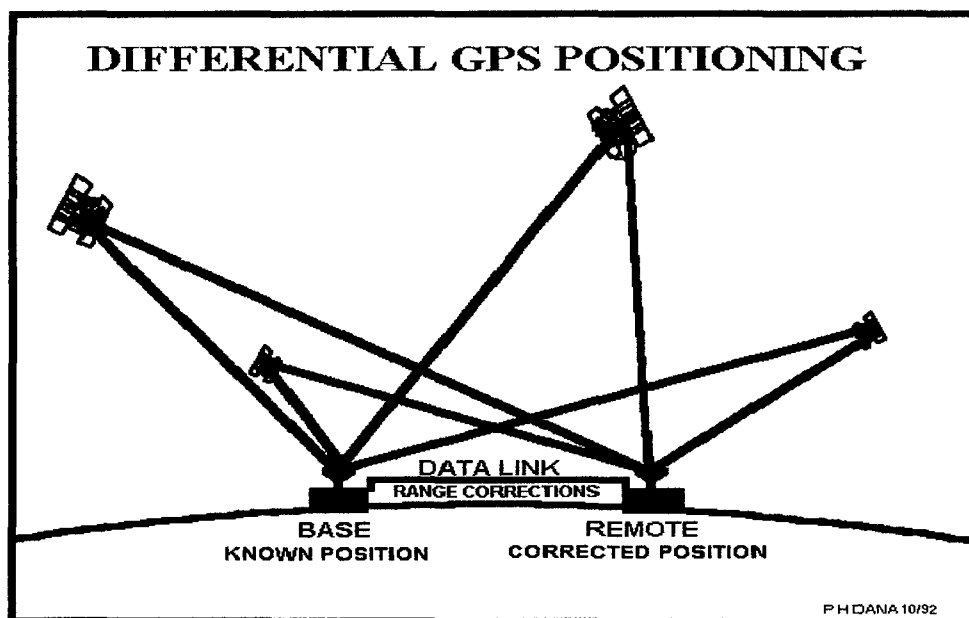


Figura 1. Diferencial GPS.

Con este sistema DGPS se pueden corregir, en parte, los errores debidos a:

- Disponibilidad selectiva.
- Propagación por la ionósfera - tropósfera.
- Errores en la posición del satélite (efemérides).
- Errores producidos por errores en el reloj del satélite (TRIMBLE, 2004).

### 2.2.1. Precisión del DGPS

Este aspecto depende de la geometría de los satélites además del tiempo de cobertura y las características técnicas de los equipos.



- **Número de satélites visibles**

Cuanto más satélites esté recibiendo un receptor más precisa será su posición ya que se disminuye el área de incertidumbre de su posición posible. El mínimo de satélites para ubicar un receptor en tres dimensiones es de 4, cada satélite que se agregue a las mediciones mejora la precisión. El máximo teórico de satélites que se pueden recibir es 12, pero generalmente los que se encuentran demasiado cerca del horizonte no se reciben.

- **Dilución de la precisión posicional (PDOP)**

PDOP es una medida sin unidades que indica cuando la geometría satelital provee los resultados más precisos. Cuando los satélites están desparrramados por el espacio, el valor PDOP es bajo y las posiciones computadas son más precisas. Cuando los satélites están agrupados el valor PDOP es alto y las posiciones imprecisas. Para obtener precisiones submétricas el PDOP debe ser de 4 o menos.

- **Relación señal- ruido (S/N)**

La relación señal / ruido es una medida de la intensidad de la señal satelital. A medida que la intensidad aumenta la precisión también lo hace. A mayor señal y menor ruido la relación es mayor y la precisión aumenta. Para obtener posiciones con precisión esta relación (S/N) debe ser mayor de 6, con un ideal entre 12 y 15.

### - **Elevación**

Cuando un satélite está bajo en el horizonte, la señal que emite debe atravesar una gran distancia de atmósfera, demorando la llegada al receptor. Se pueden eliminar estos datos configurando los receptores para que eliminen las señales de los satélites que están debajo de cierto ángulo por sobre el horizonte. Los satélites que estén por debajo de este ángulo son excluidos del cómputo de la posición. Para mayor precisión se recomienda utilizar un ángulo mínimo de 15°.

Al ser muy elevado este ángulo puede que se pierdan las señales de algunos satélites y no se obtenga operación continua. Por eso una solución de compromiso es configurar este ángulo en por lo menos 7,5°.

### - **Factores ambientales**

Como ya se sabe la señal GPS es reflejada por objetos cercanos, particularmente por objetos metálicos, creando resultados falsos o erróneos. Este fenómeno es conocido como multitrayectoria. La precisión óptima se obtiene recolectando datos lejos de superficies reflectoras, como edificios, galpones o árboles. Algunos receptores poseen distintas formas de minimizar el efecto de la multitrayectoria. Para lograr precisiones menores a 1 m + 1 ppm de la distancia entre el receptor y la estación de referencia se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Número de satélites usados: > 5
- PDOP: 4

- Relación señal / ruido (S/N): > 6
- Elevación mínima: > 7,5°.
- Ambiente de reducida multitrayectoria (MENDES *et al.*, 1999).

La verdadera prueba de un receptor GPS es la calidad de los datos GPS que genera. El receptor ProXH pasa la prueba con todo éxito, brindando una precisión simétrica pareja y confiable. El diseño avanzado del receptor y características tales como la tecnología H-STAR para el rechazo de la trayectoria múltiple le permiten trabajar con vegetación densa, en entornos urbanos y rurales dondequiera que la precisión sea vital. El posprocesamiento es fácil con el software Trimble GPS Pathfinder Office (MENDES *et al.*, 1999).

Una forma común de incrementar el nivel de precisión de la posición es usar una estación GPS estacionaria. La estación base relaciona cada posición del satélite y tiempo a una referencia común. Al conocerse la posición exacta de la estación base en latitud y longitud, ésta hace correcciones y transmite las coordenadas corregidas a los receptores de campo, los cuales pueden llegar hasta errores de un centímetro en tiempo real (MAO *et al.*, 1997).

#### **2.2.1.1. Precisión submétrica**

Es la precisión obtenida tras efectuar la corrección diferencial en mm.

- **WILD GPS System 300 (Leica)**

Se trata de equipos receptores de doble frecuencia y brújula que permiten ubicar la antena GPS. El sistema WILD GPS System 300 puede ser utilizado en el campo para la captura de datos en modo estático y el levantamiento de líneas. Este equipo recibe las frecuencias L1 y L2 de los satélites, lo que permite adquirir una exactitud submétrica. La frecuencia L1 (1575.42 Mhz) transporta el mensaje de navegación y las señales del servicio de posicionamiento standard SPS. La frecuencia L2 (1227.60 Mhz) se emplea para el servicio de posicionamiento de precisión PPS y para medir los retrasos de propagación de las señales en la atmósfera.

**2.2.1.2. Precisión centimétrica**

Es el valor obtenido una vez se ha efectuado la corrección en centímetros.

- **Equipo GPS ProXr Trimble**

El ProXr cuenta con un receptor de 12 canales y suministra una precisión centimétrica; por tratarse de una herramienta rápida y precisa, permite grabar las localizaciones de los objetos (puntos, líneas y áreas) y a la vez introducir información descriptiva y detallada acerca del objeto.

Este equipo GPS permite al usuario portarlo en su espalda; a su vez está provisto de una maleta que contiene el receptor, 2 baterías y el

cableado propio de las conexiones; en su parte superior posee ensamblada la antena y al lado izquierdo la conexión al recolector de datos.

- **GPS GeoExplorer3 Trimble**

El GeoExplorer3 Trimble es un colector de datos diseñado para portar en la mano; está provisto de una antena interna, una fuente de alimentación y un receptor de 12 canales. Esta herramienta cuenta con una antena externa y un bastón extensible para mejorar la recepción de las señales de satélites.

- **GPS Trimble GeoExplorer XH 2005 series**

El GeoXH es la mejor de las soluciones de Trimble para la recolección de datos SIG (GIS) de alta precisión. Con la tecnología H-Star, el GeoXH entrega exactitudes GPS centimétricas (30 cm) requeridas para utilidades en el campo eléctrico, gas, agua, servicios de aguas residuales, fibra óptica, proyectos de reformación de suelos y otras aplicaciones donde la precisión en el posicionamiento es crucial. Con tecnología H-Star, la cual no debe inicializar ya que mientras usted toma los datos de campo ella almacena lo necesario para la precisión centimétrica. Si se necesita mayor precisión, agregue una antena Zephyr al GeoXH para obtener 20 cm de precisión. El GeoXH viene con un poderoso procesador de 416 MHz, ejecuta el más avanzado sistema operativo disponible Microsoft® Windows Mobile Versión 5.0 para PC de bolsillo. Windows Mobile es el estándar de la industria de plataformas abiertas para dispositivos móviles; Posee una gran capacidad de almacenamiento para datos SIG (GIS),

El GeoXH es la única computadora de mano que ofrece precisión GPS centimétrica sin comprometer la robustez y conectividad; son las principales características de las series GeoExplorer (TRIMBLE, 2004).

### **2.2.1.3. Precisión métrica**

Es la precisión obtenida sin corrección diferencial.

#### **- Garmín Etrex**

Este tipo de equipo es usado para la navegación y referencia de geográficas; por sus características técnicas brinda una precisión superior a los 10 metros (MENDES y LANGLEY, 1999).

## **2.2.2. Configuración de equipos**

### **2.2.2.1. Definición de parámetros**

El levantamiento de la información en el campo se realiza en coordenadas UTM siguiendo los siguientes parámetros internacionales:

- Datum WGS84 (World Geodetic System 1984).
- UTM (Universal Transverse Mercator).
- Altura sobre elipsoide (Distancia vertical por sobre un elipsoide de referencia para un punto específico)
- Tiempo de cobertura (Un tiempo de referencia usado por los satélites GPS).

Para los navegadores es posible tomar la primera coordenada geográfica que muestra el equipo; para los equipos submétricos y centimétricos se debe tener en cuenta la longitud de la línea base y el tiempo de cobertura para la precisión.

#### **2.2.2.2. Configuración del GPS**

A, continuación se presenta la configuración de los equipos de la línea Trimble. Otros receptores de GPS requieren la misma configuración, aunque actualmente muchos equipos se ajustan automáticamente, salvo el sistema de coordenadas, datum, unidades de medición y la hora.

- **Distribución de satélites en el firmamento.** Cuando la constelación de satélites es deficiente, se reciben coordenadas bidimensionales (2D). Las coordenadas de lecturas 2D proporcionan coordenadas en dos dimensiones longitud y latitud. Debido a que el usuario del aparato móvil debe introducir la elevación exacta del aparato de GPS, éste necesita comunicarse sólo con tres satélites para obtener una posición. Sin embargo, como generalmente se desconocen los valores exactos de elevación, las coordenadas 2D casi siempre son erróneas y por consiguiente se utilizan rara vez. Cuando el aparato de GPS se encuentra en "Auto", éste obtiene posiciones 3D si están disponibles y 2D si no lo están. Sin embargo, las posiciones 2D se deben considerar siempre inaceptables. Las posiciones 3D requieren, por lo menos, de cuatro satélites para la triangulación, con lo que proporcionan una posición más exacta.

- **Ubicación de satélites en el firmamento.** Es muy frecuente escuchar, en el país, lo difícil que es determinar coordenadas entre las 11 de la mañana y las 2 de la tarde, este fenómeno se presenta porque en esta parte del mundo, y a estas horas, no existe el suficiente número de satélites para lograr la triangulación y determinar las coordenadas. Por esta razón, es importante la planificación del trabajo de campo (MENDES y LANGLEY, 1999).

Cuando se reciben señales de satélites que se encuentran muy cerca del horizonte, la interferencia atmosférica reduce la potencia de la señal. Las señales de satélites ubicados a menos de diez grados del horizonte se consideran de mala calidad, ya que a mayor distancia de viaje de la señal, menor la potencia de ésta. Asimismo, a menor altura del satélite en el firmamento, mayor la posibilidad de que sus señales "reboten" en la vegetación, accidentes topográficos o edificios. En el caso de los GPSs que tienen control sobre el filtro de elevación, por ejemplo el GPS "Geo Explorer" se recomienda que sean mayores a los 15° del nivel del horizonte (BRUNINI, 1989).

- **Potencia de las señales del satélite**

Las señales débiles disminuyen la exactitud de las posiciones trianguladas. Los aparatos de GPS miden la potencia de la señal en términos de la Proporción Señal-Ruido" o SNR (Signal-to-Noise Ratio). Esta potencia es disminuida por interferencia externa, debida a ondas de radio, perturbaciones atmosféricas o fallas de satélite. Existen GPSs que pueden ser contro-



lados por el SNR, en este caso se recomienda que sean mayores a 6, con esto se garantiza señales de alta calidad.

- **Tiempo de mediciones**

El mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora el promedio estadístico que se puede calcular para ésta. Actualmente los receptores de GPS cuentan con la opción "average" que promedia los puntos tomados en una misma posición, y cuanto mayor es el tiempo de recepción mejor será esta posición.

- **Intervalos de registro (Logging intervals)**

El aparato de GPS puede programarse de modo, que recolecte coordenadas con una velocidad de un punto cada 1 a 100 segundos; esta velocidad se conoce como Intervalo de Registro de Posición (Positional Logging Interval). Los aparatos de GPS, generalmente, se programan para recolectar coordenadas cada segundo, la única razón para disminuir la cantidad de coordenadas recolectadas es cuando existen limitaciones de espacio de almacenamiento en el aparato. La recolección de una coordenada por segundo utilizará alrededor de 30 Kb por minuto.

Los Intervalos de Registro de Medidas (Measurement Logging Intervals) sirven para determinar la frecuencia con la cual el aparato de GPS registra los datos completos de los satélites con los que se está comunicando (BRUNINI, 1989).

### **2.2.3. Correcciones atmosféricas**

La ionósfera compuesta por una banda de partículas eléctricas comprendida entre los 128 y 192 km sobre la superficie de la tierra, afecta la velocidad de propagación de las señales electromagnéticas en el espacio. Las ondas de radio que atraviesan este medio sufren retrasos; es posible corregir este error a partir de la precisión del comportamiento promedio de la ionósfera, o a través de la comparación de las velocidades relativas de propagación de dos señales de frecuencia de diferentes medidas.

Los residuos de gases y vapor de agua contenidos en la atmósfera, también afectan la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas; los errores causados son similares, en magnitud, a aquellos causados por efectos de la ionósfera. Sin embargo, los efectos de los errores causados por la atmósfera, son imposibles de corregir.

### **2.2.4. Disponibilidad selectiva (S/A)**

El Departamento de Defensa de los EE.UU., codifica simultáneamente las señales de varios satélites escogidos al azar, esto hace que existan errores en las mediciones de posicionamiento de hasta 100 m. Los aparatos móviles de GPS no tienen capacidad para corregir este error causado por la codificación; pero con la ayuda de proceso de correcciones diferenciales este error se puede calcular y corregir en gran parte. La inexactitud de las coordenadas recolectadas con el aparato móvil se puede reducir hasta 10 m. o menos, dependiendo del equipo que se utilice.

La llamada disponibilidad selectiva (S/A) fue eliminada el 2 de mayo de 2000. Aunque actualmente no aplique tal error inducido, la precisión intrínseca del sistema GPS depende del número de satélites visibles en un momento y posición determinados.

### **2.2.5. Correcciones diferenciales de post-proceso**

La estación-base normalmente funciona de manera constante y se mantiene en un solo lugar, recolectando puntos constantemente durante el tiempo en que el aparato móvil (rover) funciona. Debido a que el aparato de GPS de la estación-base se mantiene estacionario en una ubicación conocida, el software puede comparar las coordenadas calculadas desde los satélites con su verdadera ubicación. Luego calcula el error o discrepancia de cada una de las señales de satélite en cualquier momento dado. Mientras el aparato móvil se mantenga a una distancia adecuada de la estación-base, éste se comunicará con los mismos satélites y al mismo tiempo que el aparato de la estación-base. Cuando las coordenadas del aparato móvil se transfieren al computador de la estación-base, el software puede aplicar estos errores calculados para corregir los errores de coordenadas del aparato móvil.

Estas correcciones se conocen como correcciones post-proceso. De esta forma, las coordenadas de campo pueden corregirse de una inexactitud de 100 m o más a una inexactitud de 10 m. o menos, dependiendo de la calidad de los aparatos.

### **2.2.6. Correcciones diferenciales de tiempo-real**

El procesamiento diferencial de tiempo-real (RTDC) se produce cuando el aparato móvil dedica uno de sus canales a la comunicación con la estación-base, al mismo tiempo que recolecta coordenadas en el campo. De esta manera, las coordenadas del aparato móvil pueden ser corregidas por la estación-base mientras se está en el campo. Sin embargo, se requieren líneas claras de comunicación con la estación-base, ya que el relieve, árboles o edificios interpuestos pueden bloquear la recepción entre los dos aparatos de GPS. El RTDC es práctico solamente en zonas abiertas, llanas donde el aparato móvil se encuentra a menos de 100 km de la estación-base; en terrenos boscosos o montañosos, es difícil aplicar el RTDC (KUANG *et al.*, 1996).

### **2.2.7. Fiabilidad y exactitud de los datos del DGPS**

Teniendo en cuenta que el sistema GPS fue diseñado y desarrollado para aplicaciones militares, debemos señalar que los receptores que podemos encontrar en el mercado son para uso civil, por lo que el departamento de defensa de los EEUU necesitaba tener una manera de limitar esa exactitud para prevenir que esta tecnología fuera usada de una manera no pacífica. Para limitar su exactitud se incorporaron errores aleatorios a la señal, es decir, que los receptores civiles (no los militares) están sujetos a una degradación de la precisión, en función de las circunstancias geoestratégicas y geopolíticas del momento, que queda regulada por el programa de disponibilidad selectiva del DoD de los EEUU o SA (Selective Availability). De todo ello se deduce que, habitualmente, los receptores GPS tienen un error nominal en el cálculo de la posición de aproxima-

damente 15 m que pueden aumentar hasta los 100 m cuando el DoD lo estime oportuno.

Si la utilización que fuéramos a dar a nuestro receptor GPS requiriese más precisión aún, casi todas las firmas disponen de dispositivos opcionales DGPS (GPS Diferencial) que disminuyen el error hasta un margen de 1 a 3 m (MAO *et al.*, 1997).

#### **2.2.8. Dilución de precisión de la posición (PDOP.- Position dilution of precisión)**

Cifra sin unidades que expresa la relación entre el error en la posición del usuario y el error en la posición del satélite. Indica el momento en que la geometría del satélite puede facilitar los resultados más exactos. El mejor tiempo para capturar datos se selecciona basado en informes y gráficos que muestran la PDOP, un valor bajo PDOP indica una mejor geometría relativa y una mayor precisión concordante y viceversa (JAMES, 2004).

#### **2.2.9. Multicamino y dispersión de la señal**

No se trata de efectos constantes, sino que su amplitud depende de la variación de la configuración geométrica de los satélites, la antena y obstáculos reflectores cercanos a ella. Por tal motivo estos efectos tienen períodos en un rango que abarca desde unos pocos minutos a decenas de minutos. El multicamino puede minimizarse seleccionando sitios abiertos, libres de obstáculos y monturas para la antena que no contengan superficies metálicas horizontales.

Además, sus efectos pueden ser atenuados en mediciones estáticas que duren varios días, lo que obedece a su dependencia de la distribución de satélites y reflectores cercanos a la antena, dado que la configuración de los satélites se repite casi exactamente cada día sidéreo, dos días de observación consecutivos en una estación están afectados por aproximadamente el mismo multicamino si se desfasa el tiempo del primero de ellos en 23h56m4s (JOHANSSON, 1998).

#### **2.2.10. El retardo ionosférico**

Cuando la distancia entre estaciones es mayor que unos pocos kilómetros, los efectos de la ionósfera y tropósfera dejan de cancelarse totalmente en las simples diferencias y sus efectos relativos.

El efecto de la ionosfera diferencial puede alcanzar decímetros para distancias de cientos de kilómetros (BRUNINI, 1998). La disponibilidad de las dos frecuencias permite por un lado el posicionamiento preciso con vectores largos y por otro, la detección y análisis de la distribución de electrones en la ionosfera a escala regional o global.

En vectores largos y disponiendo de las dos frecuencias, el efecto ionosférico tiene aún consecuencias negativas indirectas (SCHAER *et al.*, 1996).

#### **2.2.11. Fuentes de error**

La posición calculada por un receptor GPS requiere el instante actual, la posición del satélite y el atraso de la señal recibida. La precisión es de-

pendiente en la posición y atraso de la señal. La precisión de la posición se mejora con una señal P (Y). Al presumir la misma precisión de 1 % de tiempo BIT, la señal P (Y) (alta frecuencia) resulta en una precisión de más o menos 30 centímetros. Los errores en las electrónicas son una de las varias razones que perjudican la precisión, estos son los siguientes:

Fuente	Efecto
Ionosfera	$\pm 5$ m
Efemérides	$\pm 2,5$ m
Reloj satelital	$\pm 2$ m
Distorsión multibandas	$\pm 1$ m
Troposfera	$\pm 0,5$ m
Errores numéricos	$\pm 1$ m o menos

1. Retraso de la señal en la ionosfera y la troposfera
2. Señal multirruta, producida por el rebote de la señal en edificios y montañas cercanos
3. Errores de orbitales, donde los datos de la órbita del satélite no son completamente precisos
4. Número de satélites visibles
5. Geometría de los satélites visibles
6. Errores locales en el reloj del GPS
7. Efecto MULTIPATH (rutas múltiples), que viene a ser la refracción de la señal al penetrar diferentes capas con diferentes densidades.

### **2.2.12. El posicionamiento preciso mediante la técnica GPS**

La tecnología GPS, ha avanzado notablemente en los últimos 10 años. Algunos avances están a la vista como los receptores son más sencillos de manejar, tienen mayor capacidad de memoria, mejor autonomía de funcionamiento, las técnicas de medición dan una mejor respuesta a las demandas de levantamientos y en lo que respecta al procesamiento los software son prácticamente autónomos, por lo cual no requieren de la intervención de operadores especializados (CLARK, 1999).

## **2.3. Levantamiento catastral con tecnología DGPS**

### **2.3.1. Metodología basada en tecnología GPS**

Permite el levantamiento catastral de los predios, principalmente en zonas de Selva y Ceja de Selva, así como en zonas con nubosidad, se basa en la técnica de post procesamiento diferencial.

### **2.3.2. Identificación de áreas prioritarias**

Deben responder a las necesidades del país, centrándose en zonas con mayor potencial agrícola ó pecuario, en aquellas con mayor demanda de los agricultores ó en aquellas con mayores índices de pobreza, para lo cual especialistas en el tema deben establecer criterios y determinar las zonas prioritarias, en coordinación con los involucrados y tomadores de decisiones del más alto nivel, y de acuerdo a los objetivos institucionales, en este caso se priorizaron los va-



lles de la costa, luego sierra y actualmente se vienen trabajando en zonas de selva.

### **2.3.3. Recopilación de información existente**

Una vez identificada la zona de trabajo, se debe proceder con la compilación y organización de información existente, que tenga relación directa con el proceso cartográfico catastral en la zona priorizada, lo cual permitirá contar con información relevante para la elaboración del diagnóstico, mapa temático integral y servirá para la formulación del plan operativo correspondiente (SCHAEER *et al.*, 1996).

### **2.3.4. Preparación de brigadas de trabajo**

Cada brigada de trabajo debe levantar una ficha técnica por cada sector de trabajo con información básica que permita la supervisión de la ejecución del levantamiento catastral, deben contar con el equipamiento y logística según la zona de trabajo.

Las brigadas de trabajo deben ser debidamente capacitadas mediante un programa de capacitación a medida, tanto a nivel de gestión, como a nivel técnico, que incluya temas sobre la importancia del catastro rural, fundamentos de las tecnologías a emplear, manejo y operación de equipos y software, así como aspectos metodológicos, debiendo efectuar una evaluación permanente al personal seleccionado.

### **2.3.5. Establecimiento de estación base**

Para la aplicación de la tecnología GPS mediante la técnica diferencial, es necesario el establecimiento de una estación base, sobre un punto extendido partiendo de la red GPS del Instituto Geográfico Nacional, mediante equipamiento geodésico. Esta estación base debe estar adecuadamente configurada y ser la primera en encenderse y la última en apagarse durante la ejecución del levantamiento catastral (SCHAER *et al.*, 1996).

### **2.3.6. Linderación de predios**

Antes de la visita de campo, el jefe de grupo ó sector, deberá efectuar la programación de los trabajos de campo y notificar a los posesionarios, indicando fecha y hora de inicio de los trabajos de linderación y empadronamiento, y acompañar a los técnicos de campo para el inicio de actividades, presentándolos en una reunión de trabajo a las autoridades y explicando a los agricultores, las ventajas del proceso de levantamiento catastral.

La metodología que se empleará, el tipo de equipamiento a ser empleado, y la necesidad de limpiar los vértices de los predios cuando haya cobertura vegetal, debiendo efectuarlo con anticipación, solicitándoles además el apoyo correspondiente para que cada posesionario y sus vecinos, estén presentes e indiquen los límites del lindero brinden apoyo al técnico durante los trabajos de campo frente a imprevistos o eventualidades al linderar su predio.

### **2.3.7. Post procesamiento de información GPS**

Consiste en la ejecución del post procesamiento diferencial, mediante el cual se logra la corrección de la información captada por los equipos GPS de campo, mediante la información de la estación base, mediante software especializado, para lo cual se debe contar con la ficha técnica e información de los valores de la estación base, y luego ejecutar el post procesamiento efectuando el control de calidad de los resultados obtenidos.

### **2.3.8. Generación del SIG catastral**

Con la información obtenida luego del post procesamiento diferencial, y la ficha técnica de campo, mediante el software CAD, se procede a editar los datos generando los polígonos de cada uno de los predios y accidentes geográficos levantados, asignándoles la unidad catastral correspondiente, y mediante un software SIG, con una estructura de datos diseñada según las necesidades de la organización, se registran los datos del empadronamiento y posteriormente se vinculan, obteniendo un SIG catastral, para posteriores estudios o aplicaciones.

### **2.3.9. Impresión de planos catastrales**

Con la información anteriormente obtenida, mediante el SIG, se procede a imprimir los planos correspondientes, según las necesidades, pudiendo imprimirse desde certificados catastrales por cada predio, hasta planos temáticos y otros a diferentes escalas.

### **2.3.10. Cómo se entrega el trabajo final**

Culminada la fase de campo y de oficina, se entrega el trabajo al cliente en dos formas, análogo y digital.

- **Analógico**

Levantamiento topográfico o planimétrico, georeferenciado en coordenadas UTM, con las divisiones convenidas, canales de riego y uso actual del terreno en plano formato A0. Ubicación del terreno en carta topográfica digital georeferenciada 1:50 000 IGM correspondiente a la zona de la propiedad. Perímetro sobrepuesto en fotografía aérea digitalizada y georeferenciada del sector a partir del negativo del Instituto geográfico militar.

- **Digital (CD):**

Plano formato JPG (imagen), formato CAD (Auto CAD 2000) y SHP (arcview 3.2, Sistema de Información Geográfica), informe escrito en formato Microsoft Word (ATKINSON *et al.*, 2001)

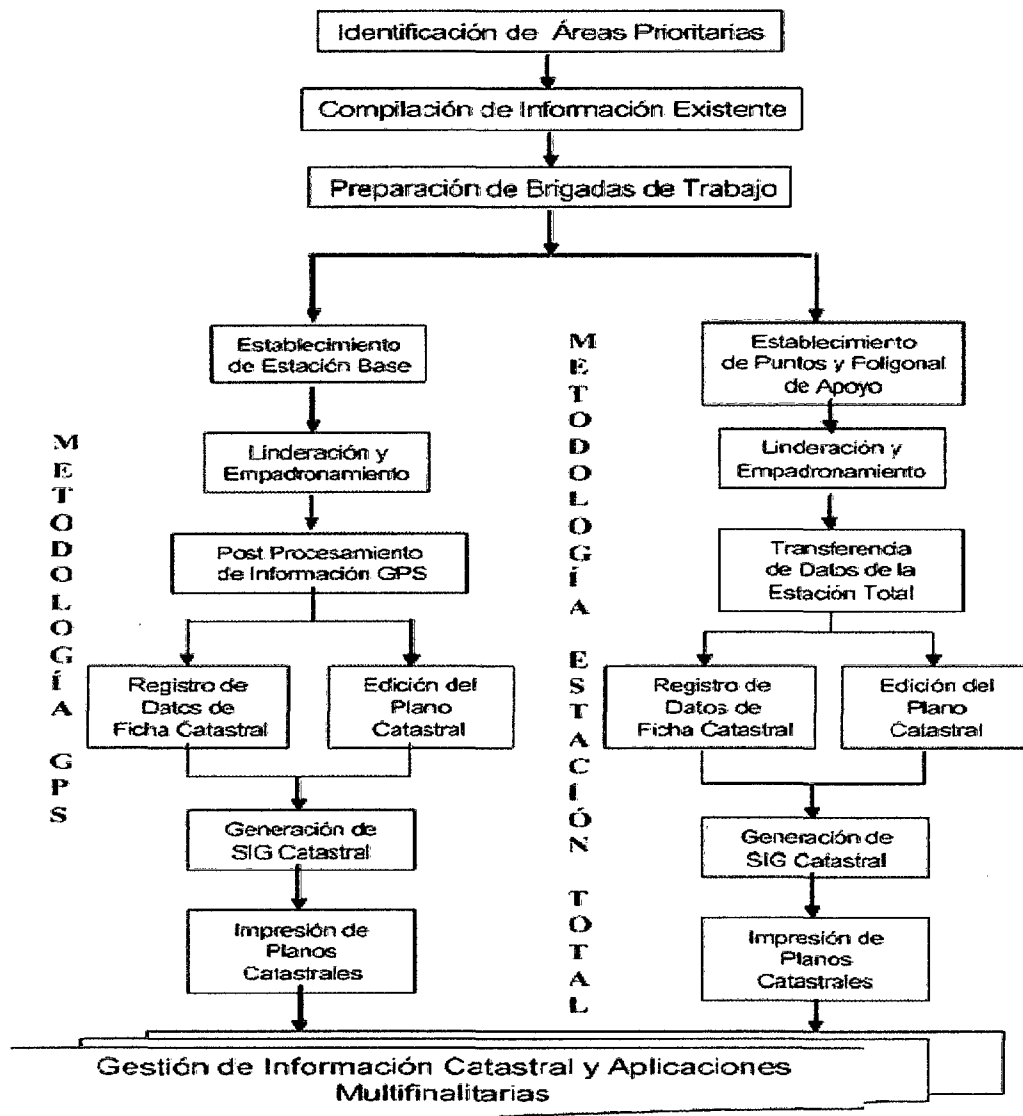


Figura 2. Sistematización del uso de tecnología GPS y estación total.

## 2.4. Datum

Debido a que la tierra no es una esfera perfecta y que más bien tiene forma ovalada, el aparato móvil de GPS necesita "conocer" su ubicación en el globo. La curvatura de la superficie de la tierra difiere ligeramente en distintas partes del planeta (MAO *et al.*, 1997).

Datum es un modelo matemático para modelar la forma esférica de la tierra. El modelo óptimo es el de un elipsoide de revolución, dado que la tierra es abultada en el ecuador y achatada en los polos. Un elipsoide queda definido por su eje mayor y menor, sin embargo, para utilizar este elipsoide como datum geodésico se requiere además definir su orientación y su colocación con respecto al centro de la tierra.

## **2.5. Georeferenciación**

Procedimiento mediante el cual un objeto, sobre la superficie de la tierra, recibe una localización que identifica su posición espacial con respecto a un punto de coordenadas conocidas o marco de referencia.

## **2.6. Coordenadas**

De acuerdo al Instituto Panamericano de Geografía e Historia, el principio fundamental de la cartografía consiste en el establecimiento sobre la superficie de la tierra de un sistema de coordenadas al que puede referirse cualquier punto de la misma, teniendo las principales direcciones de referencia que son: Norte, Sur, Este y Oeste. Un juego de números que describen su posición en o sobre la tierra. Las coordenadas están típicamente basadas en líneas de latitud, longitud de referencia o una proyección de grillas global/regional.

Ejemplo: UTM, MGRS, Maidenhead.

En otras palabras las coordenadas son un conjunto de líneas horizontales y verticales que permiten localizar un punto sobre la superficie de la tierra y le asigna un valor determinado, para ello se emplean coordenadas geográficas (X, Y), planimétricas o planas (N, E) o coordenadas cartesianas (X,Y).

Coordenadas geográficas, es un sistema que se fundamenta en la rotación de la tierra, considerando a la misma como una esfera que gira de Este a Oeste, alrededor de un eje cuyos extremos están los polos (polo norte y polo sur).

### **2.7. Universal Transverso Mercator (UTM)**

Un sistema de proyección de coordenadas casi mundial que usa medidas de distancia del norte y el este a partir de puntos de referencia.

UTM es el sistema primario de coordenadas usado en los mapas topográficos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (AGUGLIARO, 2000)

### **2.8. Catastro**

El catastro es una de las mayores fuentes de información sobre el territorio de las que se dispone, la información catastral a disposición del ciudadano es de tipo alfanumérico o de tipo gráfico. La información alfanumérica generalmente se emplea para obtener estadísticas y censos, mientras que la información gráfica se emplea para extraer información espacial.

El estado utiliza esta información para una serie de actividades como manejo de tierras y propiedades públicas, planificación urbana y rural, reformas agrarias, desarrollo de infraestructuras, telecomunicaciones, política fiscal, etc. Además el sector privado requiere información espacial para desarrollar sus actividades, como provisión de servicios de agua, energía, comunicaciones transporte, construcción, producción cartográfica, servicios de consultoría e ingeniería, etc.

Para que la cartografía catastral pueda servir de base a otras aplicaciones, es imprescindible que cumpla con unos estándares cartográficos de precisión, ya que de otro modo sólo serviría para el fin catastral (ATKINSON *et al.*, 2001).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Características generales de la zona en estudio

##### 3.1.1. Ubicación política y geográfica

El presente trabajo se realizó en un área de 6.456 ha del caserío IV sector Limón en el distrito de Tocache, provincia de Tocache, departamento de San Martín; La ubicación del área en estudio se encuentra en las coordenadas siguientes:

Parcela cielo despejado		Parcela bajo cobertura	
Este	Norte	Este	Norte
P1 = 328417.090	9094527.798	P1 = 328932.440	9095161.190
P2 = 328627.738	9094537.828	P2 = 328971.860	9095167.470
P5 = 328508.885	9094516.658	P3 = 328969.090	9095080.470
P6 = 328417.090	9094527.798	P4 = 328918.230	9095081.590
P9 = 328424.343	9094817.401		
P13= 328624.389	9094812.884		

##### 3.1.2. Climatología

El régimen pluviométrico de la provincia de Tocache es de tipo monomodal, con precipitaciones máximas entre los meses de octubre a marzo y

precipitaciones pequeñas en julio y agosto; es decir, que se destacan dos períodos durante el año, uno lluvioso estival y otro invernal con precipitaciones escasas.

Los valores más altos de la temperatura media se manifiestan entre los meses de octubre y diciembre, oscilando entre 25.0° C y 25.4° C. La evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite muestra que sus valores máximos se dan entre los meses de diciembre y enero, y el mínimo en el mes de febrero. El total anual es alrededor de 1,340 mm/año. El clima húmedo abarca el sector aluvial del sur del río Huallaga, con su centro en Nuevo Tocache. Los climas muy húmedos y superhúmedos se desplazan hacia los sectores de montaña, especialmente en el sector occidental de la provincia.

### **3.1.3. Geomorfología**

Morfológicamente la provincia constituye un gran bloque que corresponde a la cordillera andina, el cual se ha dividido en dos unidades morfoestructurales diferenciables: la cordillera oriental y la cordillera subandina. En base a ello, es que se ha originado los principales y grandes procesos geodinámicos que han ido formando el relieve a través de diferentes períodos geológicos.

### **3.1.4. Descripción de la zona en estudio**

El área en estudio es de 6.456 ha. Se encuentra ubicado en la parte norte del caserío IV sector limón, se trabajó en 6 predios a cielo abierto, 1 bajo cobertura, en el caserío se pueden observar plantaciones de palma aceitera y

cacao y estos presentan vías de acceso muy significativas por tal motivo la zona en estudio presenta condiciones favorables para este trabajo, el lugar bajo cobertura es un bosque secundario o purma de unos 10 a 15 años.

### **3.2. Materiales y equipos**

De todos los materiales y equipos, comúnmente usados, podemos destacar al DGPS GEO XH 2005 marca Trimble, con el cual se tomaron todos los datos del trabajo, cámara fotográfica, computadora y los diferentes software (Terrasync, Panthfinder, Microstation, y programas CAT), con los cuales se trabajo para realizar la corrección diferencial y la poligonización de los predios.

### **3.3. Componentes en estudio**

#### **3.3.1. Toma de puntos con DGPS modelo GEO XH 2005**

Clave	Fuente
(GPS)	GPS Diferencial

#### **3.3.2. Parámetros de configuración**

GPS Diferencial modelo GEO XH 2005 (software terrasync)

Modo de operación	:	Estático-rápido
Características	:	Point_generic
Modo de posición	:	Sobredeterminado 3D
Máscara de elevación	:	15°
PDOP	:	6

SNR	:	39
Intervalo de registro	:	1 segundo
Tipo de registro	:	por código
Tiempo de registro	:	1 minuto
Tipo de archivos	:	ssf
Tipo de antena externa	:	Zephyr.

**Estación base:** Se usaron los archivos para la corrección diferencial tomados en la estación base que se encuentra en la oficina de COFOPRI en la ciudad de Tocache, dicha base consiste en un receptor Trimble de 12 canales configurada con un intervalo de captura de 1 segundos y una máscara de elevación de 15°.

### **3.3.3. Parámetros registrados**

- Coordenadas UTM (este y norte)
- Precisión horizontal
- PDOP Máximo
- Variación de coordenadas UTM
- Tiempo de registro.

## **3.4. Parámetros evaluados**

### **3.4.1. Toma de puntos en predios a cielo abierto**

Se tomaron datos en diferente periodo para evaluar la variación de la precisión de los puntos tomados con el GPS GEO XH 2005 TRIMBLE. Tam-

bién se evaluó los datos tomados en la mañana, medio día y tarde, para comparar si la precisión varía.

#### **3.4.2. Toma de puntos en predios bajo cobertura vegetal**

Se analizó los efectos de la vegetación (bosque secundario o purma), en la precisión de los puntos tomados con el GPS GEO XH 2005 (TRIMBLE). Se determinó la mejor configuración de SNR y PDOP, para obtener una mejor precisión.

#### **3.4.3. Toma de puntos con diferentes configuraciones del SNR y de PDOP.**

Se evaluó si la precisión y la eficiencia varían al cambiar la configuración estándar del SNR y de PDOP.

### **3.5. Métodos de análisis.**

#### **3.5.1. Análisis 1. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones.**

Se trata de determinar si existe una mejora en la precisión con la media de varias posiciones en la parcela a cielo despejado y bajo cobertura.

#### **Procedimientos en la captura de datos**

La antena siempre estaba a 2 m. de altura, el intervalo de captura fue de 1 segundo, la máscara de elevación se fijó en 15°, Se capturaron de 1 a 120 posicio-

nes para cada uno de los puntos que componen la parcela, siempre y cuando el tiempo necesario para ello no excediera de 10 minutos, la máscara PDOP se fijó en 6, todo se realizó con máscaras SNR de 20 y 39, se realizó también con la antena interna y la externa.

### **3.5.2. Análisis 2. Precisión de los datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS tanto para capturas de una posición como para medias de 60 posiciones.**

Se comparó la precisión de los datos sin corregir y de datos corregidos diferencialmente.

### **3.5.3. Análisis 3. Comparación de precisiones entre la antena interna y externa, varias configuraciones de SNR y de PDOP.**

Se comparo las precisiones entre la antena interna y externa, en varias configuraciones de SNR y de PDOP.

### **3.5.4. Análisis 4. La eficiencia del receptor. Es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje.**

Se evaluó los efectos de la vegetación arbórea e la precisión de los puntos tomados con DGPS. Se evaluó la eficacia del receptor es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo.

Por ejemplo: si se configura un receptor para capturar posiciones cada segundo y se toman datos durante 2 minutos (120 segundos) y captura 60 posiciones, la eficiencia será  $60/120 = 50\%$ .

**3.5.5. Análisis 5. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones.**

Se trata de determinar si existen diferencias en la precisión tomando datos en la mañana, medio día y tarde. Se comparo la precisión de los datos tomados en diferente periodo con corrección y sin corrección diferencial.

### **3.6. Trabajo de gabinete**

#### **Procedimientos en el post-proceso de los datos**

Los datos capturados se procesaron con el software de Trimble Pathfinder Office 2.51. Se corrigieron diferencialmente todos los datos GPS usando la estación base ya mencionada. Finalmente se exportaron los datos en formato DBase.

El análisis de datos se hizo con la hoja de cálculo Microsoft Excel 2007, con la cual se realizó un filtrado usando las máscaras PDOP de 4, 6, 8, 10, SNR 20 y 39, y ángulo de elevación de 10° y 15°.

El Datum utilizado es el WGS 84.

Con la información recolectada en campo se realizó la comparación de la precisión.

Cuadro 1. Abreviaturas usadas en las figuras 3 -10

---

Dat. S.c. ant. Int.:	Datos sin corregir con antena interna.
Dat. S.c. ant. ext.:	Datos sin corregir con antena externa.
Dat. S.c. b.c. ant. Int.:	Datos sin corregir bajo cobertura con antena interna.
Dat. S.c. b.c. ant. ext.:	Datos sin corregir bajo cobertura con antena externa.
Dat. Cor. ant. Int.:	Datos corregidos con antena interna.
Dat. Cor. ant. ext.:	Datos corregidos con antena externa.
Dat. Cor. b.c. ant. Int.:	Datos corregidos bajo cobertura con antena interna.
Dat. Cor. b.c. ant. ext.:	Datos corregidos bajo cobertura con antena externa.

---

### 3.7. Análisis estadístico

En el presente trabajo se utilizó la Desviación estándar. Para la verificación de la confiabilidad de los datos. Este análisis de la desviación estándar se realizó de la siguiente manera:

1. Ordenando los datos de mayor a menor.
2. Se calcula la media aritmética.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_k}{N}$$

3. Se determina la desviación de cada punto con respecto a la media.

$$X_i - \bar{X}$$



4. Se eleva al cuadrado cada desviación y se obtiene la sumatoria de las desviaciones elevadas al cuadrado.

$$\sum (X_i - \bar{X})^2$$

5. Y por ultimo se aplica la formula:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

#### IV. RESULTADOS.

### 3.2. Análisis 1. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones.

Los resultados promedios del análisis 1, se muestran en el cuadro 2 (obtenidos de los cuadros del 16 al 23 del anexo D)

Cuadro 2. Precisión en función del tiempo (s.).

Dat. s. c. ant. Int.	Dat. s. c. ant. ext.	Dat. s. c. b. c. ant. Int.	Dat. S. c. b. c. ant. ext.	Dat. Cor. ant. Int.	Dat. Cor. ant. ext.	Dat. cor. b. c. ant. Int.	Dat. cor. b. c. ant. ext.	Tiempo (seg.)
5.75	5.60	7.57	7.53	0.52	0.44	0.93	0.84	1
5.70	5.58	7.47	7.40	0.52	0.43	0.77	0.67	10
5.70	5.56	7.33	7.22	0.51	0.42	0.70	0.64	20
5.66	5.53	7.10	7.07	0.50	0.42	0.68	0.63	50
5.62	5.51	6.99	6.96	0.50	0.42	0.66	0.63	90
5.61	5.51	6.88	6.79	0.50	0.41	0.64	0.61	120

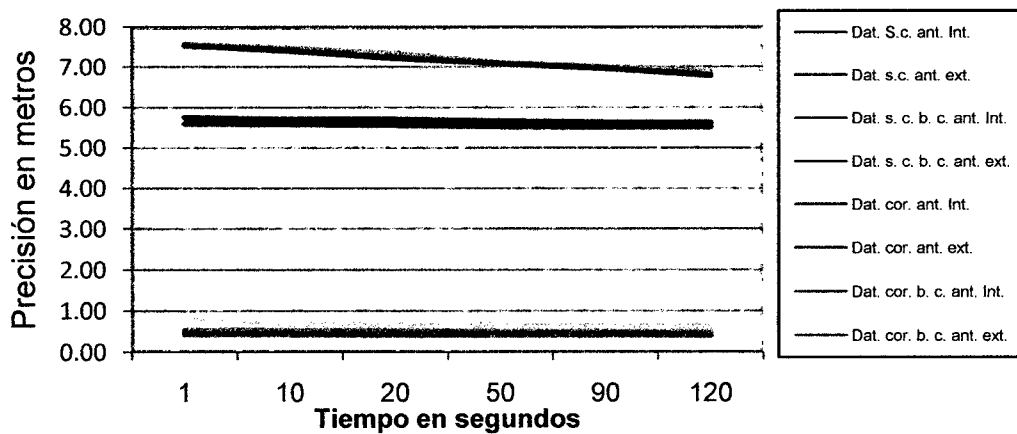


Figura 3. El gráfico muestra la precisión GPS en función del tiempo usado para promediar la posición tanto en la parcela a cielo abierto como bajo cobertura y con datos sin corregir y corregidos.

**3.3. Análisis 2. Precisión de los datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS tanto para capturas de una posición como para medias de 60 posiciones.**

Los resultados promedios del análisis 2 se muestra en los cuadros 3, 4, 5, 6, (obtenidos de los cuadros del 24 al 39 del anexo E)

Cuadro 3. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para capturas de una sola posición.

PDOP	Dat. ant. Int. sin. correccion	Dat. ant. int. corregido	Dat. ant. ext. sin correccion	Dat. ant. ext. corregido
5	5.71	0.49	5.34	0.43
6	5.81	0.54	5.49	0.46
7	5.99	0.53	5.55	0.45
8	5.88	0.54	5.57	0.45

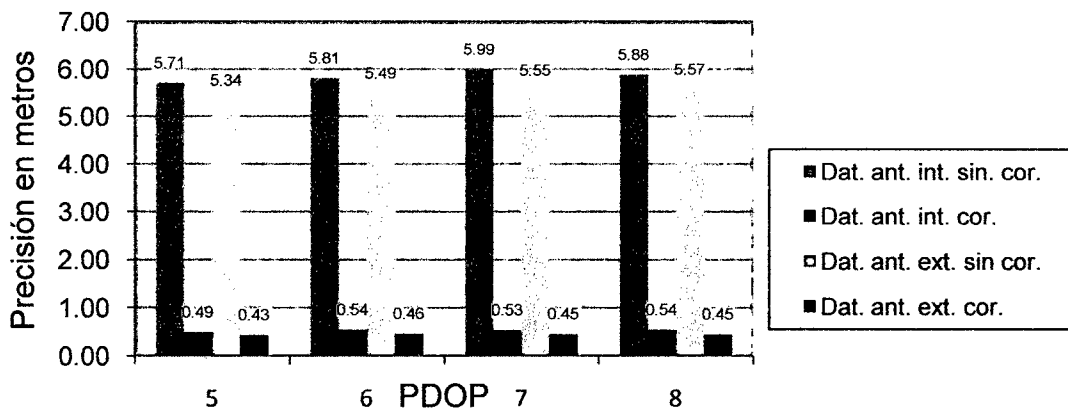


Figura 4. El gráfico muestra la precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto, para una posición y varios PDOPs.

Cuadro 4. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para la media de 60 posiciones.

PDOP	Dat. ant. int. sin correccion	Dat. ant. int. corregido	Dat. ant. ext. sin correccion	Dat. ant. ext. coregido.
5	5.63	0.47	5.33	0.39
6	5.71	0.52	5.49	0.45
7	5.63	0.52	5.49	0.43
8	5.73	0.54	5.49	0.41

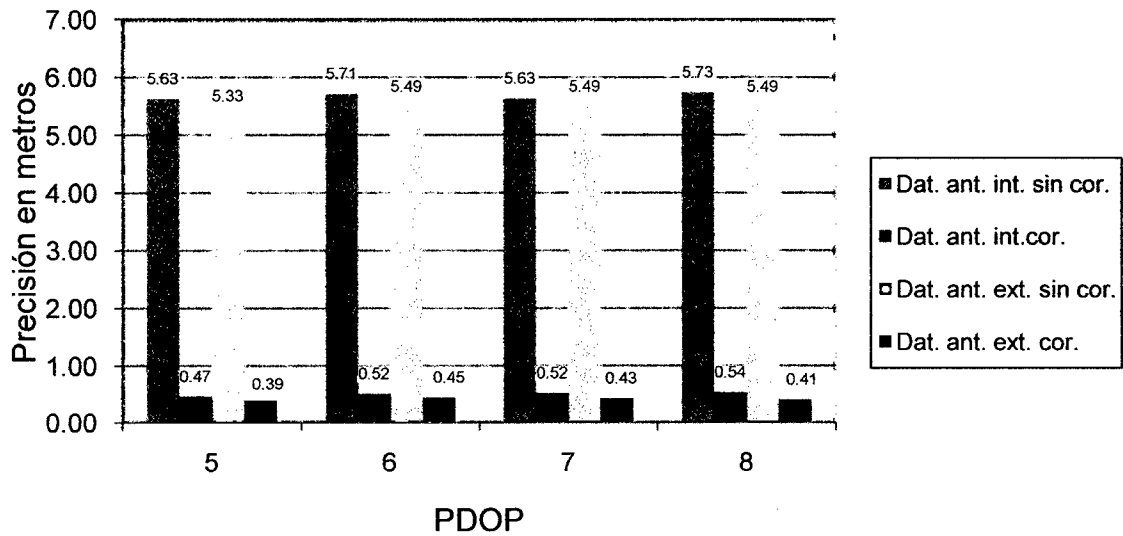


Figura 5. El gráfico muestra la precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto, para la media de 60 posiciones y varios PDOPs.

Cuadro 5. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para capturas de una sola posición en la parcela bajo cobertura.

PDOP	Dat. ant. int. sin correccion	Dat. ant. int. corregido	Dat. ant. ext. sin correccion	Dat. ant. ext. correccion
6	8.07	0.98	7.16	0.75
6	7.43	0.80	6.35	0.68
8	8.11	1.00	7.26	0.83
10	8.15	1.00	7.64	0.80

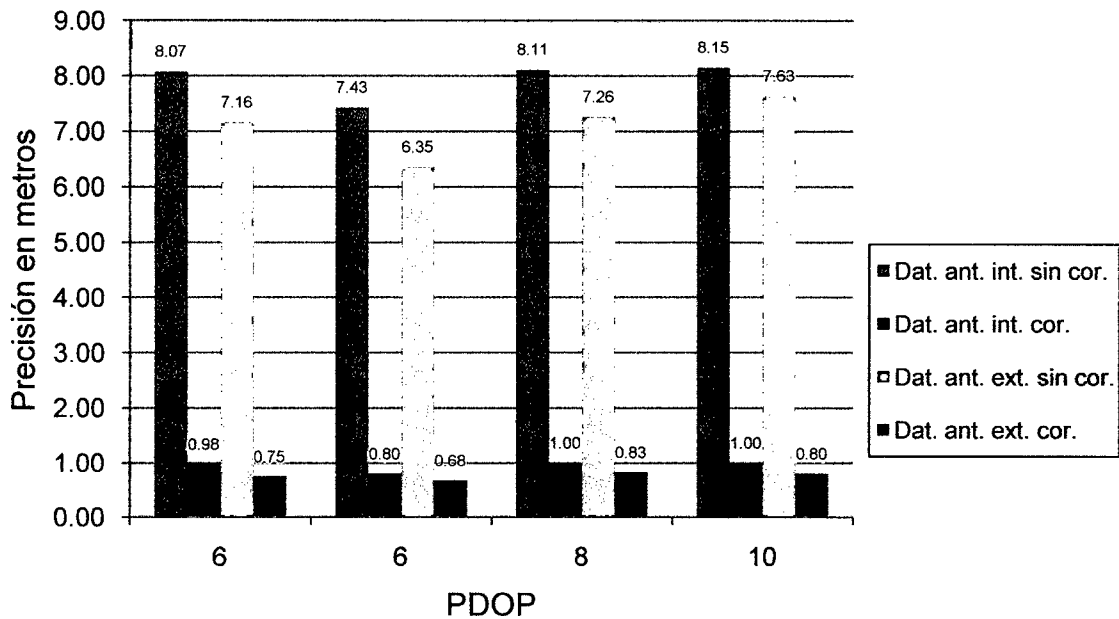


Figura 6. El gráfico muestra la precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura, para una posición y varios PDOPs.

Cuadro 6. Precisión de datos sin corregir y datos corregidos para la media de 60 posiciones en la parcela bajo cobertura.

PDOP	Dat. ant. int. sin correccion	Dat. ant. int. corregido	Dat. ant. ext. sin correccion	Dat. ant. ext. corregido
6	6.89	0.58	6.15	0.55
6	6.09	0.53	5.89	0.50
8	6.66	0.60	6.49	0.55
10	6.81	0.58	6.57	0.55

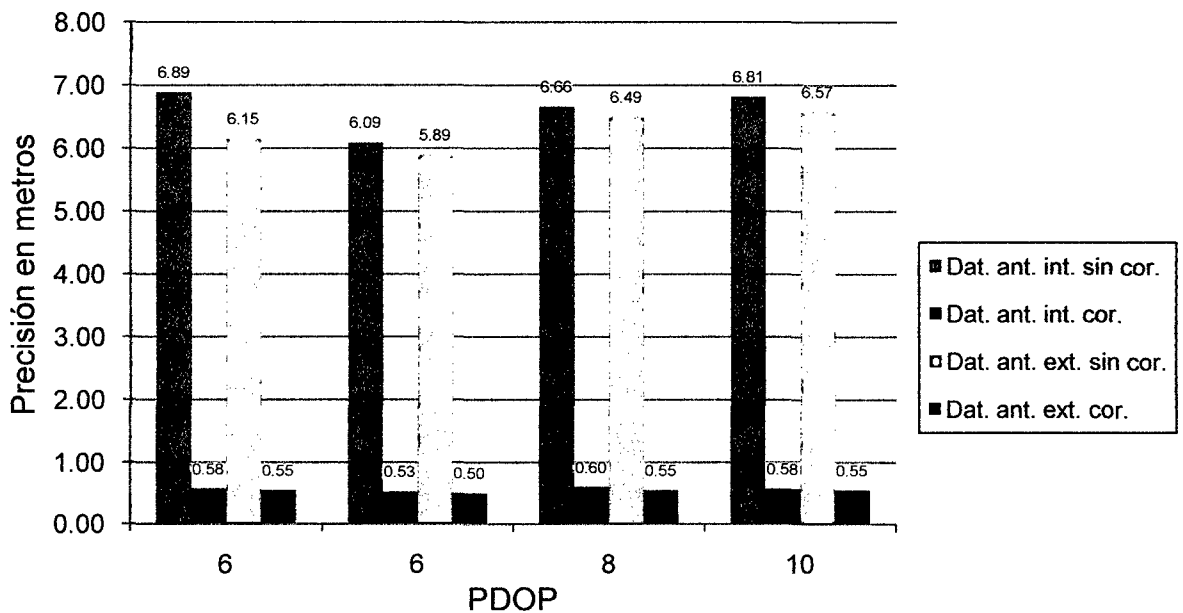


Figura 7. El gráfico muestra la precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura, para la media de 60 posiciones y varios PDOPs.

La precisión de los datos sin corregir, GPS, y datos corregidos diferencialmente, DGPS, se observa en el plano 2 y 3 del anexo B.

### 3.4. Análisis 3. Comparación de precisiones entre la antena interna y externa, varias configuraciones de SNR y de PDOP.

En el cuadro 7 y 8 (obtenidos de los cuadros del 40 al 43 del anexo F), se muestra los resultados promedios de la comparación de precisiones entre la antena interna y externa, con varias configuraciones de SNR y PDOP.

Cuadro 7. Datos corregidos capturando una sola posición.

FUENTE	SNR	Pdop 6	Pdop 8	Pdop 10
ant. int.	20	0.90	0.91	0.98
ant. ext.		0.74	0.75	0.78
ant. int.	39	0.98	1.00	1.00
ant. ext.		0.82	0.86	0.90

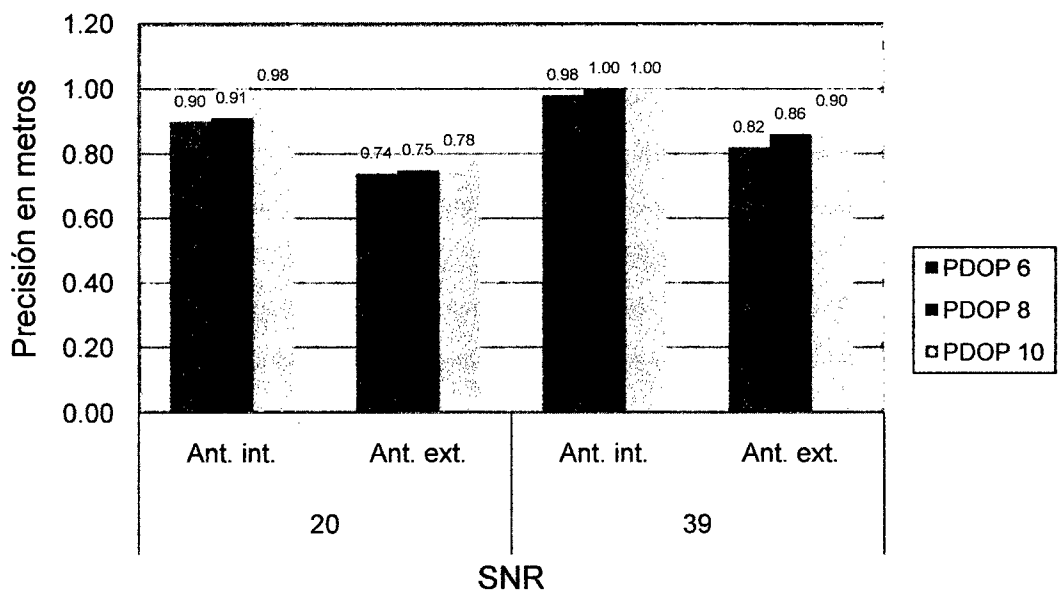


Figura 8. Gráfico con los datos corregidos, capturando una posición, para varias configuraciones de PDOP y SNR bajo cobertura.

Cuadro 8. Datos corregidos capturando 60 posiciones.

FUENTE	SNR	Pdop 6	Pdop 8	Pdop 10
ant. int.	20	0.80	0.85	0.88
ant. ext.		0.66	0.69	0.70
ant. int.	39	0.84	0.88	0.89
ant. ext.		0.71	0.77	0.79

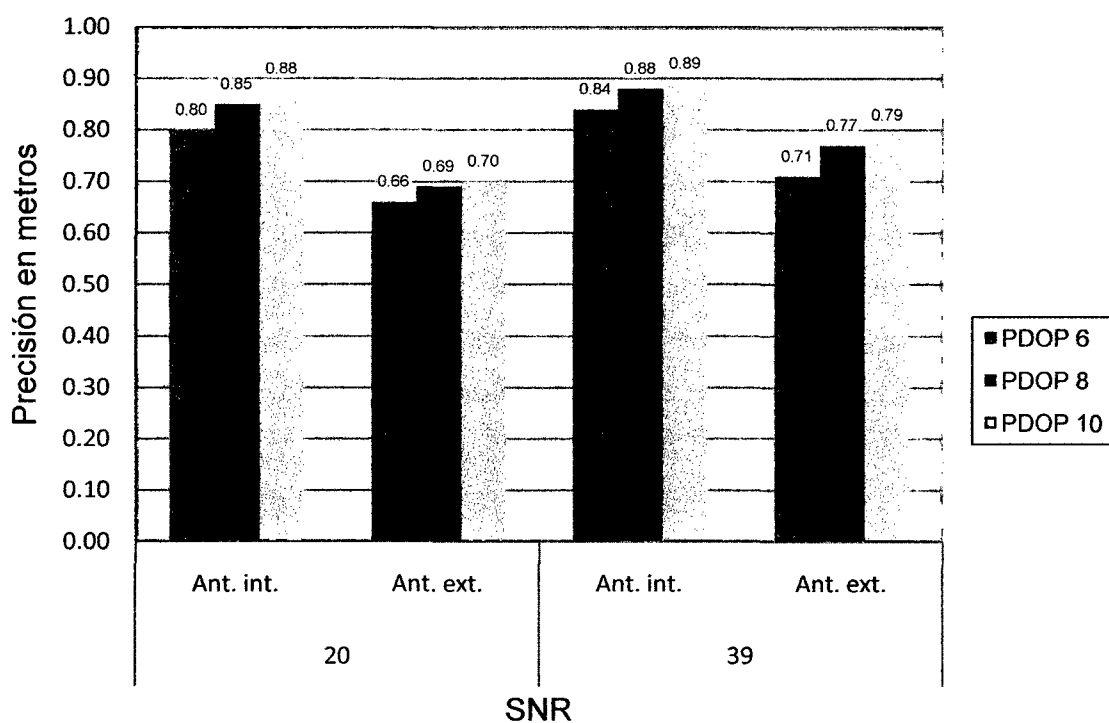


Figura 9. Gráfico con los datos corregidos, capturando 60 posiciones, para varias configuraciones de PDOP y SNR bajo cobertura.



**3.5. Análisis 4. La eficiencia del receptor. Es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje.**

Los resultados promedios de la eficiencia del receptor, es decir el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo en porcentaje se muestran en el cuadro 9 (obtenidos del cuadro 44 del anexo G)

Cuadro 9. Datos que determinan la eficiencia en función de PDOP y SNR.

	SNR	pdop 4	Pdop 6	Pdop 8	Pdop 10	Pdop 12
ant. int.	20	10.0%	30.0%	61.7%	65.0%	70.0%
ant. ext.		43.3%	61.7%	66.7%	73.3%	81.7%
ant. int.	39	6.7%	21.7%	53.3%	60.0%	65.0%
ant. ext.		35.0%	51.7%	58.3%	63.3%	68.3%

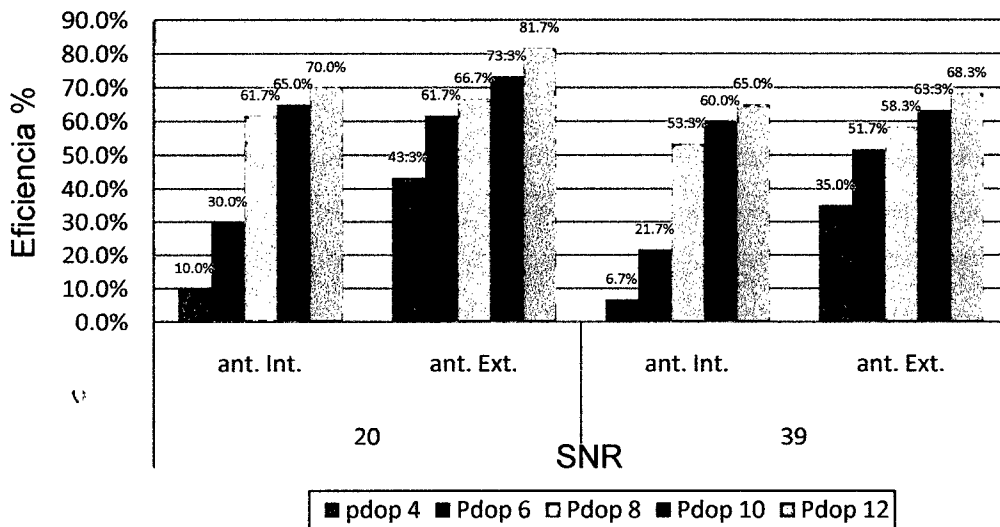


Figura 10. Gráfico con la eficiencia para varias configuraciones y combinaciones de PDOP y SNR, bajo cobertura.

**3.6. Análisis 5. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones.**

En el cuadro 10 (obtenidos de los cuadro del 45 al 47 del anexo H), se muestran los resultados promedios de la precisión del receptor cuando se capturan datos en la mañana, medio día, y tarde.

Cuadro 10. Datos capturados en la mañana, medio día y tarde.

Fuente	1 s.	PDOP	10 s.	PDOP	20 s.	PDOP	50 s.	PDOP	90 s.	PDOP	120 s.	PDOP
Mañana	5.69	2.64	5.68	2.60	5.65	2.58	5.62	2.56	5.60	2.54	5.60	2.45
Medio Dia	5.65	2.83	5.65	2.85	5.67	2.90	5.67	2.93	5.77	2.95	5.77	3.01
Tarde	5.62	2.27	5.61	2.27	5.64	2.20	5.58	2.19	5.57	2.18	5.57	2.18

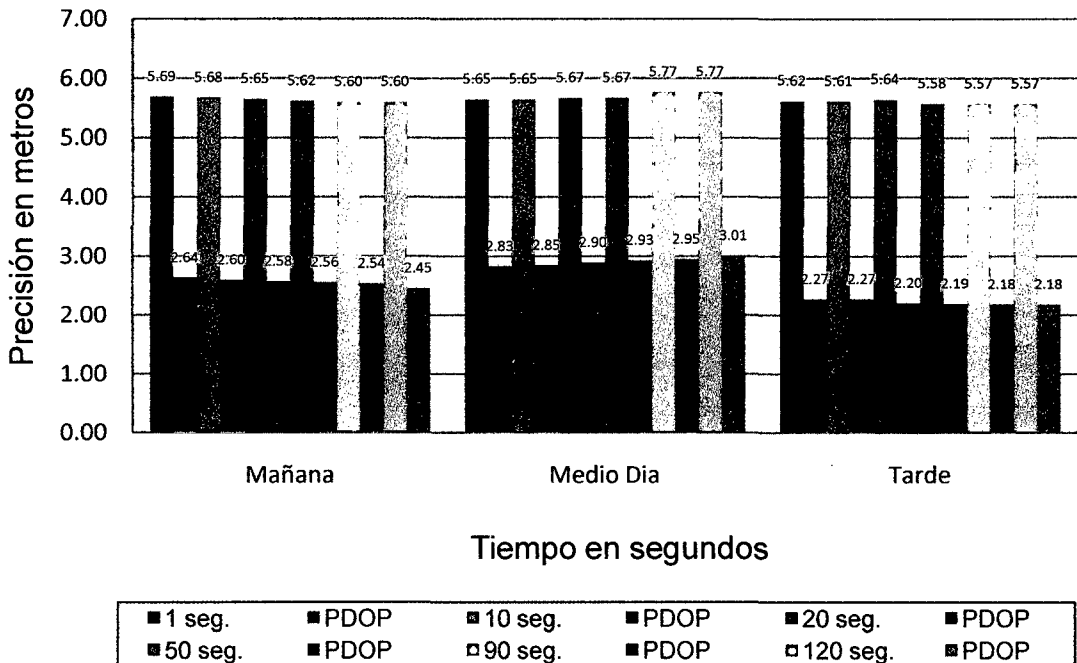


Figura 11. El gráfico muestra la precisión y el PDOP en función del tiempo usado en la mañana, medio día y tarde, para promediar la posición en la parcela a cielo abierto.

### **3.7. Desviación estándar**

Según los cálculos realizados se encontró que la media aritmética para las coordenadas ESTE y NORTE son de 0.40 y 0.47m; respectivamente como podemos observar en los cuadros 14 y 15 del anexo C.

Finalmente aplicando las formulas mencionadas anteriormente para el cálculo de la desviación estándar se encontraron los siguientes resultados: para coordenada ESTE la desviación estándar es de 0.31m; y para la coordenada NORTE es de 0.37m, como se observa en el cuadro 14 y 15 del anexo C.

## V. DISCUSIÓN

### **5.1. Análisis 1. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones. Se trata de determinar si existe una mejora en la precisión con la media de varias posiciones**

Los resultados de este análisis demuestran que a mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora la precisión tanto en la parcela a cielo abierto como en la parcela bajo cobertura, esto se debe a que existen más datos para el promedio estadístico que se calcula en cada vértice de los predios rurales (figura 3).

Los resultados obtenidos coinciden con BRUNINI (1989). Donde establece que el mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora el promedio estadístico que se puede calcular para ésta. Actualmente los receptores de GPS cuentan con la opción "average" que promedia los puntos tomados en una misma posición, y cuanto mayor es el tiempo de recepción mejor será esta posición.

## **5.2. Análisis 2. Precisión de los datos sin corregir, GPS, y de datos corregidos diferencialmente, DGPS tanto para capturas de una posición como para medias de 60 posiciones**

En los resultados de este análisis se demuestra que los datos sin corregir necesariamente necesitan ser corregidos diferencialmente porque la precisión de todos estos sobrepasa el metro, y al ser corregidos la precisión se vuelve submétrico es decir menos del metro (figura 4).

También se demuestra que en la parcela a cielo abierto la precisión es mucho mayor que en la parcela bajo cobertura (figura 4, 5, 6, 7); esto posiblemente se da por el efecto MULTIPATH (rutas múltiples), que viene a ser la refracción de la señal al penetrar diferentes capas con diferentes densidades, una de ellas son los árboles, las hojas, neblina (CLARK, 1999).

## **5.3. Análisis 3. Comparación de precisiones entre la antena interna y externa, varias configuraciones de SNR y de PDOP**

Este análisis demuestra que la precisión de la antena externa es más precisa que las de la antena interna (figura 8, 9); Los resultados obtenidos coinciden con TRIMBLE (2004). Donde establece que el GeoXH entrega exactitudes GPS de 30 cm. requeridas para utilidades en el campo eléctrico, gas, agua, servicios de aguas residuales, fibra óptica, proyectos de reformación de suelos y otras aplicaciones donde la precisión en el posicionamiento es crucial. Si necesita mayor precisión, agregue una antena externa Zephyr al GeoXH para obtener 20 cm de precisión.

Los resultados obtenidos coinciden con BRUNINI (1989), que dice que las señales débiles disminuyen la exactitud de las posiciones trianguladas. Los aparatos de GPS miden la potencia de la señal en términos de la "Proporción Señal-Ruido" o SNR (Signal-to-Noise Ratio). Esta potencia es disminuida por interferencia externa, debida a ondas de radio, perturbaciones atmosféricas o fallas de satélite. En este caso se recomienda que sean mayores a 6, con esto se garantiza señales de alta calidad. Todos los datos fueron tomados con SNR de 20 y 39.

#### **5.4. Análisis 4. La eficiencia del receptor. Es decir, el número de posiciones capturadas por unidad de tiempo, en porcentaje**

En el presente análisis se observa que en parcelas bajo cobertura arbórea se necesita más tiempo para poder tomar un punto, caso contrario que las parcelas a cielo abierto (figura 10). La toma de datos se realizó configurando el DGPS con ángulos de  $10^\circ$  y  $15^\circ$  respectivamente, las señales fueron normalmente buenas tal como lo dice BRUNINI (1989), las señales de satélites ubicados a menos de diez grados del horizonte se consideran de mala calidad, ya que a mayor distancia de viaje de la señal, menor la potencia de ésta. Asimismo, a menor altura del satélite en el firmamento, mayor la posibilidad de que sus señales "reboten" en la vegetación, accidentes topográficos o edificios.

**5.5. Análisis 5. Precisión del receptor cuando se capturan datos cada segundo y cuando se obtiene la media de posiciones, hasta 120 posiciones. Se trata de determinar si existen diferencias en la precisión tomando datos en la mañana, medio día y tarde**

Los resultados que se obtuvieron en el presente análisis demuestran que el mayor número de puntos recolectados en una posición, mejora el promedio estadístico que se puede calcular para ésta. Es decir se obtiene mejor precisión, esto ocurrió por la mañana y por la tarde (figura11).

Caso contrario ocurre al medio día que al tomar mayor número de datos la precisión en vez de mejorar disminuye. Esto posiblemente por lo que dicen MENDES y LANGLEY (1999). Es muy frecuente escuchar, en el país, lo difícil que es determinar coordenadas entre las 11 de la mañana y las 2 de la tarde, este fenómeno se presenta porque en esta parte del mundo, y a estas horas, no existe el suficiente número de satélites para lograr la triangulación y determinar las coordenadas. Las señales de los satélites son malas; por esta razón, es importante la planificación del trabajo de campo.

**5.6. Desviación estándar**

Según se observa en los cuadro 14 y 15, el promedio o media aritmética de las diferencias en coordenadas ESTE es de 0.40 m; y de la coordenada NORTE es de 0.47 m; si seguimos el concepto de la precisión Submétrica podemos decir que el promedio en ambos casos esta dentro de los parámetros requeridos en cuanto a precisión se refiere.

Los cuadros 14 Y 15 nos muestran valores de 0.31 y 0.37 de desviación estándar de las coordenadas ESTE y NORTE respectivamente, estos valores de la desviación estándar nos indican cuanto se desvía en promedio un conjunto de puntuaciones de la media aritmética; con lo cual podemos decir que en el primer caso, el de las diferencias en coordenadas ESTE el valor es de 0.31 m. nos indica una variación estándar aceptable con respecto a la media aritmética que es de 0.40 m; por otra parte los resultados en coordenadas NORTE muestran un valor de 0.37 m, el cual también refleja una variación menor con respecto a la media aritmética que es de 0.47 m; lo cual nos indica que la viabilidad de los datos es aceptable. Los resultados nos demuestran la variación de los datos entre la antena interna y antena externa que es de 10 a 20 cm. Tal como lo dice TRIMBLE (2004). Si se necesita mayor precisión, agregue una antena externa Zephyr al GeoXH para obtener 20 cm de precisión.



## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo a las condiciones en que se llevó a cabo el presente trabajo se llegó a lo siguiente:

### **Conclusiones del análisis 1.**

1. Se encontró diferencias de precisión muy marcadas debido al efecto de la cobertura arbórea, la antena interna registro una precisión de 0.50 m; a cielo despejado y 0.64 m; bajo cobertura; la antena externa registro una precisión de 0.41 m; a cielo despejado; y de 0.61m; bajo cobertura.
2. En la parcela a cielo abierto la mejoría de la precisión con el tiempo es muy escasa, sin embargo, bajo cobertura, la mejoría es significativa, especialmente hasta los 50 segundos.

### **Conclusiones del análisis 2.**

1. Las correcciones diferenciales son necesarias
2. La PDOP y la SNR no influyen en las zonas abiertas ya que los datos capturados siempre estaban dentro de las máscaras de 6, 39 y 15, respectivamente, recomendadas por el fabricante.
3. En las zonas abiertas, cuando se toma solo una posición, la antena externa mejora mucho la precisión con respecto a la antena interna.
4. En zonas abiertas, la precisión mejora muy poco con el tiempo.

5. En las zonas boscosas, se use la antena que se use, la precisión siempre es más pobre que en la parcela a cielo abierto, estos datos mejoran al ser corregidos.
6. Al recolectar 60 datos para obtener la media, mejora significativamente la precisión. La antena externa dio mejores resultados.

### **Conclusiones del análisis 3.**

1. La precisión mejora al capturar 60 posiciones.
2. La mejora de la precisión varía entre 9 y 12 cm con la antena interna, siendo mayores (7 y 10 cm) con la antena externa.
3. En parcelas bajo cobertura vegetal la configuración del DGPS debe ser: SNR=20; PDOP=6; y el ángulo de elevación =10°; para obtener mejores datos de precisión y permanecer menos tiempo en la parcela.

### **Conclusiones del análisis 4.**

1. La eficacia con una máscara SNR de 20; PDOP de 6; ángulo de elevación de 10°; fue mucho mayor que con, SNR de 39, PDOP de 6 y el ángulo de elevación de 15°, la eficacia es de 21.7 % para la antena interna, se tendría que permanecer 5 minutos para poder capturar 60 posiciones, y para la antena externa la eficacia es de 51.7 %, y se permanecería casi 2 minutos para poder capturar 60 posiciones.
2. El receptor, bajo cobertura, se debería configurar con una máscara SNR de 20, una PDOP de 6 y un ángulo de elevación de 10°, con la antena externa. Así se lograría un compromiso entre precisión y eficacia. En este

caso, la precisión es de 80 centímetros con una eficacia de 30% para la antena interna, y de 66 centímetros y 61.7 % para la antena externa.

3. La mejor configuración en función de las necesidades de cada proyecto, se reduce a que cuanto mayor precisión se necesite, más ineficiente resultara el DGPS y más tiempo se necesitara para realizar el trabajo de campo.

### **Conclusiones del análisis 5.**

1. Los datos reflejan una mejoría al disminuir la precisión y la PDOP en la mañana y por la tarde, con el número de posiciones capturadas.
2. los datos del medio día reflejan una mala precisión y PDOP al aumentar, con el número de posiciones capturadas.
3. La precisión en la mañana capturando datos en 1 segundo fue de 5.69 m. Y con 120 segundos fue de 5.60 m; la PDOP fue de 2.64 – 2.45.
4. La precisión al medio día capturando datos en 1 segundo fue de 5.65 m. Y con 120 segundos fue de 5.77 m; la PDOP fue de 2.83 – 3.01.
5. La precisión en la tarde capturando datos en 1 segundo fue de 5.62 m. Y con 120 segundos fue de 5.57 m; la PDOP fue de 2.27 – 2.18.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **Recomendaciones tras el análisis 1**

Zonas abiertas:

1. Se debe capturar 60 posiciones como mínimo para tener una mayor precisión.

Bajo cobertura:

2. Se recomienda capturar mas de 60 posiciones sea cual sea la configuración del receptor.

### **Recomendaciones tras el análisis 2**

Zonas abiertas:

1. Se recomienda la corrección diferencial para tener datos submétricos (menos de 1 metro).

Zonas bajo cobertura:

2. Efectuar la corrección diferencial.
3. Si se toman datos sin corregir, 3 posiciones son suficientes para cada punto.
4. Si se corrigen diferencialmente, se recomienda capturar 60 posiciones por minuto.
5. Se recomienda usar la antena externa para tener una mayor precisión.

**Recomendaciones tras los análisis 3 y 4 (sólo datos bajo cobertura)**

1. Para grandes trabajos, sin duda la eficacia es muy importante, por ello se recomienda una SNR de 20; PDOP de 6; ángulo de elevación de 10°. La precisión es relativamente buena.
2. Usar antena externa para mejorar la precisión y la eficacia.

**Recomendaciones tras el análisis 5**

1. No capturar datos a partir de las 12:30 p.m. hasta las 2:30 p.m, debido a que la precisión disminuye con el número de posiciones capturadas.
2. Capturar datos a partir de las 7:00 a.m. hasta las 12:30 p.m y por las tardes desde las 2:30 p.m. hasta las 6:00 p.m, la precisión y la PDOP son mayores con el número de posiciones capturada

## VII. ABSTRACT

This work was done at the formal organization for the informal property (COFOPRI) placed in Tocache, Region San Martin, PERU; whose aim is to give basic information about the management of the DGPS GEO XH TRIMBLE in Georeference from rural fields in the Peruvian jungle, to determine the accuracy in fields under cover and open air, to determine the best configuration taking information under cover.

The data capturing was executed every second until 120 seconds in an open air land to evaluate if there is a better accurate measuring from many positions. Different configurations from SNR, and PDOP were used to take those informations.

Information was captured in 1 second and 60 seconds without checking them, and those already checked were done in a different way to compare if there is any variation in the accuracy, this data capturing was done with masks of PDOP 5, 6, and 8, with SNRs from 20 and 39, and the rising angle from 10° and 15° respectively, this was done in an open air land and under cover. Details were taking with the internal and external antenna (radar dish= si es de radar) with many configurations from SNRs and PDOP, the comparison of the accurateness was executed between both antennas.

The effects of tree vegetation were evaluated in the accuracy of the points from the land under cover.

Information taken in the morning, midday and afternoon was captured to compare the precision and difference between the non checked and checked information.

Information was captured in the land under cover to evaluate the effectiveness of the DGPS, in other words the number of positions captured per unit of time, in percentage.

According to the results, the analysis shows that a high number of points collected in one position, it will improve the accuracy from both the land in open air and the land under cover, the results of the analysis 2 show that the information without checking must be checked differently because the accurate information without checking go beyond a meter when they were checked, differently the accuracy is sub metric. It is also demonstrated that the accuracy in the land in open air is much better that in the land under cover.

The analysis 3 shows that the accuracy of the external antenna is more specific than the internal antenna; the difference varies from 10 cm, till 20 cm.

It is observed in the analysis 4 that in the lands under tree cover, time is more needed to be able to take a point in a different way from the open air lands. The data capturing was done configuring the DGPS with 10° and 15° angles respectively.

The results, which were obtained from the analysis 5, show that the greater point numbers collected from one position, the better improvement will have the statistical average that can be calculated for this. In other words it can get a better precision, data taking in the morning and in the afternoon. In a different way happens at midday when it is taken a greater number of information the precision instead of getting better it gets reduced.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

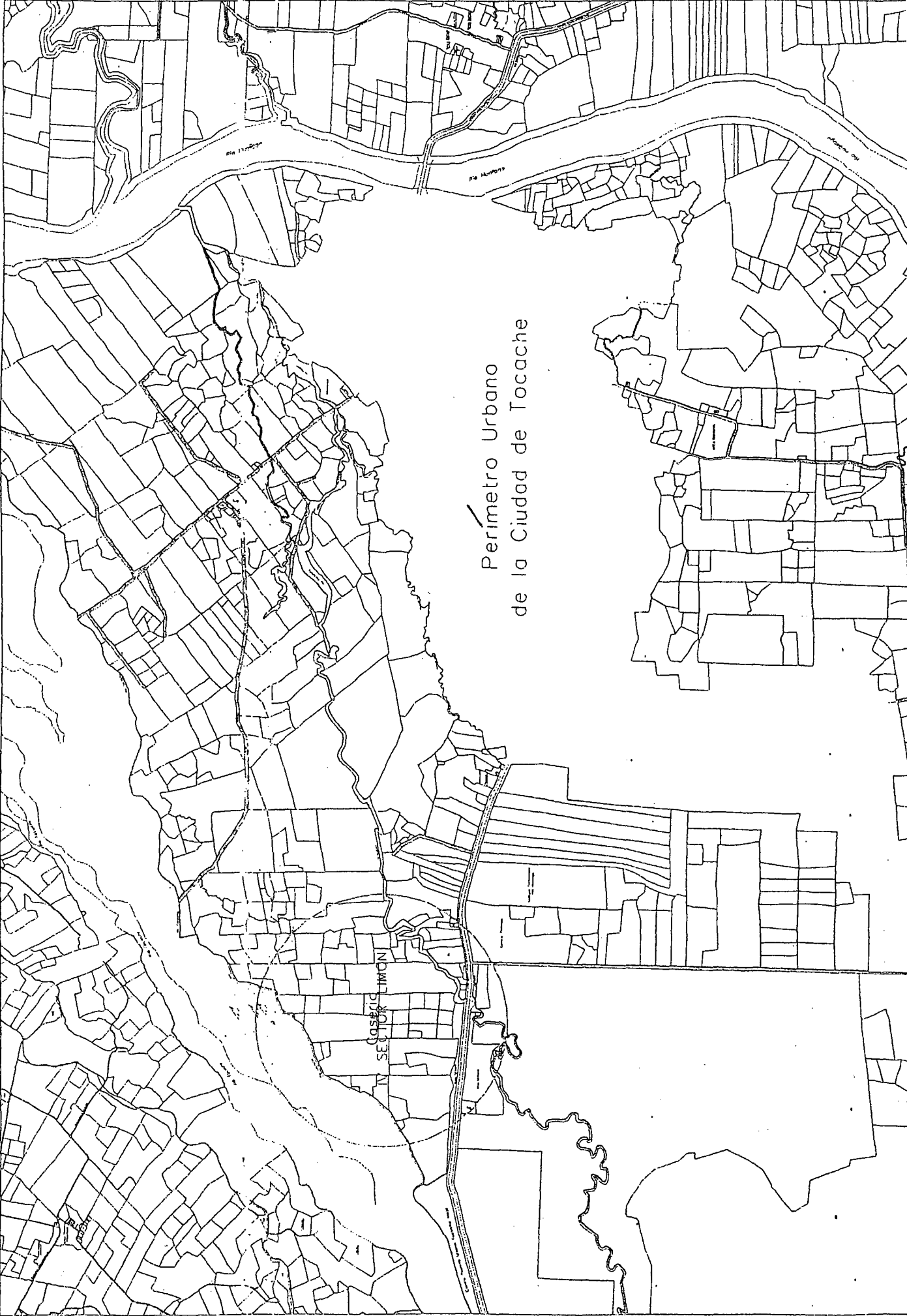
- ATKINSON, G., ALAN, J., GARCÍA, B., ARIZA, J., LÓPEZ, F. 2001, Los Diferentes Test Para El Control De Calidad Posicional En Cartografía, España. P. 30 – 42.
- AGUGLIARO, M. 2000. Topografía por Satélite: GPS. Servicio de Publicaciones Universidad de Almería. [En línea]: Euroresidentes, (<http://www.euroresidentes.com/gps>, 07 Ene. 2008).
- BRUNINI, C. 1998. Global Ionospheric models from GPS measurements, Tesis Doctoral, FCAG, Universidad Nacional de La Plata.
- CLARK, T. B. 1999. What are phase center variations and why should I worry. Presentación en GPS'99, Tsukuba, Japón, Comunicación personal.
- GERHARD, W. 2001. Permanent Object Monitoring with GPS with 1 Milimeter Accuracy. IONGPS. [En línea]: Euroresidentes, (<http://www.euroresidentes.com/gps>, 05 Ene. 2008).
- JAMES, M. 2004. The development and enhancement of GNSS/GPS infrastructure to support Location Based Service Positioning System in Victoria.GNS.[En línea]: Asifunciona, (<http://www.asifunciona.com/electronica>, 05 Ene. 2008).
- JOHANSSON, J. 1998. GPS antenna and site effects, IAG Symposia, Vol. 118, p. 228-236.

- KENT, H. 2002. Receptor GPS Pathfinder ProXH. [En línea]: Trimble, (<http://www.trimble.com>, 06 Ene. 2008).
- KUANG, D., SCHUTZ, B., WATKINS, M. 1996. On the structure of geometric positioning information in GPS measurements, *Journ. Of Geodesy*, (71): p. 35-43.
- LEICK, A. 1995. GPS satellite surveying. John Wiley & Sons, New York, Second Edition. p. 25- 45.
- LESLIE, S. 2001. Trimble How GPS Works. [En línea]: Como funciona, (<http://www.comofuncionagps.com/documentos>, 06 Ene. 2008).
- MAO, C., PERDOMO, R., PALACIOS, E., NIETO, D. 1997. Ciencia y tecnología para analizar el espacio. SIG Y GPS. Contribuciones Científicas GAEA, 58 Semana de Geografía, Corrientes, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Buenos Aires, Argentina. p. 177-190.
- MENDES, V., LANGLEY, R. 1999. Tropospheric zenith de la prediction accuracy for high precision GPS positioning and navigation, *NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation*, Vol. 46, No.1, p. 25-34.
- MOIRANO, J. 2000. Materialización del Sistema de Referencia Terrestre mediante observaciones GPS. Testis doctoral. FCAG. UNLP. 70 p.
- SCHAER, S., BEUTLER, G., ROTHACHER, M., MERVART AND, L., SPRINGER, A. 1996. Daily global ionospheremaps based on GPS carrier phase routinely produced by CODE analysis centre, Paper presented at the IGS AC Workshop, Silver Spring, MD, USA. 50 p.

VAN DIERENDONCK, A., RUSSEL, S., KOPTZKE, E., BIRNBAUM, M. 1978.  
The GPS navigation message, Journal of the Institute of Navigation, Vol.  
25 Nov. 2 p. 147-165.

## **XI. ANEXO**

PLANO DE UBICACION



Perimetro Urbano  
de la Ciudad de Tocache

CALLE DE LOS LIMONES  
SECTOR LIMON

RIO ABASCO

RIO ABASCO

## Anexo C. Procedimiento estadístico, determinación de la desviación standar

Cuadro 11. Datos obtenidos del levantamiento catastral con DGPS utilizando la antena interna.

PUNTO	Coordenadas UTM		PDOP MAXIMO	HORA	ARCHIVO	ALTURA
	Este	Norte				
1	328627.738	9094537.828	2.17	10:00:18am	AD070108.cor	533.694
2	328627.451	9094537.760	2.04	10:07:38am	AD100108.cor	532.871
3	328570.724	9094483.714	2.87	10:10:05am	AD110108.cor	535.387
4	328571.309	9094480.805	2.75	10:10:56am	AD120108.cor	530.972
5	328508.674	9094516.600	2.46	10:14:37am	AD140108.cor	537.472
6	328508.659	9094516.479	4.41	10:17:12am	AD150108.cor	536.051
7	328417.090	9094527.798	4.80	10:21:59am	AD160108.cor	537.600
8	328417.130	9094527.609	4.89	10:24:23am	AD170108.cor	538.362
9	328423.461	9094628.157	3.18	10:28:44am	AD180108.cor	538.674
10	328424.507	9094627.431	2.25	10:31:04am	AD190108.cor	538.417
11	328424.939	9094724.612	2.20	11:00:35am	AD210108.cor	537.388
12	328425.301	9094724.570	2.70	11:01:17am	AD220108.cor	536.830
13	328424.276	9094817.471	2.90	11:04:13am	AD230108.cor	537.170
14	328424.013	9094817.426	2.80	11:05:01am	AD240108.cor	537.069
15	328527.383	9094815.781	2.54	11:07:25am	AD250108.cor	536.143
16	328527.311	9094815.698	4.50	11:08:31am	AD260108.cor	535.768
17	328623.628	9094812.659	4.87	11:11:08am	AD280108.cor	535.533
18	328623.523	9094812.755	4.99	11:12:05am	AD290108.cor	535.791
19	328623.684	9094710.305	3.29	11:14:32am	AD300108.cor	535.521
20	328623.712	9094710.335	2.50	11:15:44am	AD310108.cor	535.932
21	328524.350	9094712.815	3.96	12:02:33pm	AD010208.cor	536.709
22	328524.549	9094712.806	3.94	12:05:38pm	AD020208.cor	536.838
23	328522.817	9094615.544	3.14	12:09:01pm	AD040208.cor	537.423
24	328523.023	9094615.618	3.10	12:12:19pm	AD050208.cor	537.960
25	328625.473	9094606.445	3.43	12:15:25pm	AD060208.cor	533.766
26	328625.536	9094606.877	3.33	12:19:21pm	AD070208.cor	533.415
27	328627.673	9094537.761	3.09	12:22:34pm	AD080208.cor	532.175
28	328627.799	9094538.302	3.36	12:25:21pm	AD090208.cor	532.465
29	328570.675	9094483.926	2.52	12:29:33pm	AD110208.cor	534.762
30	328570.943	9094483.684	2.59	12:31:52pm	AD120208.cor	533.225
31	328508.885	9094516.658	3.92	01:00:30pm	AD130208.cor	537.261
32	328508.968	9094516.490	3.92	01:02:53pm	AD140208.cor	535.874
33	328417.078	9094527.715	3.10	01:07:31pm	AD150208.cor	538.321
34	328417.332	9094527.856	3.07	01:09:19pm	AD160208.cor	537.695
35	328423.716	9094627.842	3.39	01:12:29pm	AD180208.cor	539.249
36	328423.474	9094627.539	3.30	01:14:23pm	AD190208.cor	539.396
37	328424.664	9094724.620	3.00	01:17:55pm	AD210208.cor	537.396
38	328424.584	9094724.446	3.33	01:19:57pm	AD230208.cor	537.550
39	328424.343	9094817.401	2.48	01:24:10pm	AD250208.cor	537.123
40	328424.468	9094817.288	2.55	01:26:11pm	AD270208.cor	536.858

Cuadro 11 (Continuación...)

41	328527.538	9094815.511	3.09	03:50:41pm	AD030308.cor	536.359
42	328527.333	9094815.538	3.32	03:54:55pm	AD040308.cor	536.306
43	328624.389	9094812.884	3.17	03:57:33pm	AD050308.cor	535.812
44	328624.249	9094812.800	3.24	03:59:08pm	AD060308.cor	535.866
45	328623.737	9094710.280	3.73	04:03:41pm	AD080308.cor	535.760
46	328623.641	9094710.272	2.29	04:05:41pm	AD100308.cor	535.824
47	328524.402	9094712.674	1.97	04:10:50pm	AD110308.cor	536.058
48	328524.346	9094712.671	2.16	04:12:20pm	AD120308.cor	535.850
49	328522.855	9094615.469	1.80	04:15:40pm	AD130308.cor	537.192
50	328522.960	9094615.659	1.96	04:17:14pm	AD140308.cor	537.546
51	328625.835	9094606.239	3.12	04:22:08pm	AD170308.cor	533.639
52	328625.546	9094606.235	3.34	04:26:12pm	AD180308.cor	533.518
53	328627.916	9094537.628	3.19	04:28:11pm	AD190308.cor	532.921
54	328627.802	9094537.900	3.26	04:31:26pm	AD200308.cor	533.467
55	328570.940	9094483.434	3.76	04:33:13pm	AD210308.cor	534.676
56	328571.424	9094483.232	2.48	04:35:59pm	AD220308.cor	536.751
57	328508.255	9094516.592	1.98	04:37:30pm	AD240308.cor	536.841
58	328508.518	9094516.184	2.18	04:40:33pm	AD260308.cor	536.544
59	328417.510	9094527.985	1.84	04:42:22pm	AD270308.cor	537.651
60	328417.585	9094528.027	1.98	04:45:10pm	AD280308.cor	537.761

Cuadro 12. Datos obtenidos del levantamiento catastral con DGPS utilizando la antena externa.

PUNTO	Coordenadas UTM		PDOP MAXIMO	HORA	ARCHIVO	ALTURA
	Este	Norte				
1	328627.564	9094537.641	2.0	10:00:18am	AD070108.cor	524.121
2	328627.487	9094538.202	2.0	10:07:38am	AD100108.cor	523.953
3	328571.094	9094483.525	1.9	10:10:05am	AD110108.cor	530.688
4	328570.850	9094483.100	1.9	10:10:56am	AD120108.cor	530.657
5	328508.142	9094516.091	2.0	10:14:37am	AD140108.cor	525.339
6	328508.647	9094515.781	2.0	10:17:12am	AD150108.cor	525.165
7	328417.373	9094527.612	1.9	10:21:59am	AD160108.cor	525.049
8	328417.271	9094528.801	1.9	10:24:23am	AD170108.cor	524.760
9	328423.625	9094627.843	1.9	10:28:44am	AD180108.cor	522.178
10	328424.228	9094628.100	1.9	10:31:04am	AD190108.cor	522.337
11	328424.919	9094724.619	2.6	11:00:35am	AD210108.cor	525.599
12	328424.866	9094725.154	2.6	11:01:17am	AD220108.cor	525.628
13	328424.219	9094817.271	3.9	11:04:13am	AD230108.cor	528.630
14	328424.594	9094817.748	3.9	11:05:01am	AD240108.cor	528.545
15	328527.159	9094815.818	1.7	11:07:25am	AD250108.cor	523.292
16	328527.370	9094815.445	1.7	11:08:31am	AD260108.cor	523.368
17	328623.817	9094812.575	3.2	11:11:08am	AD280108.cor	527.129
18	328623.101	9094813.218	2.7	11:12:05am	AD290108.cor	526.191
19	328624.191	9094710.452	1.9	11:14:32am	AD300108.cor	523.881

Cuadro 12 (Continuación...)

20	328624.637	9094709.849	1.9	11:15:44am	AD310108.cor	522.842
21	328524.442	9094712.238	2.0	12:02:33pm	AD010208.cor	523.274
22	328524.527	9094712.472	2.0	12:05:38pm	AD020208.cor	522.919
23	328523.081	9094616.100	1.8	12:09:01pm	AD040208.cor	521.741
24	328523.950	9094616.036	1.8	12:12:19pm	AD050208.cor	522.160
25	328625.464	9094607.047	2.3	12:15:25pm	AD060208.cor	522.054
26	328624.899	9094606.626	2.3	12:19:21pm	AD070208.cor	522.834
27	328627.754	9094538.213	1.8	12:22:34pm	AD080208.cor	523.820
28	328627.640	9094537.977	1.8	12:25:21pm	AD090208.cor	523.877
29	328570.910	9094483.110	1.7	12:29:33pm	AD110208.cor	530.688
30	328571.019	9094483.087	1.7	12:31:52pm	AD120208.cor	530.657
31	328508.058	9094516.572	2.0	01:00:30pm	AD130208.cor	525.427
32	328507.953	9094516.665	2.0	01:02:53pm	AD140208.cor	525.582
33	328417.125	9094528.851	2.0	01:07:31pm	AD150208.cor	524.926
34	328417.118	9094528.708	2.0	01:09:19pm	AD160208.cor	524.565
35	328424.048	9094628.474	2.0	01:12:29pm	AD180208.cor	522.130
36	328424.072	9094628.593	2.0	01:14:23pm	AD190208.cor	522.075
37	328424.890	9094725.462	2.0	01:17:55pm	AD210208.cor	525.776
38	328424.824	9094725.519	2.0	01:19:57pm	AD230208.cor	526.135
39	328424.551	9094817.840	3.9	01:24:10pm	AD250208.cor	528.547
40	328424.321	9094817.828	3.9	01:26:11pm	AD270208.cor	528.185
41	328526.521	9094815.309	1.7	03:50:41pm	AD030308.cor	524.298
42	328526.643	9094815.309	1.6	03:54:55pm	AD040308.cor	524.370
43	328623.643	9094812.979	1.7	03:57:33pm	AD050308.cor	523.917
44	328623.727	9094812.967	1.6	03:59:08pm	AD060308.cor	523.811
45	328624.584	9094709.704	2.6	04:03:41pm	AD080308.cor	525.765
46	328624.560	9094709.703	1.9	04:05:41pm	AD100308.cor	527.171
47	328524.515	9094712.487	2.0	04:10:50pm	AD110308.cor	522.533
48	328524.541	9094712.411	2.1	04:12:20pm	AD120308.cor	524.230
49	328523.908	9094616.102	2.0	04:15:40pm	AD130308.cor	522.278
50	328523.802	9094616.187	2.0	04:17:14pm	AD140308.cor	522.217
51	328624.839	9094606.566	3.0	04:22:08pm	AD170308.cor	524.100
52	328624.711	9094606.440	3.0	04:26:12pm	AD180308.cor	522.235
53	328627.549	9094537.754	2.8	04:28:11pm	AD190308.cor	523.877
54	328627.514	9094537.739	2.9	04:31:26pm	AD200308.cor	524.315
55	328570.920	9094483.082	2.2	04:33:13pm	AD210308.cor	525.774
56	328571.008	9094483.318	2.2	04:35:59pm	AD220308.cor	525.674
57	328507.886	9094516.757	2.0	04:37:30pm	AD240308.cor	528.384
58	328507.861	9094516.791	2.0	04:40:33pm	AD260308.cor	527.912
59	328417.179	9094528.819	2.0	04:42:22pm	AD270308.cor	524.515
60	328417.065	9094528.729	2.0	04:45:10pm	AD280308.cor	526.855



Cuadro 13. Diferencias entre el levantamiento con DGPS utilizando la antena interna y antena externa.

ANTENA INTERNA			ANTENA EXTERNA			DIFERENCIA	
PUNTO	ESTE	NORTE	PUNTO	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
1	328627.738	9094537.83	1	328627.564	9094537.64	0.174	0.187
2	328627.451	9094537.76	2	328627.487	9094538.20	0.036	0.442
3	328570.724	9094483.71	3	328571.094	9094483.53	0.370	0.189
4	328571.309	9094480.81	4	328570.850	9094483.10	0.459	2.295
5	328508.674	9094516.60	5	328508.142	9094516.09	0.532	0.509
6	328508.659	9094516.48	6	328508.647	9094515.78	0.012	0.698
7	328417.090	9094527.80	7	328417.373	9094527.61	0.283	0.186
8	328417.130	9094527.61	8	328417.271	9094528.80	0.141	1.192
9	328423.461	9094628.16	9	328423.625	9094627.84	0.164	0.314
10	328424.507	9094627.43	10	328424.228	9094628.10	0.279	0.669
11	328424.939	9094724.61	11	328424.919	9094724.62	0.020	0.007
12	328425.301	9094724.57	12	328424.866	9094725.15	0.435	0.584
13	328424.276	9094817.47	13	328424.219	9094817.27	0.057	0.200
14	328424.013	9094817.43	14	328424.594	9094817.75	0.581	0.322
15	328527.383	9094815.78	15	328527.159	9094815.82	0.224	0.037
16	328527.311	9094815.70	16	328527.370	9094815.45	0.059	0.253
17	328623.628	9094812.66	17	328623.817	9094812.58	0.189	0.084
18	328623.523	9094812.76	18	328623.101	9094813.22	0.422	0.463
19	328623.684	9094710.31	19	328624.191	9094710.45	0.507	0.147
20	328623.712	9094710.34	20	328624.637	9094709.85	0.925	0.486
21	328524.350	9094712.82	21	328524.442	9094712.24	0.092	0.577
22	328524.549	9094712.81	22	328524.527	9094712.47	0.022	0.334
23	328522.817	9094615.54	23	328523.081	9094616.10	0.264	0.556
24	328523.023	9094615.62	24	328523.950	9094616.04	0.927	0.418
25	328625.473	9094606.45	25	328625.464	9094607.05	0.009	0.602
26	328625.536	9094606.88	26	328624.899	9094606.63	0.637	0.251
27	328627.673	9094537.76	27	328627.754	9094538.21	0.081	0.452
28	328627.799	9094538.30	28	328627.640	9094537.98	0.159	0.325
29	328570.675	9094483.93	29	328570.910	9094483.11	0.235	0.816
30	328570.943	9094483.68	30	328571.019	9094483.09	0.076	0.597
31	328508.885	9094516.66	31	328508.058	9094516.57	0.827	0.086
32	328508.968	9094516.49	32	328507.953	9094516.67	1.015	0.175
33	328417.078	9094527.72	33	328417.125	9094528.85	0.047	1.136
34	328417.332	9094527.86	34	328417.118	9094528.71	0.214	0.852
35	328423.716	9094627.84	35	328424.048	9094628.47	0.332	0.632
36	328423.474	9094627.54	36	328424.072	9094628.59	0.598	1.054
37	328424.664	9094724.62	37	328424.890	9094725.46	0.226	0.842
38	328424.584	9094724.45	38	328424.824	9094725.52	0.240	1.073
39	328424.343	9094817.40	39	328424.551	9094817.84	0.208	0.439
40	328424.468	9094817.29	40	328424.321	9094817.83	0.147	0.540
41	328527.538	9094815.51	41	328526.521	9094815.31	1.017	0.202
42	328527.333	9094815.54	42	328526.643	9094815.31	0.69	0.229
43	328624.389	9094812.88	43	328623.643	9094812.98	0.746	0.095
44	328624.249	9094812.80	44	328623.727	9094812.97	0.522	0.167
45	328623.737	9094710.28	45	328624.584	9094709.70	0.847	0.576

Cuadro 13 (Continuación...)

46	328623.641	9094710.27	46	328624.560	9094709.70	0.919	0.569
47	328524.402	9094712.67	47	328524.515	9094712.49	0.113	0.187
48	328524.346	9094712.67	48	328524.541	9094712.41	0.195	0.260
49	328522.855	9094615.47	49	328523.908	9094616.10	1.053	0.633
50	328522.960	9094615.66	50	328523.802	9094616.19	0.842	0.528
51	328625.835	9094606.24	51	328624.839	9094606.57	0.996	0.327
52	328625.546	9094606.24	52	328624.711	9094606.44	0.835	0.205
53	328627.916	9094537.63	53	328627.549	9094537.75	0.367	0.126
54	328627.802	9094537.90	54	328627.514	9094537.74	0.288	0.161
55	328570.940	9094483.43	55	328570.920	9094483.08	0.020	0.352
56	328571.424	9094483.23	56	328571.008	9094483.32	0.416	0.086
57	328508.255	9094516.59	57	328507.886	9094516.76	0.369	0.165
58	328508.518	9094516.18	58	328507.861	9094516.79	0.657	0.607
59	328417.510	9094527.99	59	328417.179	9094528.82	0.331	0.834
60	328417.585	9094528.03	60	328417.065	9094528.73	0.520	0.702

Cuadro 14. Promedio y desviación standar de las diferencias en

coordenadas ESTE.

PUNTO	ANALISIS				
	DIFERENCIAS (ESTE)	PROMEDIO ESTE	DIF. ESTE PROMEDIO ESTE	CUADRADO DE LA DIFERENCIA ESTE	DESVIACION ESTANDAR ESTE
49	1.05	0.40	0.65	0.43	
41	1.02	0.40	0.62	0.38	
32	1.02	0.40	0.62	0.38	
51	1.00	0.40	0.60	0.36	
24	0.93	0.40	0.53	0.28	
20	0.92	0.40	0.52	0.28	
46	0.92	0.40	0.52	0.27	
45	0.85	0.40	0.45	0.20	
50	0.84	0.40	0.44	0.20	
52	0.83	0.40	0.43	0.19	
31	0.83	0.40	0.43	0.18	
43	0.75	0.40	0.35	0.12	
42	0.69	0.40	0.29	0.08	
58	0.66	0.40	0.26	0.07	
26	0.64	0.40	0.24	0.06	
36	0.60	0.40	0.20	0.04	
14	0.58	0.40	0.18	0.03	
5	0.53	0.40	0.13	0.02	
44	0.52	0.40	0.12	0.01	
60	0.52	0.40	0.12	0.01	
19	0.51	0.40	0.11	0.01	

Cuadro 14 (Continuación...)

4	0.46	0.40	0.06	0.00	
12	0.43	0.40	0.03	0.00	
18	0.42	0.40	0.02	0.00	
56	0.42	0.40	0.02	0.00	
3	0.37	0.40	-0.03	0.00	
57	0.37	0.40	-0.03	0.00	
53	0.37	0.40	-0.03	0.00	
35	0.33	0.40	-0.07	0.00	
59	0.33	0.40	-0.07	0.00	
54	0.29	0.40	-0.11	0.01	0.31
7	0.28	0.40	-0.12	0.01	
10	0.28	0.40	-0.12	0.01	
23	0.26	0.40	-0.14	0.02	
38	0.24	0.40	-0.16	0.03	
29	0.23	0.40	-0.17	0.03	
37	0.23	0.40	-0.17	0.03	
15	0.22	0.40	-0.18	0.03	
34	0.21	0.40	-0.19	0.03	
39	0.21	0.40	-0.19	0.04	
48	0.20	0.40	-0.20	0.04	
17	0.19	0.40	-0.21	0.04	
1	0.17	0.40	-0.23	0.05	
9	0.16	0.40	-0.24	0.06	
28	0.16	0.40	-0.24	0.06	
40	0.15	0.40	-0.25	0.06	
8	0.14	0.40	-0.26	0.07	
47	0.11	0.40	-0.29	0.08	
21	0.09	0.40	-0.31	0.09	
27	0.08	0.40	-0.32	0.10	
30	0.08	0.40	-0.32	0.10	
16	0.06	0.40	-0.34	0.12	
13	0.06	0.40	-0.34	0.12	
33	0.05	0.40	-0.35	0.12	
2	0.04	0.40	-0.36	0.13	
22	0.02	0.40	-0.38	0.14	
11	0.02	0.40	-0.38	0.14	
55	0.02	0.40	-0.38	0.14	
6	0.01	0.40	-0.39	0.15	
25	0.01	0.40	-0.39	0.15	
$\Sigma=$	23.968		$\Sigma=$	5.84	

Cuadro 15. Promedio y desviación standar de las diferencias en coordenadas NORTE.

PUNTO	DIFERENCIAS (NORTE)	PROMEDIO NORTE	ANALISIS		
			DIF. NORTE - PROMEDIO NORTE	CUADRADO DE LA DIFERENCIA NORTE	DESVIACION ESTANDAR (NORTE)
58	2.29	0.47	1.83	3.34	
54	1.19	0.47	0.72	0.52	
29	1.14	0.47	0.67	0.44	
24	1.07	0.47	0.60	0.36	
26	1.05	0.47	0.58	0.34	
28	0.85	0.47	0.38	0.15	
25	0.84	0.47	0.37	0.14	
3	0.83	0.47	0.36	0.13	
33	0.82	0.47	0.35	0.12	
2	0.70	0.47	0.23	0.05	
56	0.70	0.47	0.23	0.05	
52	0.67	0.47	0.20	0.04	
13	0.63	0.47	0.16	0.03	
27	0.63	0.47	0.16	0.03	
4	0.61	0.47	0.14	0.02	
37	0.60	0.47	0.13	0.02	
32	0.60	0.47	0.13	0.02	
50	0.58	0.47	0.11	0.01	
41	0.58	0.47	0.11	0.01	
17	0.58	0.47	0.11	0.01	
16	0.57	0.47	0.10	0.01	
39	0.56	0.47	0.09	0.01	
22	0.54	0.47	0.07	0.00	
12	0.53	0.47	0.06	0.00	
57	0.51	0.47	0.04	0.00	
42	0.49	0.47	0.02	0.00	
44	0.46	0.47	-0.01	0.00	
35	0.45	0.47	-0.02	0.00	
60	0.44	0.47	-0.03	0.00	
23	0.44	0.47	-0.03	0.00	
38	0.42	0.47	-0.05	0.00	<b>0.37</b>
7	0.35	0.47	-0.12	0.01	
40	0.33	0.47	-0.14	0.02	
11	0.33	0.47	-0.14	0.02	
34	0.32	0.47	-0.15	0.02	
48	0.32	0.47	-0.15	0.02	
53	0.31	0.47	-0.16	0.02	
14	0.26	0.47	-0.21	0.04	
46	0.25	0.47	-0.22	0.05	
36	0.25	0.47	-0.22	0.05	
20	0.23	0.47	-0.24	0.06	
10	0.21	0.47	-0.26	0.07	
21	0.20	0.47	-0.27	0.07	
49	0.20	0.47	-0.27	0.07	

Cuadro 15 (Continuación...)

59	0.19	0.47	-0.28	0.08
1	0.19	0.47	-0.28	0.08
15	0.19	0.47	-0.28	0.08
55	0.19	0.47	-0.28	0.08
30	0.17	0.47	-0.30	0.09
18	0.17	0.47	-0.30	0.09
5	0.16	0.47	-0.31	0.09
8	0.16	0.47	-0.31	0.10
43	0.15	0.47	-0.32	0.10
9	0.13	0.47	-0.34	0.12
19	0.10	0.47	-0.37	0.14
31	0.09	0.47	-0.38	0.15
6	0.09	0.47	-0.38	0.15
45	0.08	0.47	-0.39	0.15
47	0.04	0.47	-0.43	0.19
51	0.01	0.47	-0.46	0.21
<b><math>\Sigma</math>=</b>	<b>28.032</b>		<b><math>\Sigma</math>=</b>	<b>8.29</b>

## Anexo D. Hojas de calculo con lo cual se realizo el filtrado del análisis 1.

Cuadro 16. Datos sin corregir con la antena interna, cielo despejado.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
5.70	5.70	5.65	5.63	5.62	5.60	
5.74	5.74	5.73	5.50	5.62	5.62	
5.70	5.76	5.65	5.72	5.63	5.63	
5.70	5.70	5.68	5.65	5.62	5.62	
5.70	5.60	5.67	5.66	5.64	5.64	
5.84	5.84	5.84	5.85	5.84	5.84	
5.90	5.90	5.88	5.88	5.87	5.87	
5.90	5.88	5.88	5.77	5.75	5.75	
5.80	5.76	5.76	5.71	5.70	5.70	
5.80	5.78	5.76	5.74	5.72	5.72	
5.80	5.78	5.75	5.72	5.71	5.71	
5.80	5.80	5.78	5.77	5.77	5.77	
5.70	5.66	5.65	5.64	5.62	5.59	
5.68	5.62	5.61	5.60	5.59	5.59	
5.60	5.59	5.57	5.57	5.56	5.56	
5.70	5.65	5.60	5.60	5.58	5.57	
5.72	5.68	5.68	5.60	5.57	5.56	
5.70	5.67	5.67	5.60	5.59	5.58	
5.60	5.59	5.54	5.50	5.48	5.46	
6.60	5.51	5.50	5.48	5.46	5.45	
5.60	5.54	5.50	5.47	5.45	5.45	
5.60	5.54	5.51	5.47	5.46	5.46	
5.60	5.58	5.54	5.48	5.46	5.46	
5.80	5.76	5.74	5.72	5.70	5.66	
5.80	5.80	5.63	5.55	5.50	5.50	
5.63	5.63	5.60	6.54	5.52	5.52	
5.70	5.70	6.67	5.64	5.62	5.62	
5.78	5.77	5.75	5.62	5.60	5.60	
5.69	5.69	5.67	5.65	5.63	5.63	
5.79	5.78	5.77	5.71	5.70	5.70	
5.80	5.78	5.77	5.55	5.73	5.73	
5.65	5.65	5.63	5.61	5.60	5.60	
5.66	5.61	5.60	5.50	5.50	5.50	
5.62	5.61	5.60	5.58	5.57	5.57	
5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.65	
201.09	199.33	199.50	197.94	196.63	196.48	Sum.
5.75	5.70	5.70	5.66	5.62	5.61	Prom.

Cuadro 17. Datos corregidos con la antena interna, cielo despejado.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	
0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	
0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	
0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	
0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	
0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	
0.6	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	
0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	
0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	
0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	
0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	
0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	
0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	
0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	
0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	
0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	
0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	
0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	
0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	
0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	
0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	
0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	
18.3	18.30	17.9	17.6	17.6	17.5	Sum.
0.52	0.52	0.51	0.50	0.50	0.50	Prom.

Cuadro 18. Datos sin corregir con la antena externa, cielo despejado.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
5.60	5.60	5.59	5.58	5.55	5.55	
5.70	5.70	5.68	5.50	5.50	5.50	
5.68	5.67	5.66	5.65	5.63	5.63	
5.60	5.60	5.58	5.57	5.56	5.56	
5.68	5.68	5.66	5.66	5.64	5.64	
5.80	5.79	5.78	5.75	5.75	5.75	
5.60	5.58	5.56	5.54	5.53	5.53	
5.50	5.48	5.46	5.45	5.45	5.45	
5.78	5.76	5.76	5.71	5.70	5.70	
5.45	5.38	5.35	5.34	5.32	5.32	
5.80	5.78	5.75	5.72	5.71	5.71	
5.57	5.56	5.56	5.54	5.52	5.52	
5.68	5.66	5.65	5.64	5.62	5.62	
5.68	5.62	5.61	5.60	5.59	5.59	
5.60	5.59	5.57	5.57	5.56	5.56	
5.65	5.65	5.60	5.60	5.58	5.58	
5.30	5.28	5.28	5.20	5.17	5.17	
5.68	5.67	5.67	5.60	5.59	5.59	
5.60	5.59	5.54	5.50	5.48	5.48	
5.60	5.51	5.50	5.48	5.46	5.46	
5.58	5.54	5.50	5.47	5.45	5.45	
5.59	5.54	5.51	5.47	5.46	5.46	
5.58	5.58	5.54	5.48	5.46	5.46	
5.35	5.26	5.24	5.22	5.20	5.18	
5.35	5.26	5.23	5.15	5.10	5.10	
5.60	5.60	5.60	5.54	5.52	5.52	
5.67	5.67	5.67	5.64	5.62	5.62	
5.76	5.76	5.75	5.62	5.60	5.60	
5.47	5.47	5.47	5.45	5.43	5.43	
5.37	5.37	5.37	5.31	5.30	5.28	
5.57	5.58	5.56	5.55	5.53	5.53	
5.63	5.63	5.62	5.61	5.60	5.60	
5.65	5.61	5.58	5.50	5.50	5.50	
5.60	5.60	5.59	5.58	5.57	5.57	
5.67	5.67	5.65	5.64	5.62	5.62	
195.99	195.29	194.69	193.43	192.87	192.83	Sum.
5.60	5.58	5.56	5.53	5.51	5.51	Prom.



Cuadro 19. Datos corregidos con la antena externa, cielo despejado.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	
0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.5	
0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.5	
0.4	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	
0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	
0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	
0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	
0.4	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	
0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	
0.4	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	
0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	
0.5	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	
0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	
0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	
0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3	
0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	
0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	
0.5	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	
0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	
0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4	
0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	
0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	
0.5	0.5	0.3	0.4	0.3	0.5	
0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3	
15.5	15.20	14.7	14.7	14.8	14.4	Sum.
0.44	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	Prom.

Cuadro 20. Datos sin corregir con la antena interna, parcela bajo cobertura.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
9.00	8.60	8.15	8.00	7.95	7.25	PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°
7.30	7.10	7.00	6.75	6.70	6.70	
8.00	7.80	7.25	7.25	6.90	6.85	
6.99	6.95	6.75	6.35	6.35	6.35	PDOP=7, SNR= 20, > 10°
6.95	7.93	6.75	6.55	6.55	6.55	
7.93	6.90	7.95	7.55	7.45	7.35	
6.90	6.87	6.80	6.20	6.20	6.20	
6.92	6.90	6.85	6.25	6.10	6.10	PDOP= 8, SNR= 15, >= 10°
7.99	6.95	6.85	6.15	6.15	6.15	
6.99	6.97	6.75	6.20	6.20	6.20	
7.10	7.00	7.85	7.75	7.65	7.55	
9.40	9.30	8.00	7.95	7.85	7.75	PDOP= 10, SNR= 10 >= 15°
6.99	6.85	6.75	7.25	7.25	6.90	
8.45	8.40	8.00	7.95	7.15	7.15	
6.98	7.95	7.75	7.70	7.70	7.60	
7.15	7.00	7.90	7.75	7.65	7.45	
121.04	119.47	117.35	113.60	111.80	110.10	Sum.
7.57	7.47	7.33	7.10	6.99	6.88	Prom.

Cuadro 21. Datos corregidos con la antena interna, parcela bajo cobertura.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°
1.1	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	
1.1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	
0.9	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	PDOP=7, SNR= 20, > 10°
0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	
0.8	0.8	0.7	0.6	0.9	0.8	
0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	
0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	PDOP= 8, SNR= 15, >= 10°
0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	
1.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	
1.1	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	PDOP= 10, SNR= 10 >= 15°
1.1	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	
0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.5	
1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	
0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	
14.8	12.3	11.2	10.8	10.6	10.3	Sum.
0.93	0.77	0.70	0.68	0.66	0.64	Prom.

Cuadro 22. Datos sin corregir con la antena externa, parcela bajo cobertura.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
7.15	8.60	8.15	7.55	7.50	7.25	
7.50	7.10	7.00	6.75	6.70	6.70	
6.50	7.80	7.25	7.25	6.90	6.85	
7.50	6.95	6.75	6.35	6.35	6.35	
7.55	7.93	6.75	6.55	6.55	6.55	
7.00	6.90	7.95	7.55	7.45	7.35	
7.55	6.87	6.80	6.20	6.20	6.20	
6.45	6.90	6.85	6.25	6.10	6.10	
8.15	6.95	6.85	6.15	6.15	6.15	
7.89	7.75	6.75	6.20	6.20	6.20	
7.15	6.00	6.00	7.75	7.65	7.55	
8.25	8.20	8.00	7.95	7.85	7.75	
8.00	6.85	6.75	7.25	7.25	6.90	
7.85	7.75	8.00	7.95	7.15	7.15	
7.95	7.85	7.75	7.70	7.70	6.10	
8.00	7.95	7.90	7.75	7.65	7.45	
120.44	118.35	115.50	113.15	111.35	108.60	Sum.
7.53	7.40	7.22	7.07	6.96	6.79	Prom.

Cuadro 23. Datos corregidos con la antena externa, parcela bajo cobertura.

1 s.	10 s.	20 s.	50 s.	90 s.	120 s.	
0.60	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	
0.95	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	
0.97	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	
0.75	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	
0.85	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	
0.90	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	
0.83	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	
0.85	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	
0.90	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	
0.85	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	
0.75	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	
0.70	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	
0.95	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	
0.85	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	
0.85	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	
0.85	0.7	0.6	0.7	0.7	0.5	
13.40	10.70	10.30	10.10	10.00	9.70	Sum.
0.84	0.67	0.64	0.63	0.63	0.61	Prom.

Anexo E. Hojas de calculo con lo cual se realizo el filtrado del análisis 2.

**Cuadro 24. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena interna, sin corrección.**

PDOP=6, SNR=39 >=15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
5.70	5.68	6.75	5.67	
5.95	5.60	5.74	5.60	
5.70	5.60	5.75	5.79	
5.85	5.72	5.77	6.68	
5.70	5.70	6.85	5.74	
5.84	5.60	5.85	5.79	
5.90	6.60	5.69	6.56	
5.90	5.60	5.80	5.55	
5.80	5.60	5.65	5.55	
5.80	5.60	5.85	5.55	
5.80	5.60	5.67	5.65	
5.80	5.70	6.75	6.65	
5.85	5.63	5.76	5.66	
75.59	74.23	77.88	76.44	Sum.
5.81	5.71	5.99	5.88	Prom.

**Cuadro 25. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena externa, sin corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
5.60	5.25	5.67	5.67	
5.25	5.60	5.35	5.76	
5.68	5.30	5.67	5.67	
5.60	5.35	5.77	5.75	
5.68	5.35	5.55	5.85	
5.20	5.20	5.63	5.15	
5.90	5.15	5.65	5.65	
5.25	5.58	5.45	5.35	
5.35	5.25	5.67	5.65	
5.45	5.58	5.65	5.35	
5.35	5.15	5.55	5.63	
5.35	5.45	5.35	5.35	
5.68	5.25	5.25	5.55	
71.34	69.46	72.21	72.38	Sum.
5.49	5.34	5.55	5.57	Prom.

**Cuadro 26. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena interna, con corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, ≥ 15°	PDOP= 5, SNR= 20, ≥ 10	PDOP=7, SNR=15, ≥12	PDOP=8, SNR=10, ≥13	
0.5	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.6	
0.5	0.5	0.5	0.6	
0.5	0.5	0.6	0.5	
0.5	0.6	0.5	0.5	
0.6	0.6	0.5	0.5	
0.6	0.5	0.6	0.6	
0.6	0.5	0.6	0.6	
0.6	0.4	0.5	0.6	
0.6	0.4	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.6	0.6	
7.0	6.4	6.9	7.0	Sum.
0.54	0.49	0.53	0.54	Prom.

**Cuadro 27. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para una posición con la antena externa, con corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, ≥ 15°	PDOP= 5, SNR= 20, ≥ 10	PDOP=7, SNR=15, ≥12	PDOP=8, SNR=10, ≥13	
0.5	0.5	0.5	0.4	
0.4	0.5	0.5	0.4	
0.4	0.4	0.5	0.5	
0.4	0.4	0.4	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.3	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.5	0.5	0.6	
0.5	0.3	0.4	0.4	
0.5	0.4	0.4	0.5	
0.5	0.4	0.3	0.4	
0.4	0.4	0.5	0.5	
0.4	0.5	0.4	0.4	
6	5.6	5.9	5.8	Sum.
0.46	0.43	0.45	0.45	Prom.

Cuadro 28. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena interna, sin corrección.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
5.63	5.60	5.64	5.67	
5.50	5.57	5.62	5.60	
5.72	5.60	5.65	5.79	
5.65	5.60	5.71	5.68	
5.66	5.60	5.55	5.74	
5.85	5.50	5.61	5.79	
4.88	5.48	5.50	6.56	
5.77	5.47	5.58	5.55	
5.71	5.47	5.66	5.55	
5.74	5.48	5.69	5.55	
5.72	6.72	5.67	5.65	
5.77	5.55	5.65	5.75	
5.64	6.54	5.63	5.66	
73.24	74.18	73.16	74.54	Sum.
5.63	5.71	5.63	5.73	Prom

Cuadro 29. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena externa, sin corrección.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
5.58	5.35	5.64	5.55	
5.50	5.27	5.62	5.67	
5.65	5.25	5.65	5.54	
5.57	5.25	5.24	5.67	
5.66	5.35	5.75	5.35	
5.24	5.50	5.61	5.63	
5.23	5.25	5.50	5.35	
5.85	5.47	5.58	5.66	
5.25	5.47	5.25	5.73	
5.25	5.15	5.15	5.34	
5.72	5.25	5.45	5.25	
5.45	5.55	5.55	5.24	
5.45	5.15	5.35	5.34	
71.4	69.26	71.34	71.32	Sum.
5.49	5.33	5.49	5.49	Prom

Cuadro 30. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena interna, con corrección.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.5	
0.5	0.5	0.4	0.4	
0.4	0.5	0.6	0.6	
0.6	0.6	0.5	0.6	
0.5	0.4	0.5	0.5	
0.4	0.5	0.5	0.6	
0.5	0.5	0.5	0.7	
0.5	0.6	0.5	0.6	
0.4	0.5	0.6	0.5	
0.3	0.5	0.7	0.5	
0.5	0.5	0.6	0.5	
6.1	6.6	6.8	7	Sum.
0.47	0.51	0.52	0.54	Prom

Cuadro 31. Precisión para varias configuraciones en la parcela a cielo abierto para 60 posiciones con la antena externa, con corrección.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 5, SNR= 20, >= 10	PDOP=7, SNR=15, >=12	PDOP=8, SNR=10, >=13	
0.5	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.3	0.5	0.4	
0.5	0.4	0.4	0.4	
0.5	0.5	0.4	0.4	
0.4	0.5	0.3	0.4	
0.4	0.3	0.5	0.5	
0.5	0.4	0.3	0.5	
0.5	0.3	0.4	0.5	
0.3	0.5	0.5	0.4	
0.5	0.4	0.4	0.3	
0.5	0.4	0.5	0.4	
0.4	0.3	0.5	0.3	
0.4	0.3	0.4	0.4	
5.9	5.1	5.6	5.3	Sum.
0.45	0.39	0.43	0.41	Prom

**Cuadro 32. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena interna, sin corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13	
9.00	6.95	7.95	7.99	
7.30	7.90	7.98	8.45	
8.00	7.93	7.10	9.00	
7.99	6.92	9.40	7.15	
32.29	29.70	32.43	32.59	Sum
8.07	7.43	8.11	8.15	Prom

**Cuadro 33. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena interna, con corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13	
1.1	0.8	1.1	0.9	
1.1	0.6	0.9	1.1	
0.9	0.7	1.1	0.9	
3.1	2.1	3.1	2.9	Sum
0.78	0.8	0.78	0.725	Prom

**Cuadro 34. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena externa, sin corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13	
7.15	6.00	6.50	6.99	
7.50	6.50	7.00	8.45	
6.50	6.40	7.99	7.55	
7.50	6.50	7.55	7.55	
28.65	25.40	29.04	30.54	Sum
7.16	6.35	7.26	7.64	Prom

**Cuadro 35. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para una posición con la antena externa, con corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13	
0.8	0.6	0.6	0.8	
0.7	0.6	0.8	0.9	
0.7	0.8	1.1	0.7	
0.8	0.7	0.8	0.8	
3	2.7	3.3	3.2	Sum
0.75	0.68	0.83	0.80	Prom



**Cuadro 36. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena interna sin corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13
7.55	6.55	6.15	7.25
6.75	5.35	6.20	7.45
6.90	6.20	6.92	6.10
6.35	6.25	7.35	6.45
27.55	24.35	26.62	27.25 Sum
6.89	6.09	6.66	6.81 Prom

**Cuadro 37. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena interna con corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13
0.6	0.5	0.5	0.6
0.6	0.6	0.7	0.6
0.6	0.5	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.5
2.3	2.1	2.4	2.3 Sum
0.58	0.53	0.60	0.58 Prom

**Cuadro 38. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena externa sin corrección.**

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13
6.00	5.55	5.65	6.99
6.55	6.50	6.55	6.55
6.50	6.15	6.75	6.75
5.55	5.35	7.00	6.00
24.60	23.55	25.95	26.29 Sum
6.15	5.89	6.49	6.57 Prom

Cuadro 39. Precisión para varias configuraciones en la parcela bajo cobertura para la media de 60 posiciones con la antena externa con corrección.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°	PDOP= 6, SNR= 20, >= 10	PDOP=8, SNR=15, >=12	PDOP=10, SNR=10, >=13	
0.5	0.5	0.5	0.5	
0.5	0.5	0.6	0.6	
0.6	0.5	0.5	0.5	
0.6	0.5	0.6	0.6	
2.2	2	2.2	2.2	Sum
0.55	0.50	0.55	0.55	Prom

Anexo F. Hojas de calculo con lo cual se realizo el filtrado para el análisis 3.

Cuadro 40. Datos corregidos capturando una sola posición para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena interna.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 8, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 10, SNR= 39, >= 15°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
9.00	5.95	<b>0.8</b>	8.50	7.50	<b>0.90</b>	8.55	8.45	<b>1.10</b>
7.30	5.85	<b>1.1</b>	7.45	6.50	<b>1.10</b>	8.95	5.45	<b>0.90</b>
8.00	5.87	<b>1.1</b>	8.55	5.00	<b>0.90</b>	7.58	6.55	<b>1.10</b>
7.99	5.93	<b>0.9</b>	7.85	8.00	<b>1.10</b>	8.43	9.00	<b>0.90</b>
32.29	23.6	<b>3.9</b>	32.35	27.00	<b>4.00</b>	33.51	29.45	<b>4.00</b>
8.07	5.90	<b>0.98</b>	8.09	6.75	<b>1.00</b>	8.38	7.36	<b>1.00</b>
PDOP= 6, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 18, SNR= 20, >= 10°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
6.95	5.75	<b>0.75</b>	8.15	7.0	<b>0.90</b>	8.15	8.03	<b>1.00</b>
7.90	5.65	<b>0.99</b>	6.75	6.4	<b>0.95</b>	8.25	5.25	<b>0.90</b>
7.93	5.69	<b>1.00</b>	7.95	5.0	<b>0.85</b>	7.00	6.00	<b>1.00</b>
6.92	5.80	<b>0.86</b>	7.05	7.2	<b>0.95</b>	8.15	8.35	<b>1.00</b>
29.70	22.89	<b>3.6</b>	29.9	25.5	<b>3.65</b>	31.55	27.63	<b>3.90</b>
7.43	5.72	<b>0.9</b>	7.48	6.38	<b>0.91</b>	7.89	6.91	<b>0.98</b>

Sum.

Prom.

Cuadro 41. Datos corregidos capturando una sola posición para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena externa.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 8, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 10, SNR= 39, >= 15°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
7.15	5.45	<b>0.60</b>	7.55	7.00	<b>0.85</b>	8.15	8.00	<b>0.90</b>
7.50	5.25	<b>0.95</b>	7.00	6.15	<b>0.90</b>	7.89	5.15	<b>0.88</b>
6.50	4.85	<b>0.97</b>	7.55	5.00	<b>0.83</b>	7.15	5.99	<b>0.95</b>
7.50	5.75	<b>0.75</b>	6.45	7.35	<b>0.85</b>	8.25	8.75	<b>0.85</b>
<b>28.65</b>	21.3	<b>3.27</b>	28.55	25.50	<b>3.43</b>	31.44	27.9	<b>3.58</b>
<b>7.16</b>	5.33	<b>0.82</b>	7.14	6.38	<b>0.86</b>	7.86	6.97	<b>0.90</b>
PDOP= 6, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 10, SNR= 20, >= 10°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
6.85	5.45	<b>0.65</b>	0.80	7.00	<b>0.70</b>	8.00	8.00	<b>0.95</b>
7.15	5.15	<b>0.80</b>	6.15	6.00	<b>0.75</b>	7.85	5.00	<b>0.70</b>
6.00	5.15	<b>0.80</b>	7.15	5.00	<b>0.70</b>	6.95	5.95	<b>0.75</b>
6.75	5.25	<b>0.70</b>	6.95	6.35	<b>0.85</b>	8.00	8.00	<b>0.70</b>
26.75	21	<b>2.95</b>	21.05	24.35	<b>3.00</b>	30.80	26.95	<b>3.10</b>
6.69	5.25	<b>0.7375</b>	5.26	6.09	<b>0.75</b>	7.7	6.74	<b>0.78</b>

Sum.

Prom.

Cuadro 42. Datos corregidos capturando 60 posiciones para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena interna.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 8, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 10, SNR= 39, >= 15°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
7.55	5.35	<b>0.70</b>	8.15	7.50	<b>0.85</b>	8.15	8.25	<b>0.90</b>
6.75	5.15	<b>0.90</b>	7.00	6.50	<b>0.90</b>	8.00	5.00	<b>0.87</b>
6.90	5.25	<b>0.9</b>	8.00	5.00	<b>0.83</b>	7.13	6.23	<b>0.88</b>
6.35	5.35	<b>0.85</b>	7.15	8.00	<b>0.92</b>	7.25	8.15	<b>0.89</b>
27.55	21.1	<b>3.35</b>	30.30	27.00	<b>3.50</b>	30.53	27.63	<b>3.54</b>
6.89	5.28	<b>0.84</b>	7.58	6.75	<b>0.88</b>	7.63	6.91	<b>0.89</b>
PDOP= 6, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
6.55	5.00	<b>0.70</b>	8.00	6.55	<b>0.80</b>	8.00	7.85	<b>0.88</b>
5.35	4.99	<b>0.90</b>	6.55	6.35	<b>0.90</b>	8.15	5.15	<b>0.80</b>
6.20	5.00	<b>0.80</b>	7.25	5.00	<b>0.83</b>	6.55	6.00	<b>0.99</b>
6.25	5.15	<b>0.79</b>	7.05	6.25	<b>0.85</b>	7.58	7.15	<b>0.85</b>
24.35	20.14	<b>3.19</b>	28.85	24.2	<b>3.38</b>	30.28	26.15	<b>3.52</b>
6.09	5.04	<b>0.80</b>	7.21	6.04	<b>0.85</b>	7.57	6.54	<b>0.88</b>

Sum.

Prom.

Cuadro 43. Datos corregidos capturando 60 posiciones para varias configuraciones de PDOP y SNR, en la parcela bajo cobertura con la antena externa.

PDOP= 6, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 8, SNR= 39, >= 15°			PDOP= 10, SNR= 39, >= 15°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
6.00	5.00	<b>0.70</b>	7.15	6.25	<b>0.72</b>	8.00	7.55	<b>0.75</b>
6.55	5.00	<b>0.65</b>	7.00	6.00	<b>0.85</b>	7.15	5.00	<b>0.70</b>
6.50	5.15	<b>0.75</b>	7.25	5.00	<b>0.75</b>	7.00	5.25	<b>0.85</b>
5.55	5.13	<b>0.75</b>	6.00	7.00	<b>0.75</b>	7.95	8.25	<b>0.85</b>
24.60	20.28	<b>2.85</b>	27.40	24.25	<b>3.07</b>	30.1	26.1	<b>3.15</b>
6.15	5.07	<b>0.71</b>	6.85	6.06	<b>0.77</b>	7.53	6.51	<b>0.79</b>
PDOP= 6, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°			PDOP= 8, SNR= 20, >= 10°		
prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.	prec.	pdop	corr.
5.55	4.75	<b>0.65</b>	0.75	6.95	<b>0.65</b>	7.55	7.55	<b>0.75</b>
6.50	4.75	<b>0.75</b>	6.00	5.55	<b>0.70</b>	7.57	5.00	<b>0.75</b>
6.15	5.00	<b>0.55</b>	7.00	5.00	<b>0.70</b>	6.95	5.15	<b>0.65</b>
5.35	5.00	<b>0.70</b>	6.95	6.00	<b>0.70</b>	7.15	7.15	<b>0.65</b>
23.55	19.5	<b>2.65</b>	20.70	23.50	<b>2.75</b>	29.22	24.85	<b>2.80</b>
5.89	4.88	<b>0.66</b>	5.18	5.88	<b>0.69</b>	7.31	6.21	<b>0.70</b>

Sum.

Prom.

Anexo G. Hoja de calculo con lo cual se realizo el filtrado para el análisis 4.

Cuadro 44. Eficacia del receptor en la parcela bajo cobertura, con la antena interna y antena externa.

ANTENA INTERNA			ANTENA EXTERNA			
SNR= 39, >= 15°			SNR= 39, >= 15°			
PDOP	POSICIONES	%	posiciones	PDOP	POSICIONES	%
4	8	6.7	8	4	42	35
6	26	21.7	26	6	62	51.7
8	64	53.3	64	8	70	58.3
10	72	60.0	71	10	76	63.3
12	78	65.0	78	12	82	68.3

ANTENA INTERNA			ANTENA EXTERNA			
SNR= 20, >= 10			SNR= 20, >= 10			
PDOP	posiciones	%	posiciones	PDOP	posiciones	%
4	12	10.0	12	4	52	43.3
6	36	30.0	36	6	74	61.7
8	74	61.7	74	8	80	66.7
10	78	65.0	78	10	88	73.3
12	84	70.0	84	12	98	81.7

Anexo H. Hojas de calculo con lo cual se realizo el filtrado para el análisis 5.

Cuadro 45. Datos capturados en la mañana, de 7:30 a.m. a 12:30 p.m.

PDOP	20 S.	PDOP	50 S.	PDOP	90 S.	PDOP	120 S.	PDOP	
2.20	5.59	2.19	5.58	2.19	5.55	2.18	5.55	2.17	
2.70	5.68	2.69	5.50	2.68	5.50	2.67	5.50	2.04	
2.89	5.66	2.89	5.65	2.88	5.63	2.87	5.63	2.87	
2.8	5.58	2.79	5.57	2.76	5.56	2.75	5.56	2.75	
2.54	5.66	2.54	5.66	2.50	5.64	2.47	5.64	2.46	
4.50	5.78	4.49	5.75	4.44	5.75	4.43	5.75	4.41	
4.88	5.86	4.87	5.84	4.84	5.83	4.82	5.83	4.80	
4.94	5.86	4.94	5.85	4.93	5.75	4.93	5.75	4.89	
3.29	5.76	3.29	5.71	3.23	5.70	3.22	5.70	3.18	
2.50	5.75	2.47	5.74	2.36	5.72	2.36	5.72	2.25	
2.50	5.75	2.5	5.72	2.48	5.71	2.35	5.71	2.34	
2.90	5.75	2.85	5.74	2.84	5.72	2.83	5.72	2.75	
2.20	5.65	1.81	5.64	1.80	5.62	1.80	5.62	1.77	
2.20	5.61	2.20	5.60	2.15	5.59	2.14	5.59	1.13	
2.10	5.57	2.10	5.57	2.09	5.56	2.08	5.56	2.07	
2.10	5.60	2.10	5.60	2.09	5.58	2.06	5.58	2.00	
2.40	5.68	2.40	5.60	2.36	5.57	2.35	5.57	2.34	
2.20	5.67	2.15	5.60	2.14	5.59	2.14	5.59	2.12	
1.90	5.54	1.87	5.50	1.86	5.48	1.85	5.48	1.85	
1.80	5.50	1.80	5.48	1.75	5.46	1.73	5.46	1.70	
1.13	5.50	1.12	5.47	2.10	5.45	2.09	5.45	2.09	
2.10	5.51	2.10	5.47	2.09	5.46	2.03	5.46	2.03	
2.05	5.54	2.04	5.48	2.03	5.46	2.00	5.46	2.00	
2.02	5.74	2.01	5.72	2.00	5.70	1.98	5.68	1.98	
2.82	5.63	2.81	5.55	1.95	5.50	1.95	5.50	1.93	
1.93	5.60	1.93	5.54	1.92	5.52	1.90	5.52	1.88	
67.59	147.02	66.95	146.13	66.46	145.60	65.98	145.58	63.80	Sum.
2.60	5.65	2.58	5.62	2.56	5.60	2.54	5.60	2.45	Prom.

Cuadro 46. Datos capturados al medio día, de 12:30 p.m. a 3:30 p.m.

1 S.	PDOP	10 S.	PDOP	20 S.	PDOP	50 S.	PDOP	90 S.	PDOP	120 S.	PDOP	
5.91	3.92	5.91	3.92	5.92	3.93	5.93	3.94	5.93	3.94	5.94	3.96	
5.89	3.92	5.89	3.92	5.89	3.93	5.88	3.93	5.90	3.94	5.90	3.94	
5.69	3.10	5.69	3.10	5.69	3.11	5.69	3.12	5.70	3.13	5.71	3.14	
5.67	3.07	5.67	3.07	5.67	3.08	5.77	3.09	5.78	3.10	5.78	3.10	
5.68	3.39	5.68	3.39	5.68	3.40	5.70	3.41	5.71	3.42	5.71	3.43	
5.65	3.30	5.65	3.30	5.66	3.31	5.66	3.34	5.67	3.32	5.68	3.33	
5.68	3.00	5.68	3.00	5.68	3.01	5.69	3.05	5.70	3.06	5.70	3.09	
5.63	3.33	5.63	3.33	5.63	3.34	5.64	3.35	5.65	3.36	5.65	3.36	
5.63	2.48	5.63	2.49	5.63	2.49	5.64	2.50	5.65	2.51	5.65	2.52	
5.63	2.55	5.63	2.55	5.63	2.56	5.64	2.57	5.65	2.58	5.65	2.59	
5.62	2.70	5.62	2.70	5.89	3.31	5.90	3.72	5.90	3.72	5.91	3.73	
5.62	2.74	5.62	2.74	5.62	2.75	5.64	2.78	5.65	2.79	5.65	2.79	
5.62	2.74	5.62	2.74	5.63	2.75	5.64	2.76	5.64	2.77	5.65	2.77	
5.87	3.46	5.87	3.46	5.87	3.55	5.88	3.56	5.89	3.56	5.90	4.46	
5.70	2.59	5.71	2.60	5.71	2.60	5.72	2.61	5.73	2.61	5.73	2.62	
5.59	2.64	5.59	2.64	5.60	2.65	5.61	2.66	5.61	2.66	5.62	2.67	
5.56	2.11	5.59	2.51	5.59	2.51	5.60	2.52	5.61	2.52	5.63	2.88	
5.54	2.74	5.54	2.74	5.57	2.75	5.58	2.56	5.64	2.95	5.64	2.95	
5.57	2.60	5.57	2.60	5.56	2.61	5.57	3.02	6.62	3.03	6.62	3.03	
5.62	3.06	5.62	3.06	5.62	3.06	5.62	3.08	5.73	3.09	5.73	3.09	
5.52	2.69	5.52	2.69	5.54	2.70	5.54	2.71	5.54	2.71	5.55	2.72	
5.61	2.23	5.61	2.23	5.61	2.24	5.62	2.25	6.63	2.25	6.63	2.26	
5.60	2.30	5.60	2.30	5.60	2.31	5.61	2.32	5.62	2.32	5.62	2.33	
5.60	2.33	5.60	2.33	5.62	2.68	5.62	2.69	5.63	2.70	5.63	2.70	
5.59	2.33	5.59	2.33	5.69	2.34	5.60	2.35	5.61	2.35	5.62	2.36	
5.59	2.31	5.59	2.31	5.59	2.31	5.60	2.32	5.61	2.33	5.62	2.33	
146.88	73.63	146.9	74.05	147.39	75.28	147.59	76.21	150	76.72	150.12	78.15	Sum.
5.65	2.83	5.65	2.85	5.67	2.90	5.68	2.93	5.77	2.95	5.77	3.01	Prom.

Cuadro 47. Datos capturados por la tarde, de 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

1 S.	PDOP	10 S.	PDOP	20 S.	PDOP	50 S.	PDOP	90 S.	PDOP	120 S.	PDOP	
5.70	3.12	5.70	3.12	6.67	3.12	5.64	3.11	5.62	3.09	5.62	3.09	
5.78	3.34	5.77	3.34	5.75	3.34	5.62	3.33	5.60	3.32	5.60	3.31	
5.69	3.19	5.69	3.19	5.67	3.18	5.65	3.17	5.63	3.17	5.63	3.16	
5.79	3.26	5.78	3.26	5.77	3.26	5.71	3.25	5.70	3.24	5.70	3.23	
5.80	3.76	5.78	3.76	5.77	3.75	5.55	3.74	5.73	3.73	5.73	3.73	
5.65	2.48	5.65	2.48	5.63	2.30	5.61	2.29	5.60	2.29	5.60	2.28	
5.66	1.98	5.61	1.98	5.60	1.98	5.50	1.97	5.50	1.97	5.50	1.96	
5.62	2.18	5.61	2.18	5.60	2.18	5.58	2.17	5.57	2.16	5.57	2.16	
5.69	1.84	5.68	1.84	5.67	1.83	5.66	1.83	5.65	1.80	5.65	1.80	
5.61	1.98	5.61	1.98	5.60	1.97	5.59	1.96	5.59	1.96	5.55	1.96	
5.55	1.95	5.55	1.95	5.54	1.87	5.53	1.86	5.53	1.85	5.50	1.85	
5.57	1.98	5.57	1.98	5.57	1.98	5.56	1.97	5.55	1.96	5.51	1.96	
5.56	1.89	5.59	1.88	5.59	1.88	5.58	1.87	5.58	1.87	5.58	1.87	
5.59	3.15	5.59	3.15	5.56	1.86	5.56	1.85	5.55	1.84	5.55	1.84	
5.58	1.87	5.58	1.87	5.58	1.87	5.57	1.86	5.56	1.85	5.56	1.85	
5.58	1.88	5.58	1.88	5.58	1.88	5.57	1.87	5.56	1.86	5.56	1.86	
5.56	1.90	5.56	1.90	5.58	1.78	5.58	1.78	5.55	1.76	5.55	1.76	
5.56	2.33	5.56	2.33	5.56	2.33	5.56	2.32	5.56	2.30	5.55	2.30	
5.56	1.78	5.56	1.78	5.55	1.78	5.55	1.77	5.55	1.77	5.54	1.76	
5.56	1.80	5.56	1.80	5.55	1.80	5.55	1.79	5.54	1.79	5.54	1.79	
5.55	1.83	5.55	1.83	5.55	1.82	5.55	1.82	5.54	1.82	5.54	1.80	
5.55	1.84	5.55	1.84	5.55	1.84	5.50	1.83	5.50	1.83	5.50	1.83	
5.57	1.94	5.57	1.94	5.57	1.94	5.55	1.86	5.50	1.85	5.50	1.85	
5.55	1.87	5.55	1.87	5.53	1.88	5.52	1.85	5.52	1.85	5.52	1.84	
5.57	1.98	5.57	1.98	5.56	1.97	5.56	1.97	5.55	1.97	5.55	1.96	
5.59	1.96	5.59	1.96	5.56	1.89	5.55	1.87	5.55	1.87	5.55	1.87	
<b>146.04</b>	<b>59.08</b>	<b>145.96</b>	<b>59.07</b>	<b>146.71</b>	<b>57.28</b>	<b>144.95</b>	<b>56.96</b>	<b>144.88</b>	<b>56.77</b>	<b>144.75</b>	<b>56.67</b>	<b>Sum.</b>
<b>5.62</b>	<b>2.27</b>	<b>5.61</b>	<b>2.27</b>	<b>5.64</b>	<b>2.20</b>	<b>5.58</b>	<b>2.19</b>	<b>5.57</b>	<b>2.18</b>	<b>5.57</b>	<b>2.18</b>	<b>Prom.</b>



Anexo I. Fotografías tomando datos en campo.



Figura 12. Mostrando el funcionamiento del DGPS GEO XH 2005 TRIMBLE



Figura13. Realizando la transferencia de datos a la computadora para realizar la corrección diferencial.

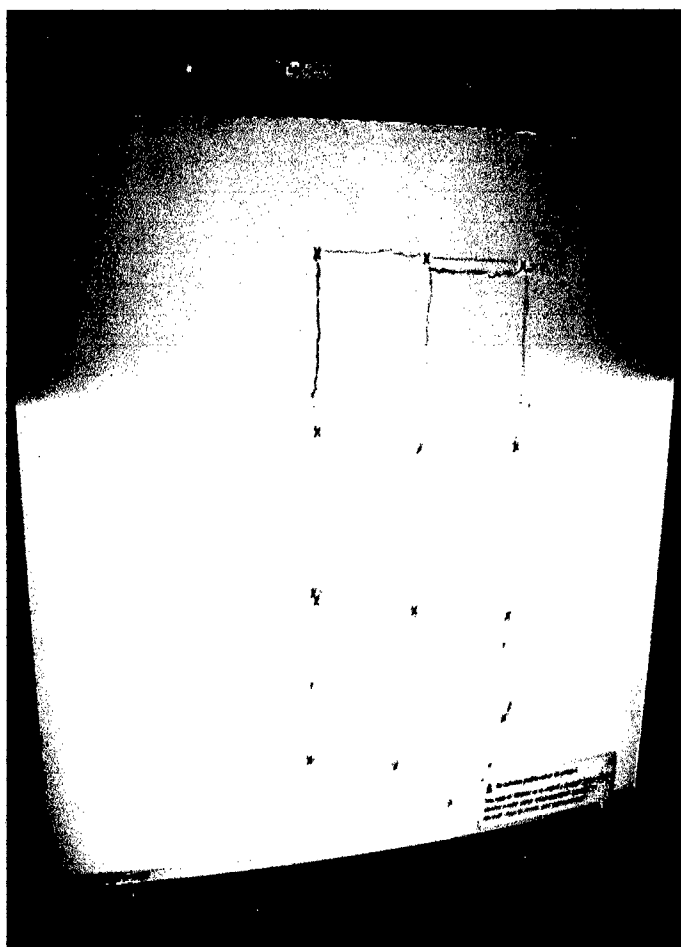


Figura 14. Datos corregidos diferencialmente.



Figura 15. Plantando estacas en cada punto de trabajo.



Figura 16. EL DGPS mostrando el número de satélites y la configuración estándar.



Figura 17. Capturando datos en la parcela a cielo abierto.



Figuras 18 Y 19. Capturando datos con la antena interna en la parcela a cielo abierto.



Figura 20. Capturando datos con la antena externa en la parcela a cielo abierto.





Figura 21. Capturando datos con la antena externa en la parcela bajo cobertura.



Figura 22. Capturando datos con la antena interna en la parcela bajo cobertura.



Figura 23. Fotografía del DGPS GEO XH 2005 TRIMBLE.

## ANEXO J. Figuras que determinan la precisión diferencial

Figura 24. Geometría satelital

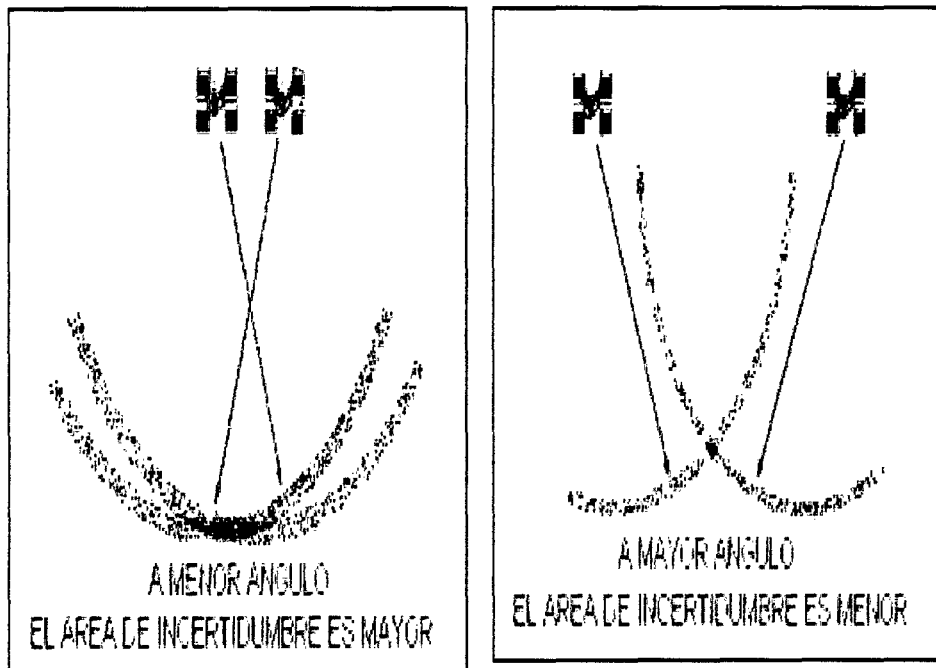


Figura 25. Multitrayectoria

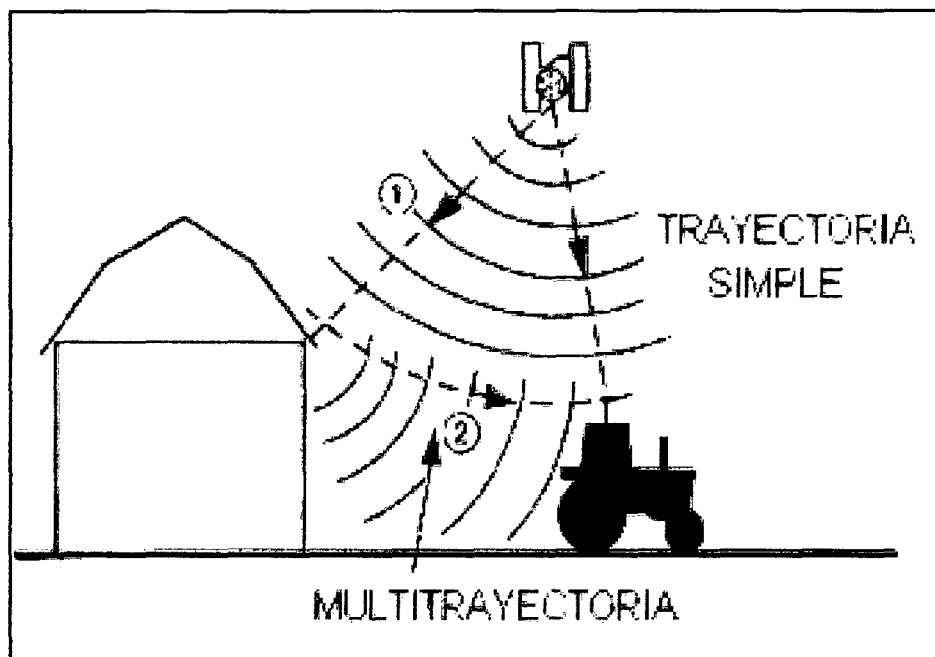


Figura 26. Corrección diferencial

