

Capítulo **1**

GPS - Test 2

1.1. Objetivos

En el capítulo anterior se comenzó a analizar la performance del GPS. Se intentó reconstruir un polígono, y se analizó el error al estimar la posición de un punto fijo. En este capítulo se continúa dicho análisis, repitiendo el procedimiento, pero con un polígono más grande, y tiempo más largos para la estimación de la posición de un punto fijo.

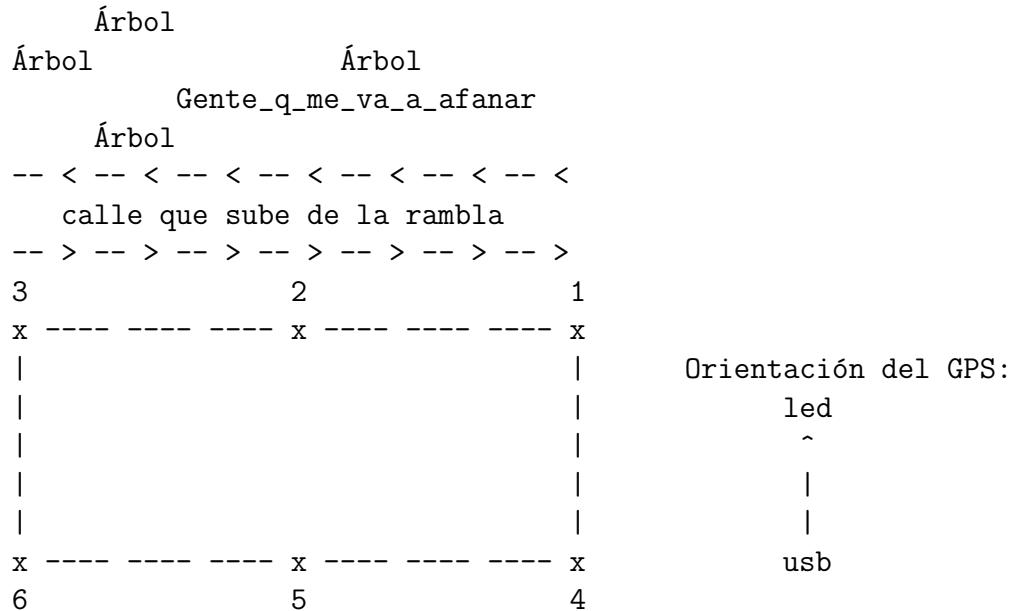
1.2. Materiales

- GPS.
- Laptop.
- Trípode (de fotografía).
- Cinta métrica, pintura y cuerda.

1.3. Procedimiento

En esta prueba se trata de obtener el error del GPS en el plano paralelo a la tierra, es decir, el error en latitud y longitud.

El experimento que se diseñó consiste en marcar un rectángulo sobre el suelo (pasto), utilizando 6 puntos, con la siguiente disposición:



Estacionamiento de la facultad

A diferencia del experimento de la sección 1.1, aquí todas líneas punteadas son de 6m de largo, en lugar de 1m. Resulta en un rectángulo de 6m por 12m.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Construir el rectángulo sobre un superficie plana.
 - Se utilizó pintura para marcar los vértices del triángulo.
 - Para trazar uno de los lados de 12 metros (puntos 1,2 y 3), se fijó una cuerda de 12 metros (con el punto medio marcado) a un punto, y se extendió (sin estirarla). El principio (1) y el final (3) de la cuerda son vértices del polígono, y el punto medio (2) es otro de los puntos de interés.
 - Para construir perpendiculares se utilizó una cuerda de 6m, y otra de 8.5m¹. Uno de los extremos de la cuerda de 6 metros se fijó al 1, y uno de los extremos de la cuerda de 8.5m se fijó a 2. El punto donde ambas se intersectan corresponde a 4. Un procedimiento similar se siguió para determinar la ubicación de 5 y 6.
2. Medir, con un metro, las distancias entre todos los puntos.
3. Utilizar mínimos cuadrados para minimizar el error entre las distancias esperadas, y las experimentales. Esto puede llevar a trabajar con un polígono que **no** sea un rectángulo, pero el error será menor que el que resultaría de usar los valores teóricos.

¹Pitágoras: $8,5 \approx \sqrt{6^2 + 6^2} = 8,4852\dots$

4. Fijar la altura y la orientación del GPS, y tomar medidas en cada uno de los puntos [1,2,3,4,5,6].
5. Tomar un punto como origen, y comparar la figura que resulta de los datos provenientes del GPS con las medidas tomadas con el metro.

En la figura 1.1a se observa el trípode que sostiene al GPS. El objetivo era tener el GPS a una altura fija, y separado del piso. Al nivel del piso los rebotes degradan seriamente la performance del GPS. La cuerda que marca el lado del polígono, junto con las patas del trípode, se utilizaron para fijar la orientación del GPS durante el experimento.



(a) Trípode de fotografía, con el GPS atado en lugar de la cámara..

(b) GPS amarrado al trípode.

Figura 1.1: GPS + Atril

1.3.1. Medio para la adquisición de datos

Para tomar datos se conectó el GPS, que manda información mediante USB-serie, al puerto USB de una computadora. En la computadora se utilizó el GPSD, un software open-source que hace de *daemon*, y se encarga de transformar lo que llega del GPS en una estructura de datos fácil de manejar en C.

Quedan dudas sobre el funcionamiento de este software, en particular sobre la estrategia utilizada para lograr mandar datos a 1Hz, constante, a la computadora. Parece repetir información cuando no cuenta con información nueva. De cualquier forma, funciona razonablemente bien, y es fácil de usar, así que parece adecuado para este experimento.

1.3.2. Verificación del polígono

Una vez construído el polígono, es de interés medir todas las diagonales (con la cinta métrica) por dos motivos:

- Verificar que no se cometieron errores.
- Hacer mínimos cuadrados con las medidas, de manera de obtener un polígono, que no tiene porqué ser (y en general no será) un rectángulo, sino algo similar a un rectángulo, más ajustado a la realidad.

Las medidas tomadas se resumen en la tabla 1.1, donde D12 representa la medida de la recta que une el punto 1 con el punto 2, en cm.

D12	D13	D14	D15	D16
603	1205	606	855	1345
D23	D24	D25	D26	D34
603	853	608	853	1344
D35	D36	D45	D46	D56
850	602	602	1202	603

Cuadro 1.1: Diagonales del polígono en cm.

Lectura: D24 representa la longitud (en cm) de la recta que une el punto 2 con el punto 4.

El polígono resultante se observa en la figura 1.2. El error relativo, es decir, el cociente entre las medidas de cada recta **D##** resultante de aplicar MC, y lo esperado en el polígono teórico, de 6m de lado, es:

- 9,51 % en el peor caso.
- 4,65 % en promedio.

Se considera que el error, siendo menor al 10 % en el peor caso, es aceptable.

En realidad se podría hacer una figura irregular cualquiera, y tomarlo en cuenta en el resto del experimento, pero complicaría la interpretación intuitiva de los resultados.

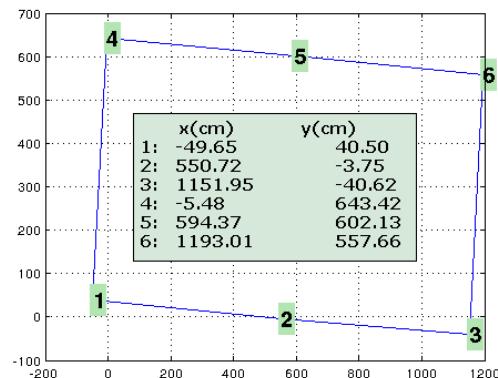


Figura 1.2: Polígono luego de MC.

1.3.3. Punto fijo - 10 minutos

Se tomaron datos durante 10 minutos (≈ 600 muestras) en cada uno de los vértices del polígono, con el objetivo de observar la estabilidad de la información proveniente del GPS.

En la figura 1.3 se muestran los datos luego de restar el promedio, o sea que se muestra el error respecto al valor promedio.

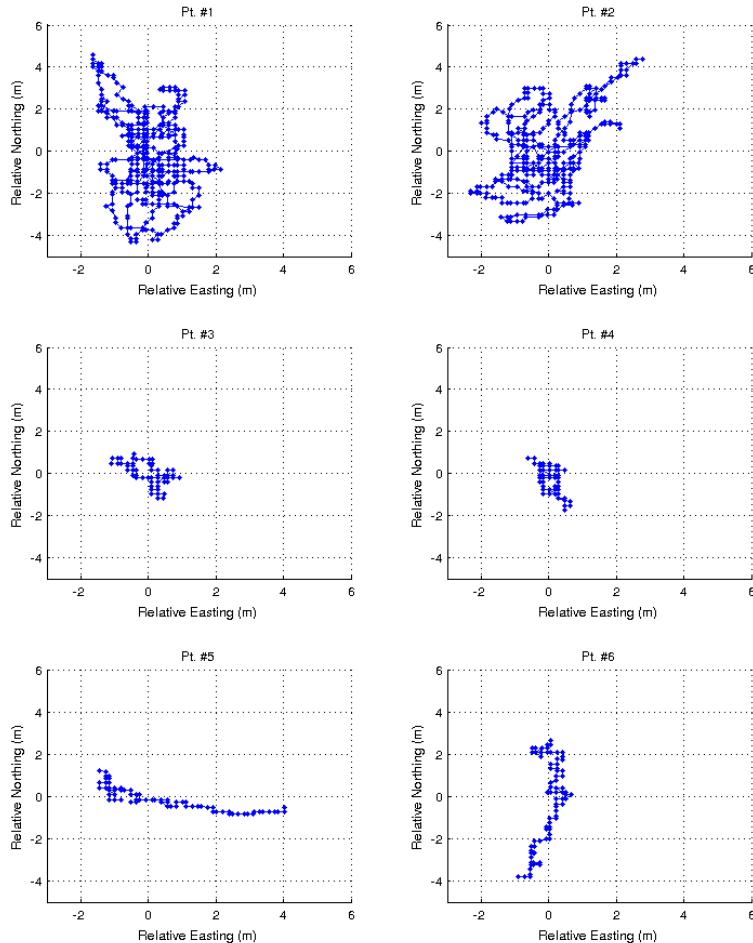


Figura 1.3: GPS quieto en cada punto del polígono, GPS orientado como se describe en 1.3 y se muestra en 1.1b.

Cabe destacar que en la figura 1.3 no parece haber la misma cantidad de muestras por punto, peses a que en el log habían aproximadamente la misma cantidad de datos por punto. Esto se debe a que a veces en el log se genera información repetida, es decir, lo que se recibe del GPS permanece constante. No queda claro si este es debido a un problema de software, o si se trata del comportamiento normal del GPS, que podría, por ejemplo, mandar información repetida si no ha logrado actualizarse.

En la figura 1.4 se observan todas las gráficas de la figura 1.3, pero superpuestas.

Si el GPS fuese perfecto, entonces todas las muestras coincidirían con el promedio, y estarían ubicadas en el punto [0,0]. El círculo negro tiene 2.5m de radio, las muestras que caen fuera de él están a más de 2.5m del valor promedio. En la leyenda se muestra que porcentaje de las muestras caen fuera del círculo.

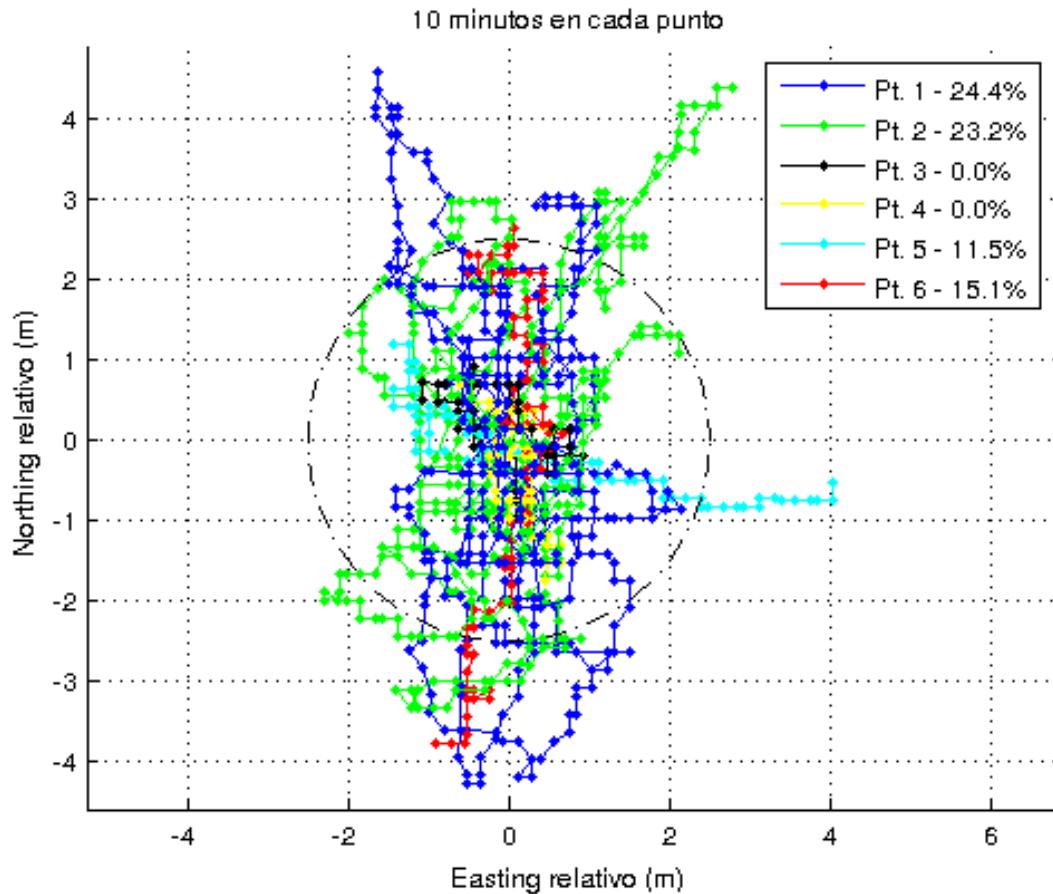


Figura 1.4: Error respecto al valor medio (Plots de 1.3 superpuestos). En la leyenda se muestran que porcentaje de muestras que caen a más de 2.5m del promedio.

1.3.4. Punto fijo - 2 minutos

Se repitió el experimento tomando solamente 2 minutos de muestras por punto. Se optó por tomar datos durante solamente 2 minutos para agilizar el experimento. Los resultados son similares a los que se obtuvieron con el experimento de 10 minutos.

Se orientó el GPS de 3 maneras distintas, siempre alineando el trípode con uno de los lados de 12m del rectángulo:

1. USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.5b.
2. USB hacia la rambla, LED hacia el IIE.
3. Como en la figura 1.5a.
4. Nuevamente, USB hacia la calle, LED hacia el estacionamiento, como en la figura 1.5b.



(a) Orientación #3

(b) Orientación #4.

Figura 1.5: Fotos de algunas de las orientaciones del GPS en las pruebas de 2 minutos por punto.

Los resultados se observan en las siguientes figuras. Nuevamente, en la leyenda se muestra que **porcentaje de las muestras a más de 2.5m del valor promedio**.

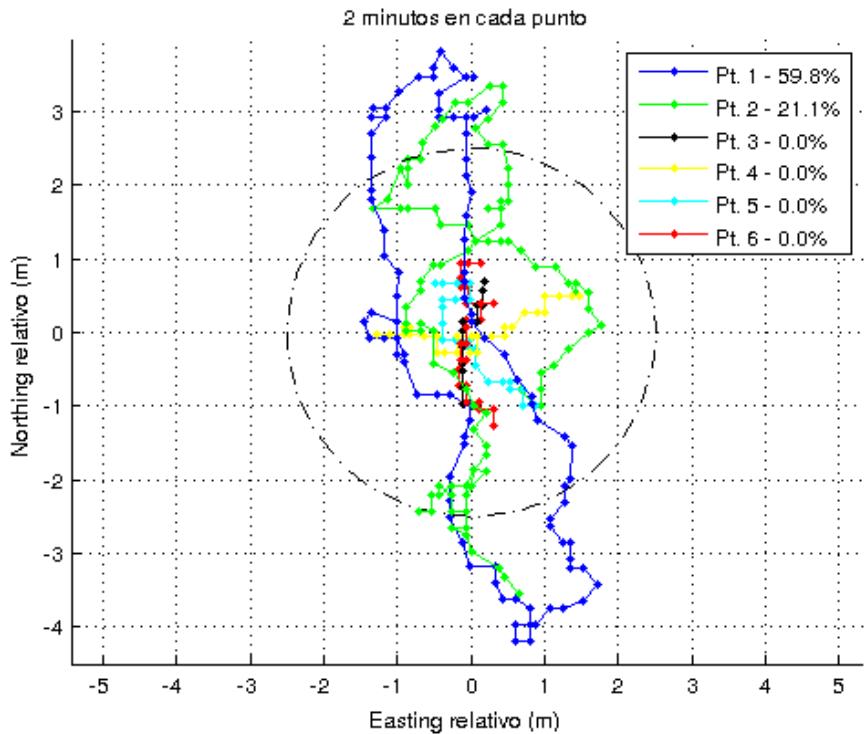


Figura 1.6: Orientación: 4.

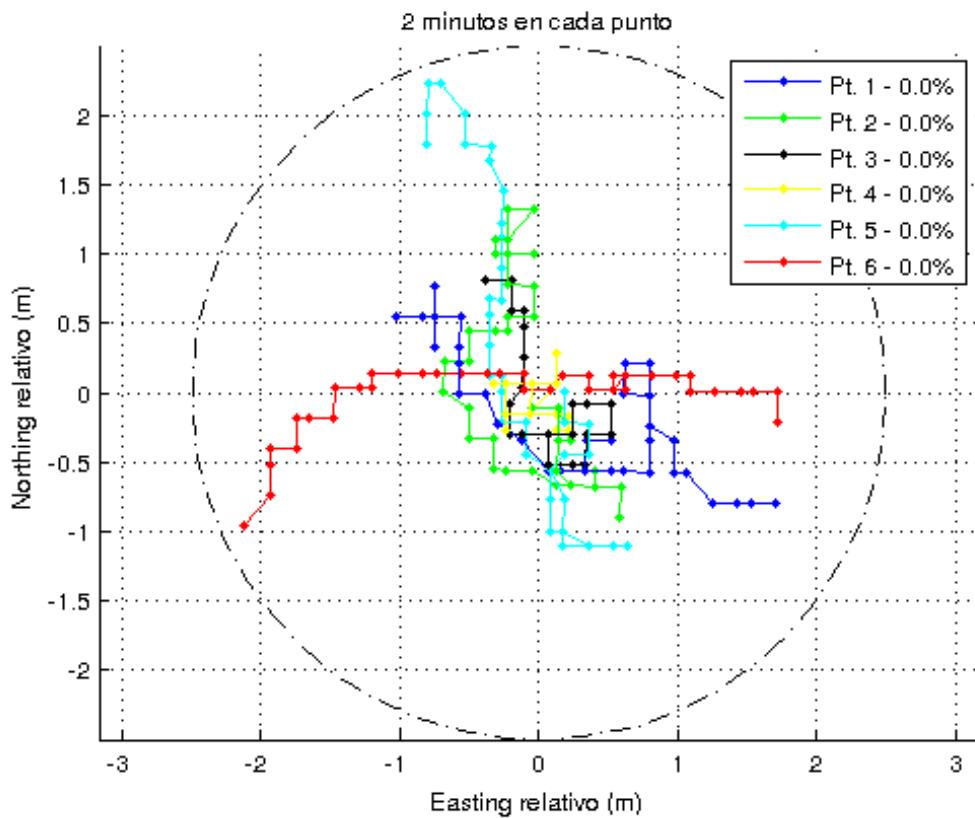


Figura 1.7: Orientación: 2.

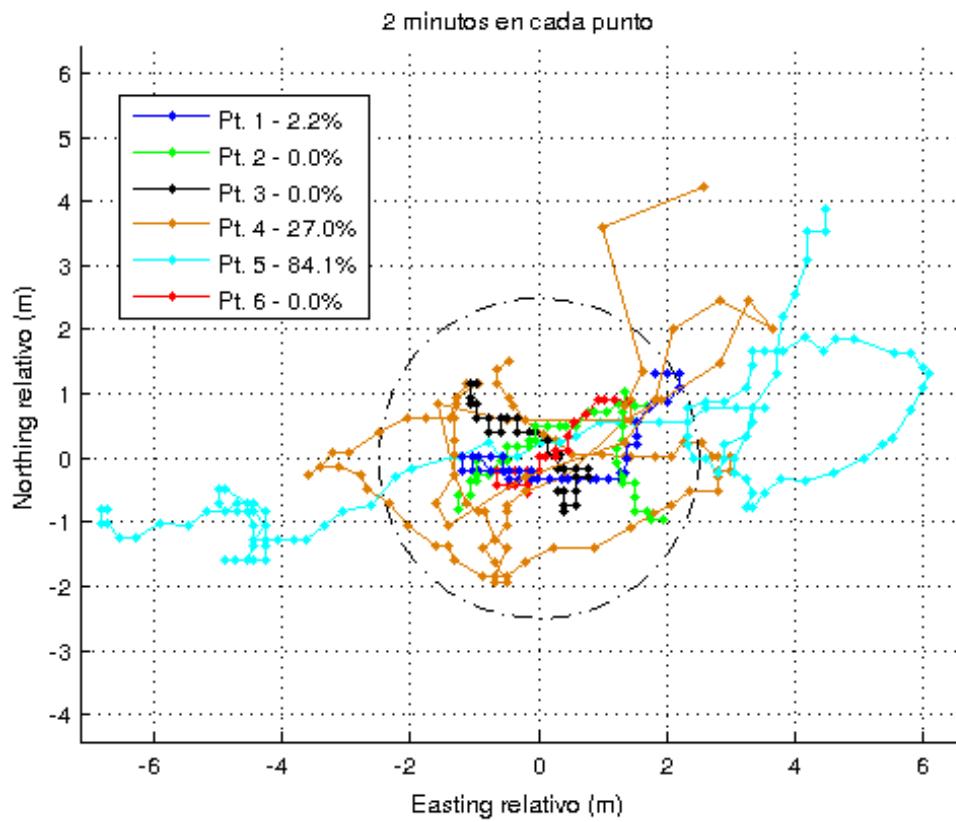


Figura 1.8: Orientación: 3.

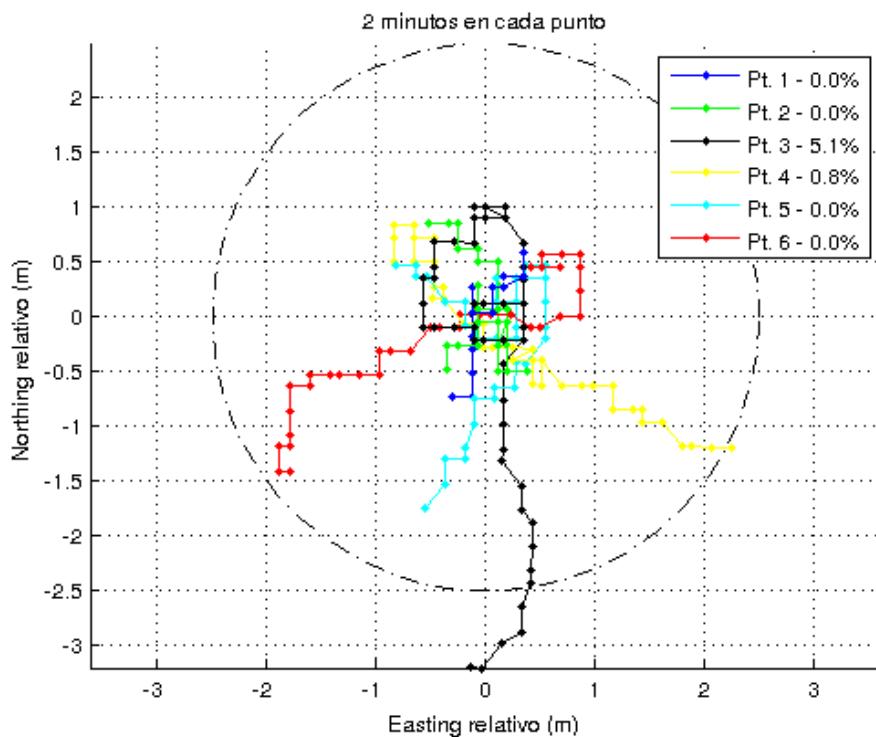


Figura 1.9: Orientación: 4

Punto fijo: Análisis

■ Influencia de la cantidad de satélites disponibles

La teoría dice que con 4 satélites debería alcanzar para obtener un *fix 3D*, es decir, estimar la posición sobre la esfera terrestre, y la distancia (altura) a la misma. Durante el experimento de la figura 1.8, en un momento el GPS perdió señal, y el número de satélites disponibles, que usualmente anda por los 9 o 10, pasó a ser 4. Los datos correspondientes se muestran en la figura 1.10. El trazo naranja, con un error de hasta 23 metros, corresponde a instantes donde la cantidad de satélites era entre 4 y 5. Luego de volver a 9 o 10 satélites, los datos vuelven a ser más razonables.

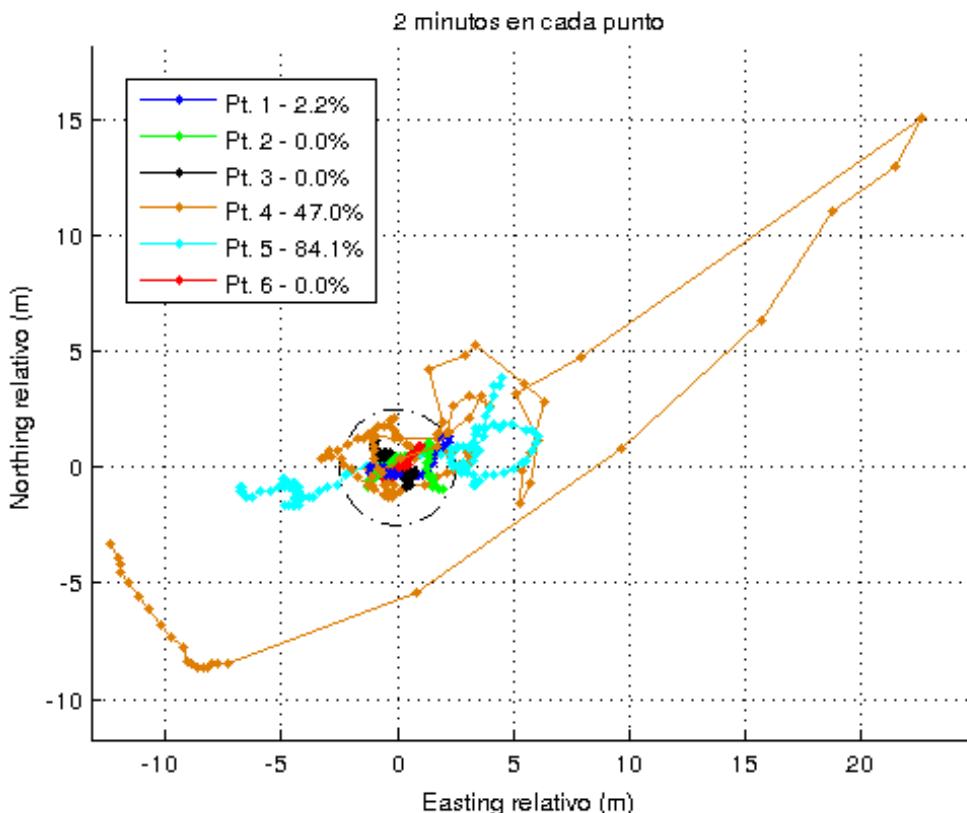


Figura 1.10: Datos con solamente 4 satélites. Orientación: 3.

En la figura 1.8 se observa el mismo log que en 1.10, pero luego de haber quitado las muestras correspondientes al período donde se deterioró la señal.

No se pudo encontrar una explicación para la mala calidad de las muestras correspondientes al punto 5 en la figura 1.8. La cantidad de satélites disponibles se mantuvo estable en 9 o 10 durante la adquisición de esos datos.

■ Influencia de la orientación:

No parece haber una correlación directa entre resultados y la orientación del GPS, evidencia de esto son las figuras 1.9 y 1.6, que fueron tomadas con la misma orientación.

Resulta intuitivo suponer que existe, debido a que el GPS tiene una antena adentro. En la sección 1.3.4 se estudia un poco más este asunto.

Orientación

Para evaluar si existe una correlación entre la orientación y las medidas del GPS, se hizo el siguiente experimento:

1. Tomar datos durante 10 minutos con el GPS arriba del trípode, dos patas alineadas con una recta fija.
2. Rotar el trípode 120 grados en sentido horario (visto desde arriba), de manera que otro lado del triángulo que forman las patas del trípode quede alineado con la recta. Tomar datos durante 10 minutos.
3. Rotar y tomar datos nuevamente.

Los resultados del experimento se observan en la figura.

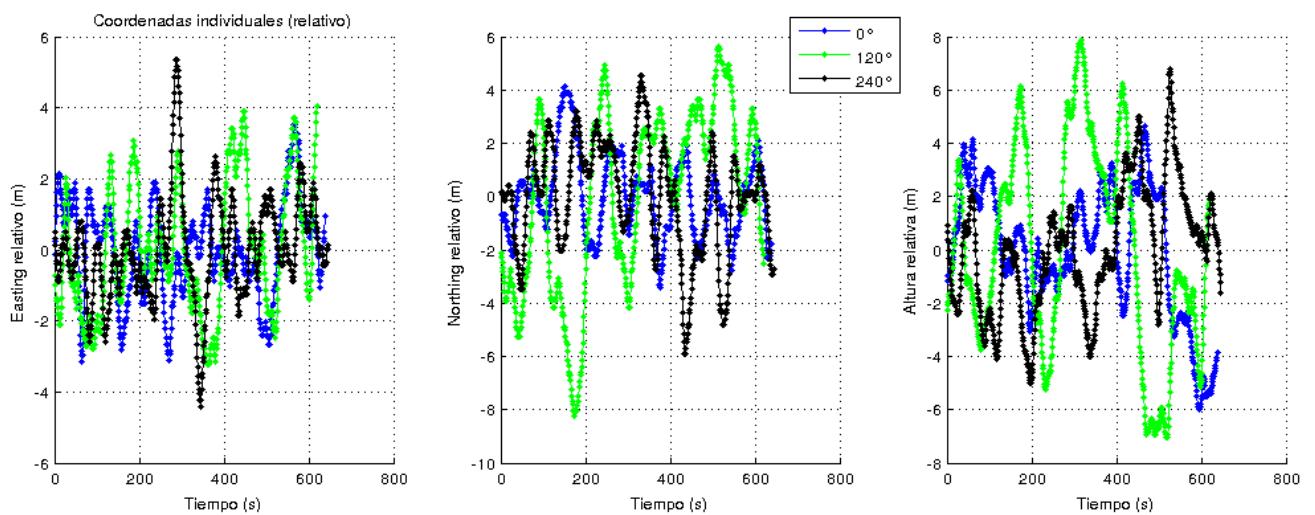


Figura 1.11: Datos rotando el GPS sobre un punto fijo.

Orientación - Conclusiones

No se encontró una correlación entre la orientación del GPS y el error en las medidas. El experimento se realizó con cielo abierto, con una buena geometría. Tal vez en situaciones de visibilidad limitada se podría observar una correlación.

Tener visibilidad limitada por obstáculo deteriora la performance del GPS. No es el objetivo de este informe evaluar la performance en ambientes complicados.

1.3.5. Polígono

En la figura 1.12, la línea en roja representa el polígono resultante de unir el promedio, en cada vértica, de las muestras tomadas durante de 10 minutos. En la figura 1.13 se dicho polígono, proyectado sobre una foto satelital².

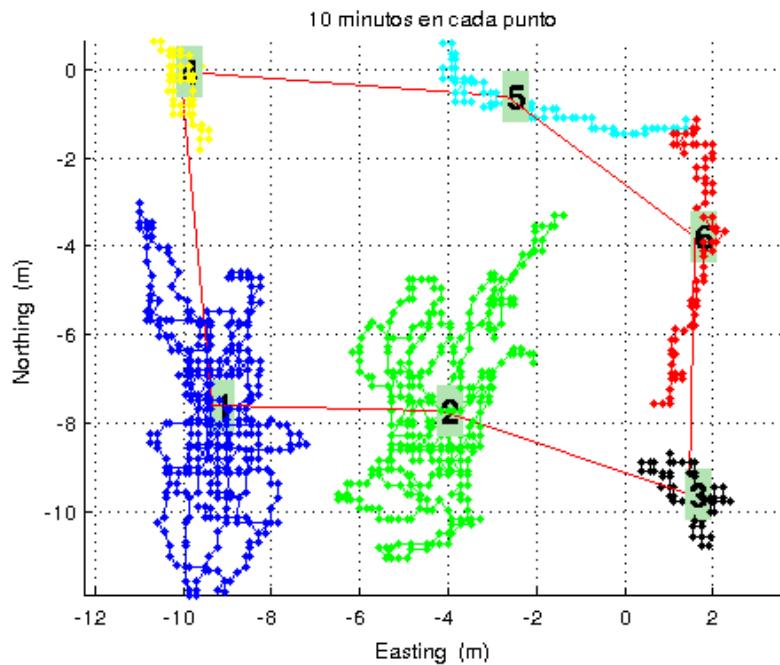


Figura 1.12: Polígono formado por los promedios de 10 minutos.

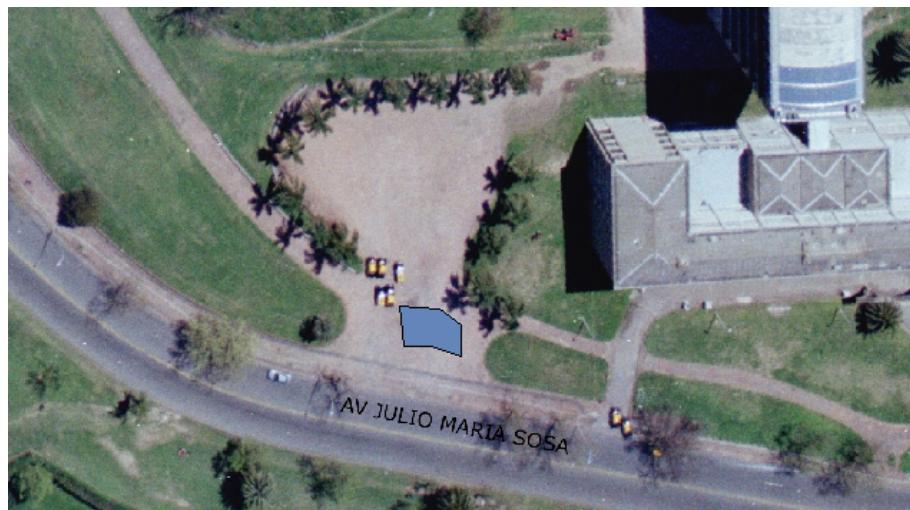


Figura 1.13: Proyección del polígono formado por los promedios de 10 minutos sobre una foto satelital..

En las siguientes figuras se observan los polígonos formados por los promedios de varias secuencias de 2 minutos por punto.

²El mapa y las fotos se obtuvieron de <http://sig.montevideo.gub.uy/mapas/mapa-principal>

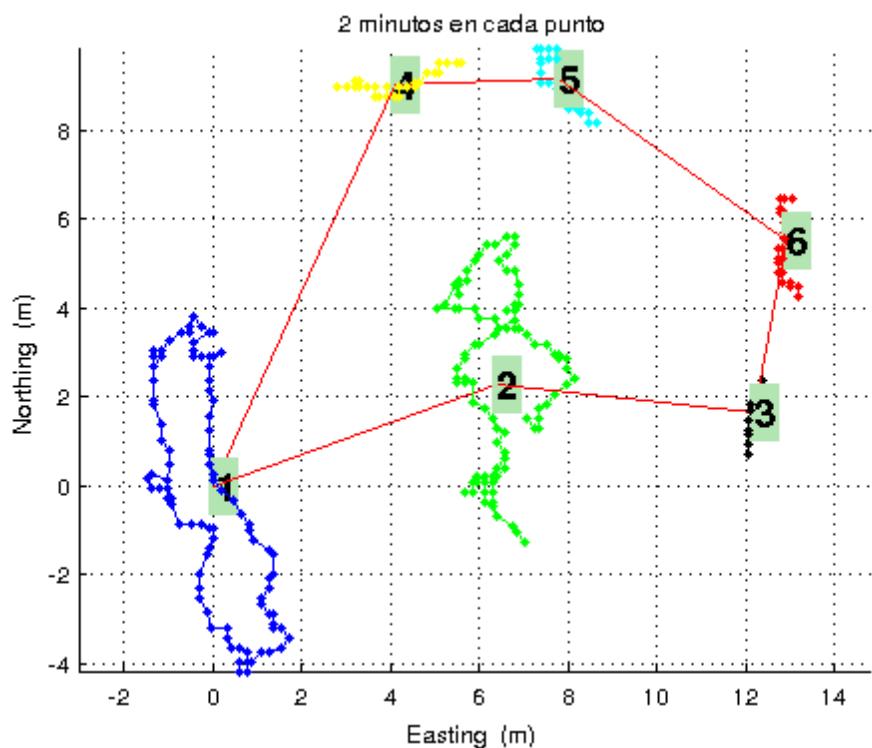


Figura 1.14: Orientación: 4.

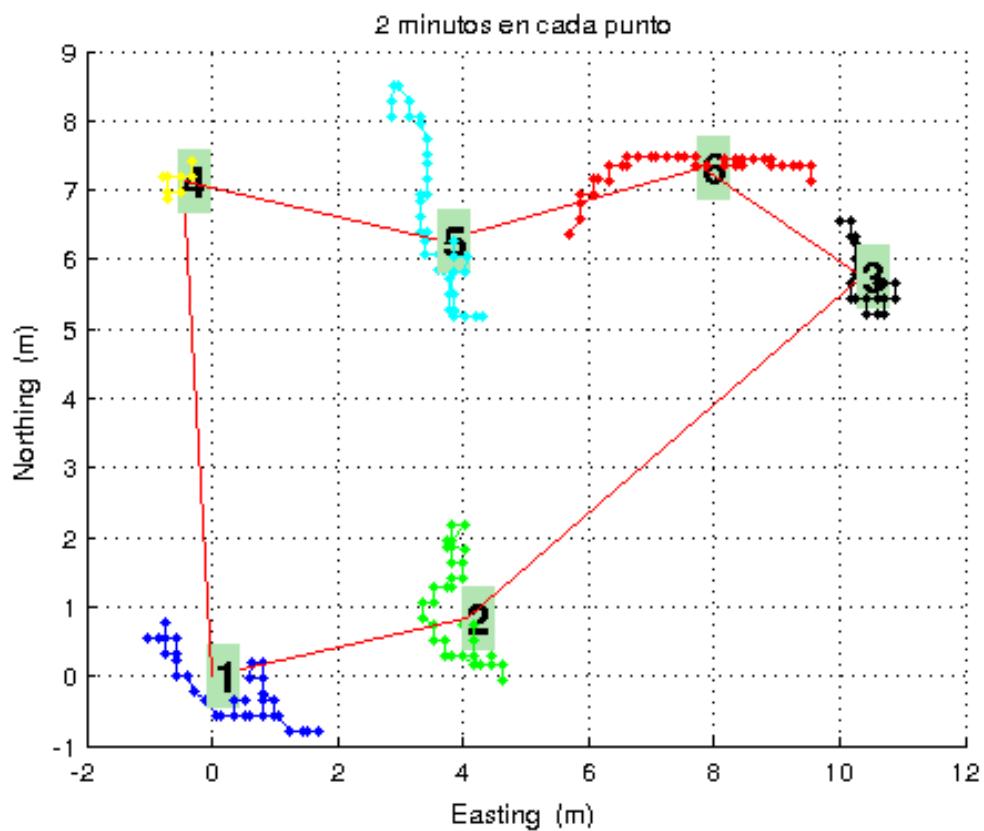


Figura 1.15: Orientación: 2.

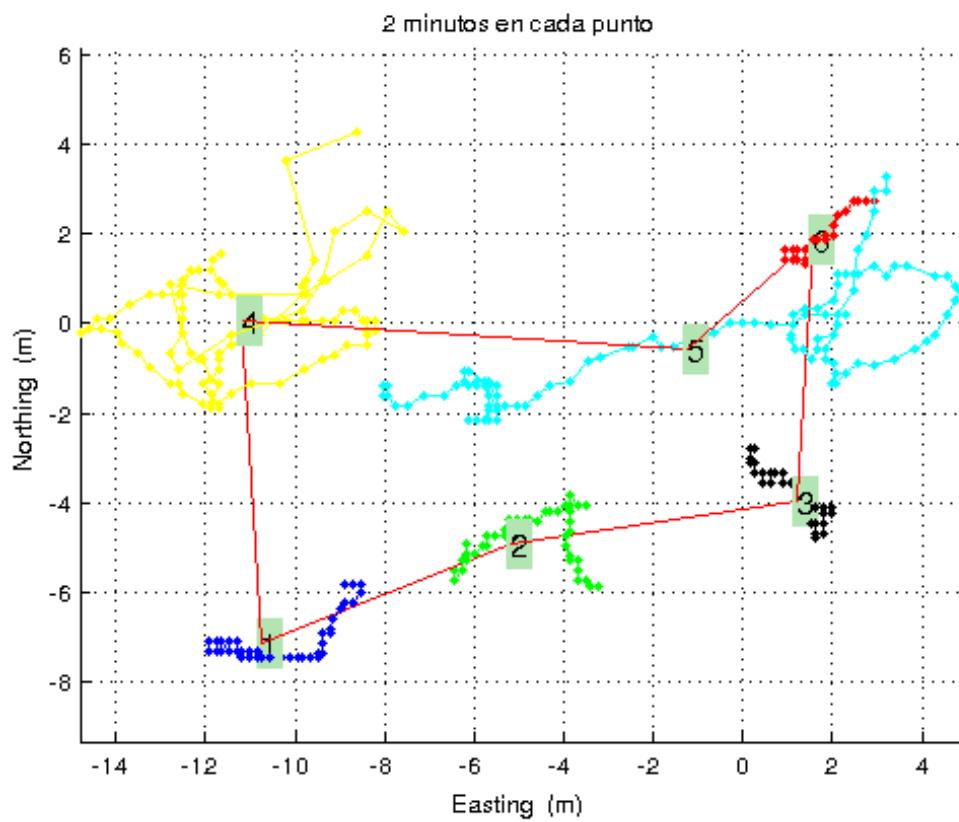


Figura 1.16: Orientación: 3.

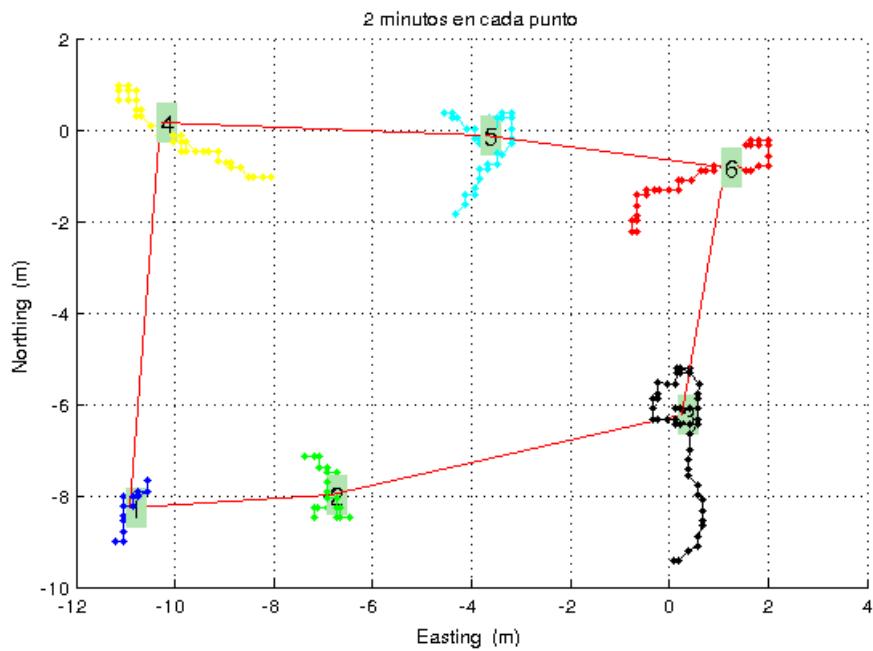


Figura 1.17: Orientación: 4

1.4. Caminata por el borde del polígono

Para simular una situación más parecida a la que se tendrá con el GPS montado sobre el cuadricóptero, se colocó el trípode con el GPS en un mochila, y se procedió a recorrer el polígono con con la mochila puesta.

Los errores en la medida de un punto fijo hacen pensar que sería posible que la trayectoria determinada por el GPS luego de este experimento fuese algo parecido a un rectángulo.

En las figuras siguientes se observan los datos tomados durante 3 caminatas siguiendo el contorno del polígono, siguiendo la secuencia 1-2-3-6-5-4³. Se empezó a loguear datos en el punto 1, y se terminó nuevamente en el punto 1. En las figuras solamente se muestra el 1 correspondiente al final de la caminata, el primero es donde comienza el trazo.

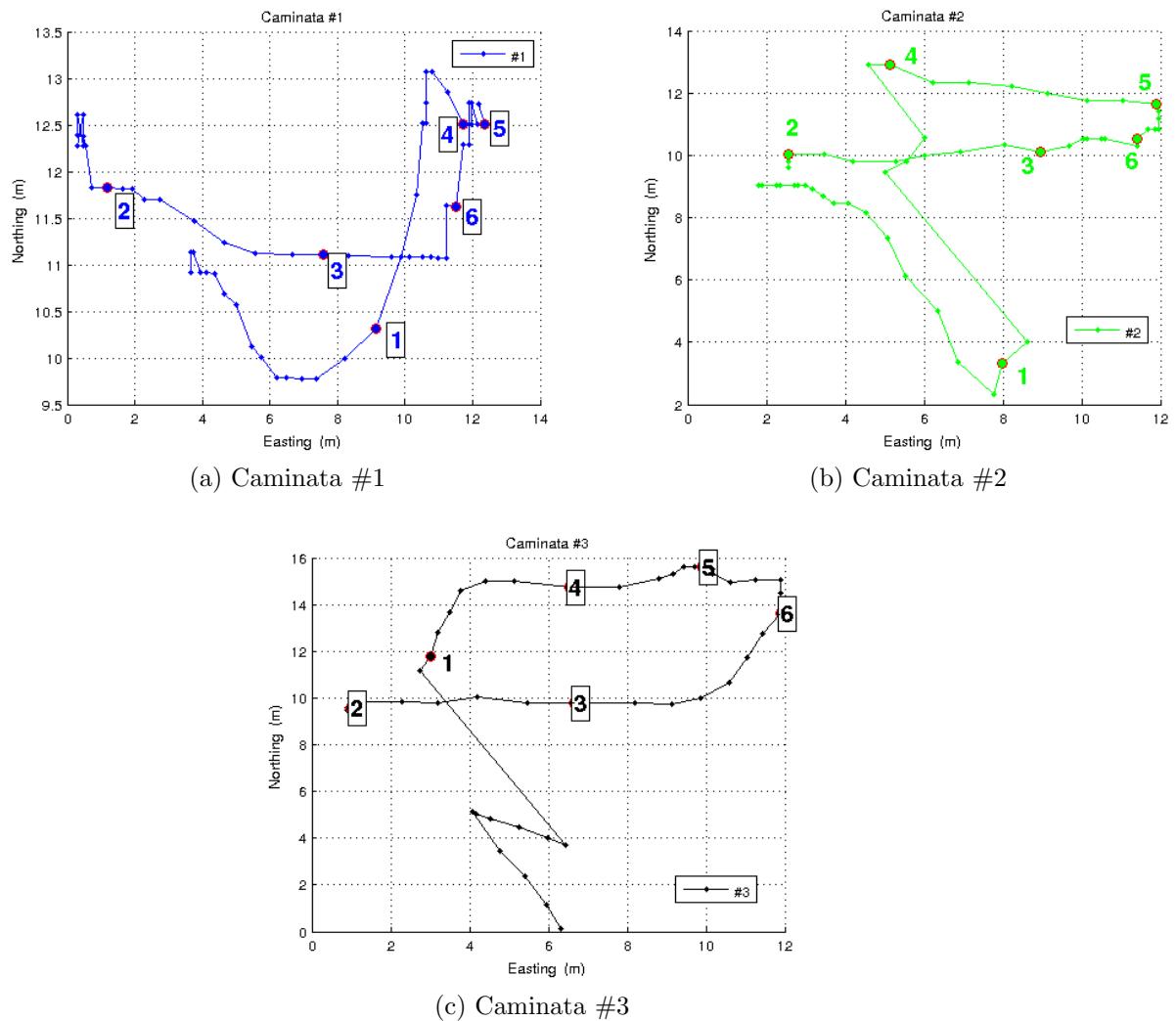


Figura 1.18: Caminatas por la frontera del polígono.

³Notar que no se recorre en el mismo orden en el que se numeran los puntos del rectángulo

1.4.1. Caminata - Análisis

Se observa un error importante en la figura resultante, no se parece en nada a un rectángulo. La posición parece tender a estabilizarse una vez que se llega al destino final, el punto 1. Ahí se continuó logueando datos por unos 20 segundos. En la figura 1.18b la posición final parece tener un drift que se aleja de la posición inicial, en lugar de acercarse. No se encontró una justificación para este comportamiento, pero es similar al observado para puntos fijos, por lo que no se le prestó especial atención.

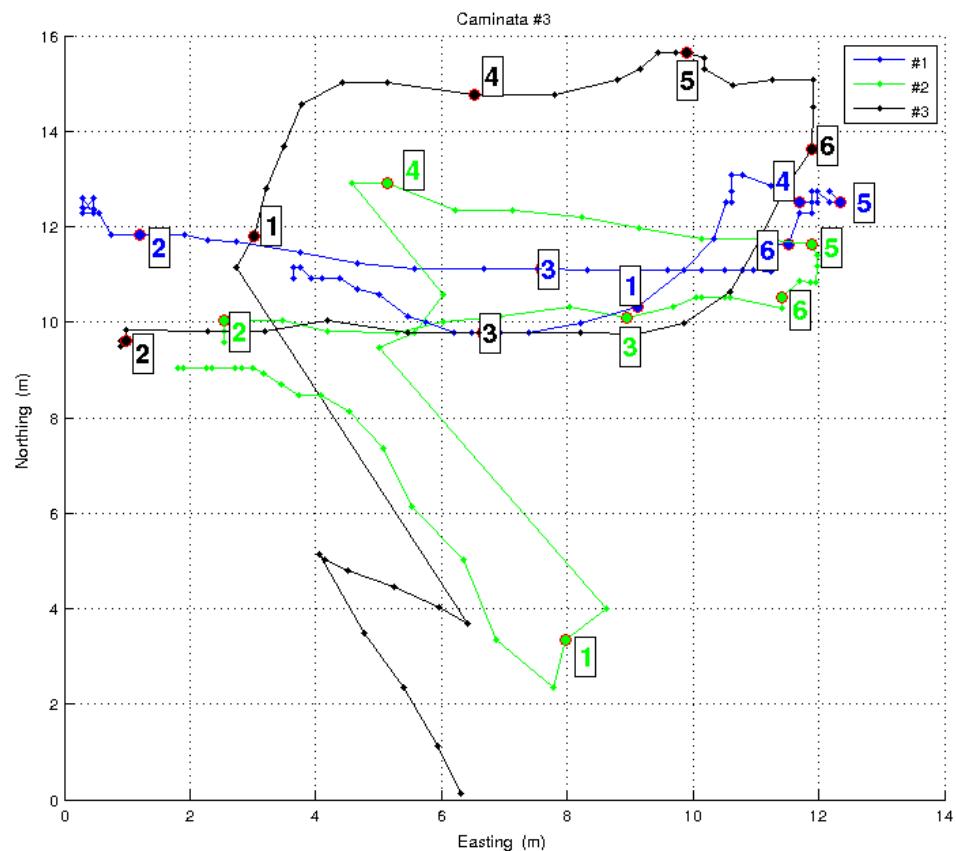


Figura 1.19: Caminatas superpuestas

1.5. Conclusiones

Comparando los resultados con secuencias de 2 minutos con el de la secuencia de 10 minutos, se observa que la performance es similar. Se concluye que tomar más de 2 minutos de datos para estimar la posición no reduce el error significativamente, y por lo tanto no vale la pena.

Tomando el promedio de 2 minutos como posición (lat,long, etc) real, se observó que el 75 % de los datos que mide el GPS tienen un error inferior a 2.5m cuando la visibilidad es buena, es decir, cuando el GPS trabaja con 9 o 10 satélites.

- Bajo las condiciones anteriores, se concluye que es razonable asumir que las medidas del GPS tienen un error de 2.5m, y que promedios de 2 minutos son suficientes (y más no es necesario).
- El GPS es adecuado para navegación en un sentido más global. No parece ser adecuado para tareas de navegación local, del orden del metro, pero sí para distancias del orden de la decena de metros. En la figura ??e observa (ver línea delgada) el log del recorrido con el GPS, que consistió en recorrer Julio María Sosa, sobre el cordón de un lado, y regresar por el lado opuesto, también cerca del cordón.



Figura 1.20: Caminatas extensa

Queda pendiente resolver el problema de los datos repetidos. Hay dos hipótesis por ahora:

1. El GPS no entrega datos **nuevos** a 1Hz, y el software refleja esto manteniendo el datos constante.
2. Hay algún problema con el software, puede ser falta de conocimiento sobre como usarlo.