

TALLER DE PROCESAMIENTO DE TRAYECTORIAS CINEMÁTICAS DE SENSORES AEROTRANSPORTADOS EN RPAS



CÁLCULO DE POSICIÓN DE FOTOCENTROS

v1.3 - 2015.04.07

Oscar Cuadrado Méndez
Máster Ingeniero en Geodesia y Cartografía
Servicio de Cartografía
Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS



Usted es libre de:



copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra



hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Reconocimiento — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).



No comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la misma licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Entendiendo que:

Renuncia — Alguna de estas condiciones puede **no aplicarse** si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor

Dominio Público — Cuando la obra o alguno de sus elementos se halle en el **dominio público** según la ley vigente aplicable, esta situación no quedará afectada por la licencia.

Otros derechos — Los derechos siguientes no quedan afectados por la licencia de ninguna manera:

- Los derechos derivados de **usos legítimos** u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior.
- Los derechos **morales** del autor;
- Derechos que pueden ostentar otras personas sobre la propia obra o su uso, como por ejemplo **derechos de imagen** o de privacidad.

Aviso — Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

1. INDICE

1.	INDICE	5
2.	ACERCA DE.....	7
3.	TAREAS PENDIENTES.....	8
4.	INTRODUCCIÓN.....	9
4.1.	Vectores implicados en un sistema INS/IMU.....	12
4.2.	¿Qué es lo que podemos calcular con un software convencional?.....	19
5.	DATOS DE PARTIDA	23
5.1.	Características del vuelo.....	24
5.2.	Equipo GNSS	26
5.3.	Ficheros de observación.....	27
1.1.1.	Formato Novatel.....	27
1.1.2.	Formato Rinex.....	28
1.1.3.	Efemérides precisas.....	29
1.1.4.	Modelos de ionosfera.....	30
1.1.5.	Fichero de eventos.....	31
1.1.6.	Correcciones en disparos.....	33
2.	SOFTWARE A EMPLEAR EN EL PROCESAMIENTO.....	33
3.	METODOLOGIA DE TRABAJO,	35
3.1.	Búsqueda de datos necesarios en Internet.....	35
3.1.1.	Descarga de calibraciones de antena.....	35
3.1.2.	Descarga de efemérides precisas.....	41
3.1.3.	Descarga de modelo de ionosfera.....	43
3.2.	Conversión de ficheros de formato Novatel a Rinex.....	44
3.3.	Conversión de ficheros de formato sp3c a sp3a.....	48
3.4.	Definición del proyecto. plantillas de procesamiento.....	49
3.5.	Carga de datos en el proyecto.....	60
3.5.1.	Efemérides precisas.....	61
3.5.2.	Fichero de ionosfera.....	62
3.5.3.	Datos de estaciones de referencia en tierra.....	63
3.5.4.	Datos del receptor del avión.....	68
3.6.	Procesado de trayectorias.....	69
3.7.	Redundancia en el procesamiento.....	75
3.8.	Control de calidad.....	76

3.9.	Interpolación de posiciones mediante fichero de eventos.....	76
3.10.	Generación de gráficos.....	80
3.11.	Exportación de datos.....	82
3.12.	Exportación a KML.....	84
4.	CONCLUSIONES.....	89
5.	IMPORTANTE.....	90
6.	REFERENCIAS.....	90

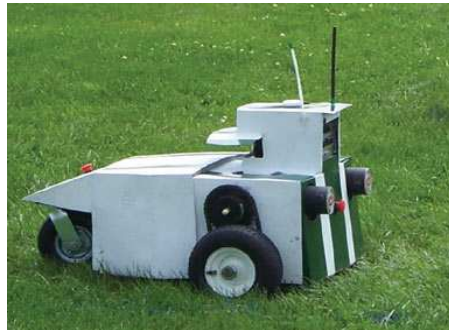
2. ACERCA DE...

Con este artículo se inicia una serie de documentos de trabajo orientados al desarrollo de una metodología de trabajo dentro del área de producción cartográfica del Servicio de Cartografía.

En este primer documento, voy a intentar explicar cómo se puede realizar un procesado de trayectorias cinemáticas mediante el empleo de un software comercial no específico para dicho trabajo.

La productividad no será comparable con la obtenida mediante el empleo de herramientas específicas desarrolladas con ese objetivo, pero nos puede ayudar a realizar determinadas tareas como puede ser el control de calidad (como es mi caso) de vuelos fotogramétricos realizados por empresas contratistas, o procesar datos de sistemas desarrollados por nosotros mismos (una foto vale más que mil palabras).

Ilustración



Cortando el césped desde mi Pc...

En Lugo de Llanera (o lo que es lo mismo Lat 43.442098, Lon -5.819836 WGS84), Asturias.

Oscar Cuadrado Méndez. [oscar.cuadradomendez \(arroba\) asturias \(punto\) org](mailto:oscar.cuadradomendez@asturias.punto.org)

3. TAREAS PENDIENTES.

Se han quedado en el tintero muchas cosas:

- Alguna introducción teórico-práctica.
- Origen de ficheros.
- Mejorar las referencias incluidas.
- Descripción del sistema Vexcel-GSM3000.

Os animo a que critiquéis, busquéis los mil y un fallos que aparecerán, gazapos ortográficos y sugerencias y me las remitáis por correo electrónico. Gracias

4. ANTECEDENTES

La incorporación de sistemas de posicionamiento autónomo a los sistemas de captura de datos para aplicaciones geomáticas no es una novedad. La integración de sensores estación total/GPS, GPS/Inercial, cámara fotogramétrica/GPS/INS, clinómetros con distanciometría.

La aparición de sistemas aerotransportados no tripulados (UAVs) para aplicaciones geomáticas está originando acercamiento de los sensores aéreos al fotogrametra, permitiendo a este realizar la toma de datos sin la dependencia de una compañía especializada en navegación aérea. En la actualidad prácticamente la totalidad de los UAV existentes, tanto comerciales como proyectos de código abierto, utilizan receptores GPS con seguimiento de portadora L1 y código C/A. Este tipo de sensores garantizan un posicionamiento por debajo de los 3 m, pero sin la posibilidad de control o postproceso externo. El sensor publica un flujo de datos en formato NMEA o propietario del que solamente se puede extraer posición, tiempo y estado de satélites para cada época, sin posibilidad de postproceso o cálculo diferencial de posición.

Existen igualmente otro tipo de plataformas como furgonetas multisensor para el inventario de infraestructuras viales, carros de vía, barcos con sondas que requieren de posicionamiento y orientación, todas ellas compartiendo la necesidad de posición y actitud de cada uno de los sistemas de captura de información instalados sobre ellas para una georeferenciación directa o ayuda a la orientación externa precisa posterior.

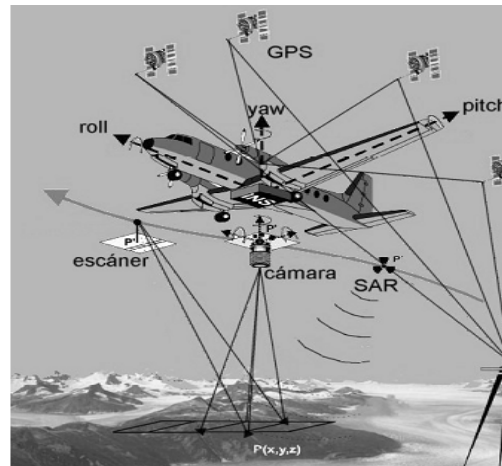
El objetivo fundamental de este trabajo, es el de desarrollar metodologías que permitan integrar instrumentación de posicionamiento de bajo coste en diferentes plataformas, centrándose en su incorporación a vehículos aerotransportados no tripulados como ejemplo práctico, dejando abierta la experimentación con otras plataformas. Durante el desarrollo de estas metodologías se contempla el empleo de herramientas libres de procesado de datos GNSS de software libre ya existentes, adaptándolas o creando módulos específicos para la automatización de procesos, tanto de seguimiento en tiempo real de las plataformas, como para el post-proceso de los datos adquiridos durante la fase de vuelo.

Los datos post-procesados han de ser posteriormente integrados en el proceso

fotogramétrico (en el caso de UAVs) de cara a mejorar la orientación externa a priori de los datos capturados por el resto de sensores digitales multi-espectrales, o en el mejor de los casos si esto fuera posible la orientación directa de dichos datos.

5. INTRODUCCIÓN.

Ilustración



2: Esquema de sensor aerotransportado

Tal y como nos presenta el profesor Juan Antonio del Val en la asignatura Sensores Híbridos, este es el esquema fundamental de un sensor aerotransportado.

Algún ejemplo de este tipo de sensores:

Ilustración

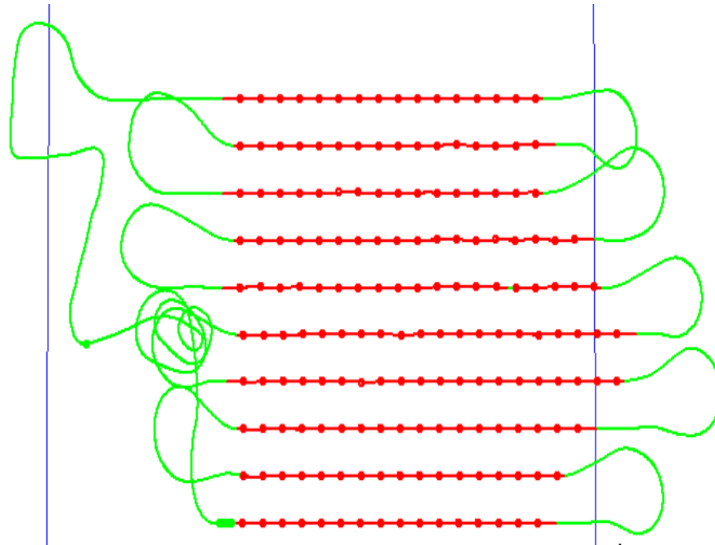


3: Helicóptero controlado remotamente con sistema inercial acoplado

A lo largo de todo su recorrido, estos sensores registran su posición 3D en el espacio así como sus orientaciones. La representación en planta de estas trayectorias

puede ser algo parecido a esto.

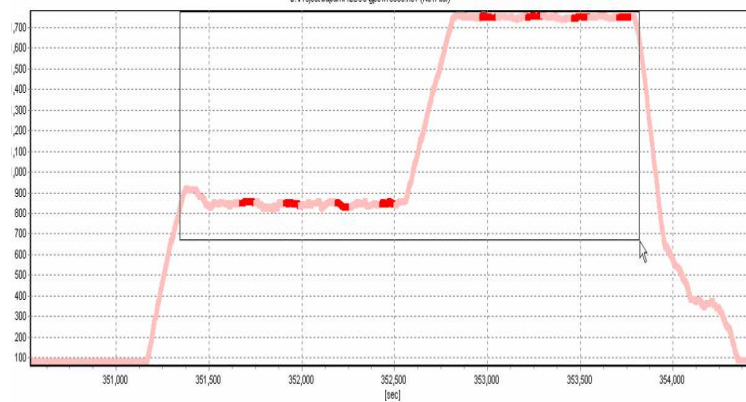
Ilustración



5: Trayectoria de un vuelo fotogramétrico representado en planta

La representación en alzado podría ser algo parecido a esto:

Ilustración



4: Perfil de vuelo fotogramétrico

El objetivo de este taller se centra en obtener las coordenadas de la trayectoria seguida por el sensor (para ser más correctos, de la antena del sistema GNSS utilizado), para posteriormente representar en planta o tridimensionalmente dicha trayectoria.

5.1. Vectores implicados en un sistema INS/IMU.

A continuación he incluido unas páginas extraídas del informe de obtención de vectores de un avión que tiene integrados los sistemas de navegación y cámara fotogramétrica. Espero que sean lo suficientemente explicativos como para lograr que el lector sitúe con claridad la ubicación de los sensores de captura y de registro de datos de posición montados sobre la aeronave.

Ilustración

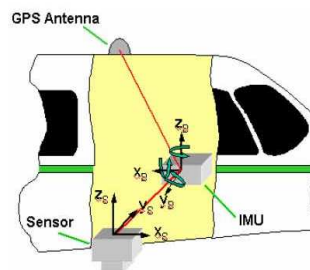


6:

MEDICION VECTOR **(GPS Antena – IMU)-(IMU-Centro de Proyección)**

Objeto:

El objeto de esta medición es determinar con la mayor precisión el vector que determina el centro de fase de la antena GPS y el origen de medidas recogidas por el sistema inercial IMU situado en el interior de la cámara. De igual manera necesitamos conocer el offset de montaje que hay entre el IMU y el Centro de Proyección al Cono Master. Por último al ir la cámara montada sobre plataforma Giro-Estabilizada se necesita saber el offset entre el IMU y centro donde pivota la cámara para la compensación de los ángulos inerciales. A continuación se detalla la metodología aplicada en la determinación del Vector y Offset necesarios, con el fin de obtener la mayor precisión posible en el posterior cálculo de los centros de proyección y ángulos INS.



Metodología:

Según la configuración de montaje del IMU en el interior de la cámara digital Ultracam X, es compleja la medición directa entre la Antena GPS y el IMU. Por tanto para facilitarnos esta medición IGI nos ha proporcionado los planos acotados de montaje IMU en la cámara UltracamX. Mediante estos planos IGI refiere las medidas del centro del IMU a un punto (Reference Point # 2) que corresponde a la parte superior y central de la Cámara. Estas medidas están contrastadas y no las proporcionan por montaje industrial. Por tanto bastará medir el vector entre el centro de la antena GPS y el punto de referencia externo en su parte superior (Reference Point # 2), para sumarle posteriormente el offset de montaje y obtener la medida completa del vector AntenaGPS – IMU.



Para la determinación del vector se puso el Avión en las mismas condiciones de vuelo. Para ello fue necesaria la utilización de soportes especiales y nivelar el Avión hasta posicionarlo en condiciones de vuelo.



Puesto el avión en condiciones simuladas de vuelo, se puso en funcionamiento todos los sistemas (Cámara – IMU – Plataforma) para la calibración de los sistemas como si se tratase de un vuelo real, y de esta manera poder realizar las mediciones necesarias y con la mayor exactitud posible.



Inicializada la plataforma se comprobó mediante plomada la verticalidad Antena – Top cámara, verificando el desplazamiento existente, que más tarde mediante medición topográfica se iba a cuantificar.



La Estación Total utilizada para la medición es una Geodimeter de un segundo de apreciación. Se estacionó en las proximidades del avión en la mejor ubicación posible para la observación y medición de todos los componentes para la determinación del vector AntenaGPS – Referente Point #2.



La medición se ha realizado utilizando un mini-prisma acorde con el tipo de medición. Dicho prisma se ha nivelado en todo momento mediante su propio nivel esférico, de esta manera, tanto las mediciones azimutales como en distancia a un punto, se han realizado con una única visual al centro de prisma.



Se han tomado visuales (además del Pto. Ref.2 y Antena GPS) al estabilizador vertical y al morro del avión, para así obtener en nuestro sistema de referencia relativo, el eje longitudinal del avión.

Este eje longitudinal del avión nos ha servido para referenciar nuestras mediciones al de los planos de cámara e Inercial, los cuales vienen referenciados al eje de vuelo.



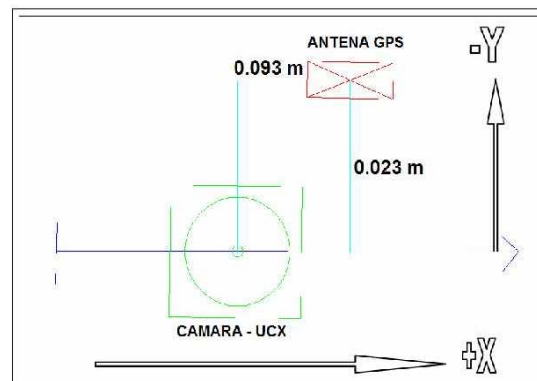
Lecturas y distancias medidas con Estación Total en un único estacionamiento:

Estación	Visual	HZ	V	DG	H_Prisma	H_Instr	Info
1000	1001	246.8675	105.7640	3.320	0.000	0.950	COLA
1000	1002	377.3003	103.0023	6.367	0.000	0.950	MORRO
1000	1	350.1232	78.1788	3.871	0.050	0.950	ANTENA
1000	2	349.2419	87.8073	3.630	0.050	0.950	CAMARA

Coordenadas Relativas:

Punto	X	Y	Z	INFO
1000	400099.660	3000099.560	100.000	ESTACION
1001	400097.210	3000101.780	100.650	COLA
1002	400105.620	3000101.780	100.650	MORRO
1	400102.243	3000102.133	102.201	ANTENA
2	400102.150	3000102.110	101.591	CAMARA

Representación Gráfica Antena – Cámara en sentido Eje de Vuelo:



Incrementos del Vector (CAM-REF2_ANTGPS) según sistema de referencia obtenido en la medición con respecto al eje del Avión en el sentido de vuelo:

VECTOR	INC X (m)	INC Y (m)	INC Z (m)
CAMREF2-ANT	0.093	-0.023	-0.610

Incrementos proporcionados por IGI mediante esquema de montaje:

El vector IMU al Punto de Referencia 2 de la Cámara es:

IMU-CamRef2 \Rightarrow $\begin{cases} X = 0.115 \text{ m} \\ Y = 0.000 \text{ m} \\ Z = -0.178 \text{ m} \end{cases}$

A continuación presentamos plano acotado presentado por IGI:

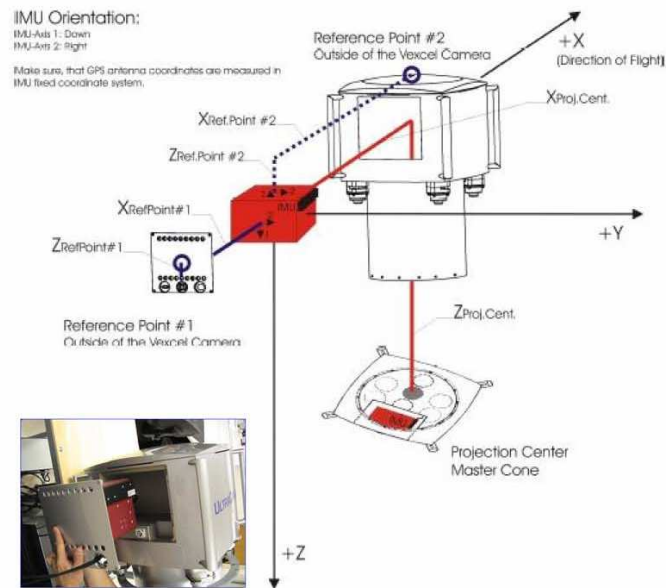
Sensor Leverarm Vexcel Camera:
 $X_{Proj.Cent.}: 0.161 \text{ m}$
 $Y_{Proj.Cent.}: 0.000 \text{ m}$
 $Z_{Proj.Cent.}: 0.443 \text{ m}$

Offset IMU - Reference Point #1 (Drawer at the backside):	Offset IMU - Reference Point #2 (Top of the Camera):
$X_{RefPoint\#1}: -0.102 \text{ m}$	$X_{RefPoint\#2}: 0.115 \text{ m}$
$Y_{RefPoint\#1}: 0.000 \text{ m}$	$Y_{RefPoint\#2}: 0.000 \text{ m}$
$Z_{RefPoint\#1}: -0.013 \text{ m}$	$Z_{RefPoint\#2}: -0.178 \text{ m}$

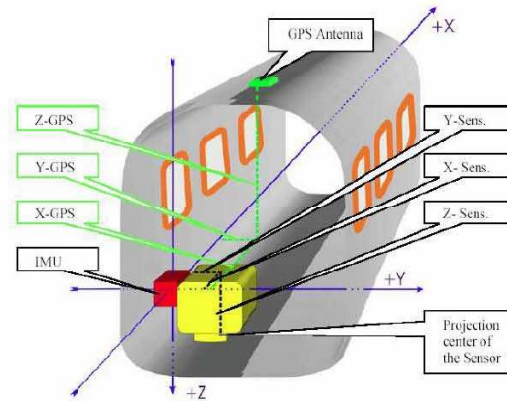
IMU Orientation:

IMU-Axis 1: Down
 IMU-Axis 2: Right

Make sure, that GPS antenna coordinates are measured in IMU fixed coordinate system.



El Vector IMU-GPS sería la suma de los siguientes vectores ya indicados, (IMU-CamRef2) + (CamRef2-GPS), obteniendo como resultado final.



Los valores de Leverarm respecto a la antena GPS se obtendrán con

$$\begin{aligned} X_{GPS-Leverarm} &= X_{gps} + X_{refPoint2} \\ Y_{GPS-Leverarm} &= Y_{gps} + Y_{refPoint2} \\ Z_{GPS-Leverarm} &= Z_{gps} + Z_{refPoint2} \end{aligned}$$

IMU-GPS



$X = 0.208 \text{ m}$ $Y = -0.023 \text{ m}$ $Z = -0.788 \text{ m}$

El vector IMU al Centro de pivote de la cámara UltracamX Vexcel montada sobre la plataforma GSM3000 de Somag es:

IMU-Centro Pivote

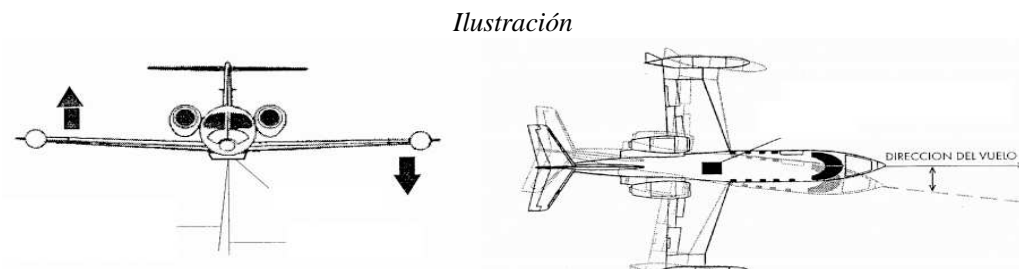


$X = 0.115 \text{ m}$ $Y = 0.000 \text{ m}$ $Z = 0.255 \text{ m}$

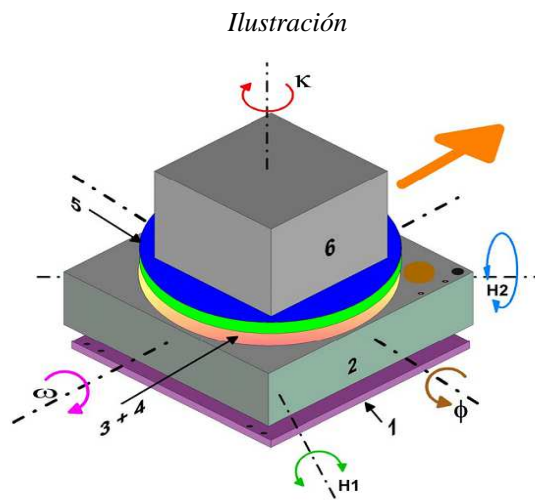
5.2. ¿Qué es lo que podemos calcular con un software convencional?

Como estaréis imaginando, ahí arriba todo se mueve:

- Se mueve el avión.

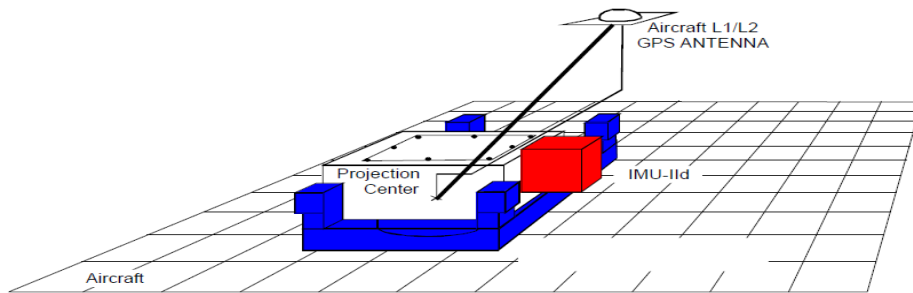


- Se mueve la plataforma donde está montada la cámara o sensor.



8:

- Se mueve el sistema inercial acoplado a la cámara.



Todos los movimientos son registrados por los equipos INS/IMU, por lo que podemos conocer la orientación/posición en todo momento.

- La plataforma tiene un registro de las correcciones realizadas para intentar estabilizarse durante todo el tiempo.

Ilustración



9:

- Los sensores INS están registrando datos que posteriormente se utilizarán en el cálculo de la orientación externa directa.

Ilustración



10:

- El GPS/GNSS registra la trayectoria.

Ilustración

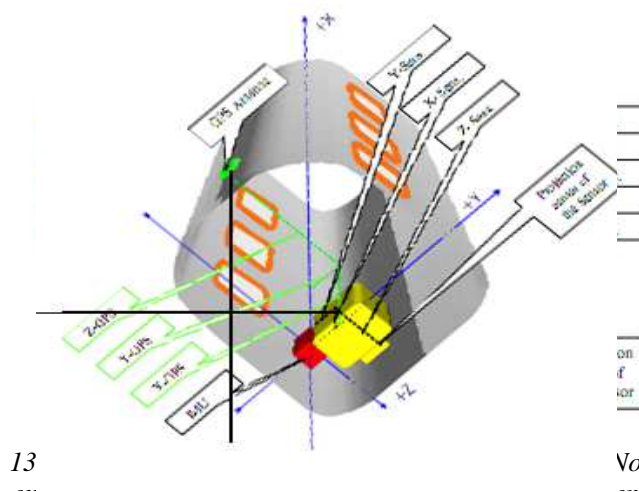


11:

Todos estos registros son integrados posteriormente en el procesado si empleamos software específico para este tipo de trabajos. El problema con que nos encontramos es que cada fabricante de sistemas de navegación suele emplear el suyo propio, por lo que si trabajamos con múltiples sensores y plataformas, necesitaremos disponer del software necesario para cada una.

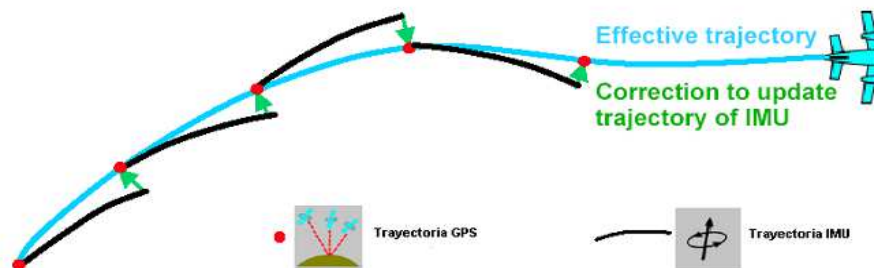
El problema se complica si pretendemos utilizar un software convencional para determinar los fotocentros, dado que con este software nosotros podemos calcular la posición de la antena con la precisión que la calidad de los observables nos permitan, pero para poder trasladar esta posición a la pupila de la cámara necesitaremos aplicar rotaciones y traslaciones, cosa que no veremos en este taller (si alguien se anima....)

Ilustración



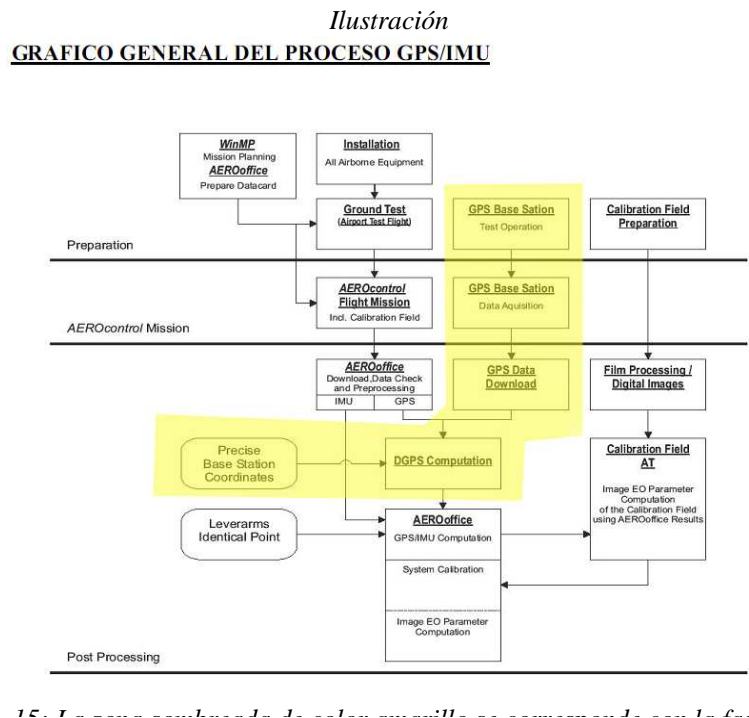
12: Caso "normal": plataforma nivelada, pero avión está colocado como buenamente se puede.

Ilustración



14: Trayectoria real del avión a lo largo del vuelo frente a a trayectoria IMU

Para hacernos una idea de lo que podemos calcular en este taller, nos fijamos en un esquema de procesamiento estándar en un flujo de trabajo convencional de una empresa de vuelo.



Vemos que con un software convencional solamente podemos calcular la trayectoria de la antena e interpolar la posición de los fotocentros posteriormente.

6. DATOS DE PARTIDA

Los datos que vamos a emplear en este taller de procesamiento han sido obtenidos durante la ejecución del proyecto PNOA 2009 en Asturias.

Los datos fundamentales de partida son:

- Observables GNSS de la/s estaciones de referencia en tierra que nos servirán como soporte al procesamiento.
- Coordenadas ECEF de las estaciones de referencia sobre ETRS89.
- Observables GPS del sistema inercial montado sobre la plataforma cinemática, el avión en nuestro caso.

- Efemérides precisas de la constelación de satélites.
- Ficheros IONEX en el caso de que los utilizáramos.
- Perfecto conocimiento de los modelos de antena empleados, tanto para las estaciones en tierra como para la antena montada en el avión.
- Alturas de antena de las estaciones de referencia.
- Esquema de montaje de la antena sobre el avión.
- Fichero de eventos generado por el obturador de la cámara.
- Fichero de tiempos de obturación por si fuera necesaria su corrección.

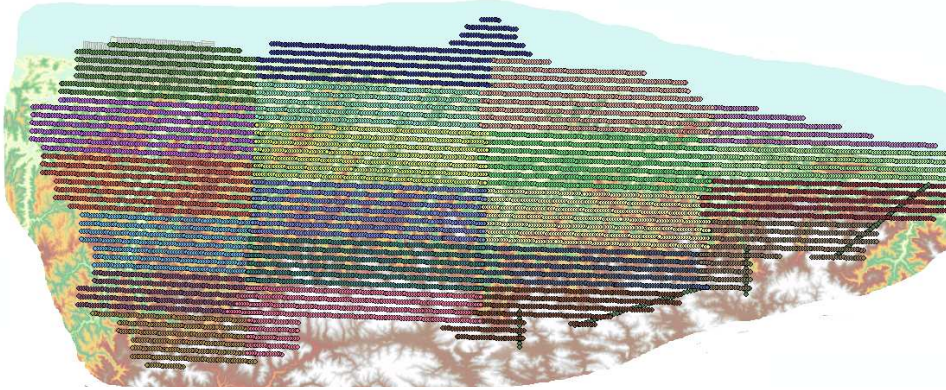
6.1. Características del vuelo.

Ilustración



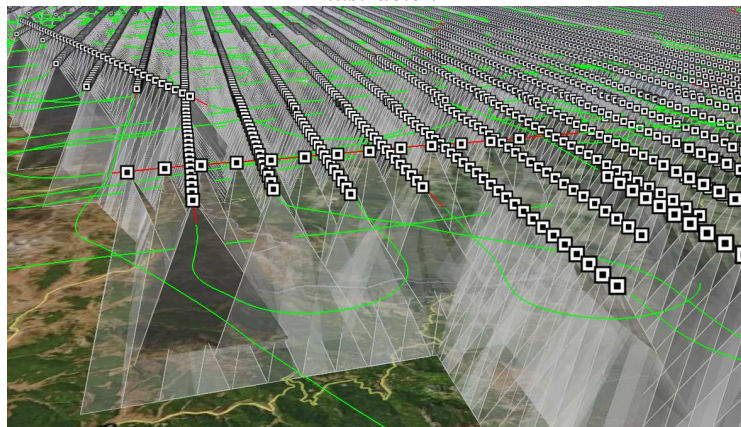
- GSD planificado: 22 cm.

Ilustración



- Recubrimientos planificados: 80/40

Ilustración



- Avión: Avión Bimotor CESSNA 310 RII

Ilustración



- Cámara Ultracam X.

Ilustración



6.2. Equipo GNSS

- Antena Novatel 502. Es importante conocer este dato, ya que tendremos que ir a buscar los offset del centro de fase de esta antena a la base de datos del NGS como veremos en un capítulo posterior.

Ilustración

NovAtel L1/L2 GPSAntenna[®]
Model 512 Rev 2
- User Information -



21:

- Equipo GPS

El equipo GPS está formado por una tarjeta OEM integrada dentro del equipo IMU.

Ilustración



22:

Placa Novatel L1/L2 Milenium integrada

6.3. Ficheros de observación

1.1.1. Formato Novatel.

Los observables registrados por el receptor GNSS utilizado son almacenados en ficheros binarios con una duración equivalente al tiempo de vuelo. Veremos un poco más adelante como transformarlos en ficheros RINEX estándar mediante una aplicación propietaria de Novatel para poder cargarlos con el software de postproceso.

1.1.2. Formato Rinex.

Los datos GNSS se transformarán en formato RINEX, que es un formato ASCII para compartir las medidas GNSS. El acrónimo en inglés significa (Formato independiente de intercambio de datos de Navegación). Los datos RINEX se componen de las observaciones sobre el terreno de todos los satélites GNSS visibles en ese momento, con un intervalo de registro determinado (en nuestro caso tendremos datos a medio y un segundo). En cada época el receptor guarda los observables para cada satélite visible, normalmente esto son medidas a 12 o más satélites cada época.

- Las observaciones a cada satélite para cada época incluyen:
- C1 (un pseudo-rango derivado de la señal en la frecuencia L1)
- P1 (un segundo pseudo-rango derivado de la señal en la frecuencia L1)
- P2 (un pseudo-rango derivado de la señal en la frecuencia L2)
- L1 (número de ciclos de fase en la frecuencia L1)
- L2 (número de ciclos de fase en la frecuencia L2)
- S1 (el valor del ruido de la señal en la frecuencia L1)
- S2 (el valor del ruido de la señal en la frecuencia L2)

Las medidas GNSS de cada estación o antena GNSS se pueden usar para hacer Posicionamiento Preciso, para hacer ajustes de redes de antenas o para hacer estimaciones completas de los sistemas GNSS (órbitas, relojes, etc.).

En el fichero se incluyen todos los metadatos referentes al punto observado junto con los observables GNSS. Existen varias versiones, pero nosotros vamos a trabajar con la 2.10. Para más información sobre el contenido del fichero recomiendo visitar:

<http://gps.wva.net/html.common/rinex.html>

1.1.3. Efemérides precisas.

Las efemérides precisas de satélites GNSS son determinadas en base a los datos recogidos por sus estaciones de referencia distribuidas por todo el globo terrestre y de las cuales existen dos tipos de soluciones.

Una primera solución rápida (código igr) se calcula después de acabar cada día, y una vez los Centros de Análisis de Datos del IGS han recogido, de todas las estaciones de referencia, los datos GNSS registrados por las mismas durante el día anterior. Esta solución rápida igr está disponible 17 horas después del final del día correspondiente (24h UTC), y tiene una precisión que el propio IGS estima en mejor que 5 cm. en cada una de sus tres componentes geocéntricas (X,Y,Z). Su actualización en este servidor es diaria. Esta precisión tiene, en general, un impacto mínimo en la solución de los cálculos GNSS en post-proceso para la mayoría de los usos en Topografía y Cartografía, y pueden ser usadas perfectamente para un posicionamiento muy preciso, con la ventaja de poder realizar el cálculo GPS sólo con 24 horas de retraso una vez recogidos los datos en campo. No obstante, será preferible la utilización de la solución final siempre que ésta esté disponible.

La solución final de las efemérides de precisión que procesa el IGS, código igs, resulta de una combinación ponderada de todos sus Centros de Análisis, siendo su actualización semanal y no está disponible hasta 13 días después de concluida la semana GPS, a las 24 horas UTC de cada sábado.

Ya sea la solución igr o la solución igs, archivadas en archivos diarios (de 0:00 a 23:45 UTC) en el formato ASCII universal SP3 que contiene las posiciones geocéntricas X, Y, Z, así como las correcciones a sus relojes en intervalos de 15 minutos. Las posiciones están referidas al Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) compatible con WGS84 para la mayoría de los proyectos.

Para localizar las efemérides precisas para cada sesión de procesamiento emplearemos la herramienta Web:

<http://www.rvdi.com/freebies/gpscalendar.html>

Ilustración

GNSS Calendar

Click on a date in one of the calendars to display data

Wednesday, June 23, 2010 (UTC)

Julian Day Number: **2455370.5**

Day of Year: **174**

GPS Week: **1589**

GPS Week Number: **15893**

GPS Final Orbits (IGS): [igs15893.sp3.Z](#)

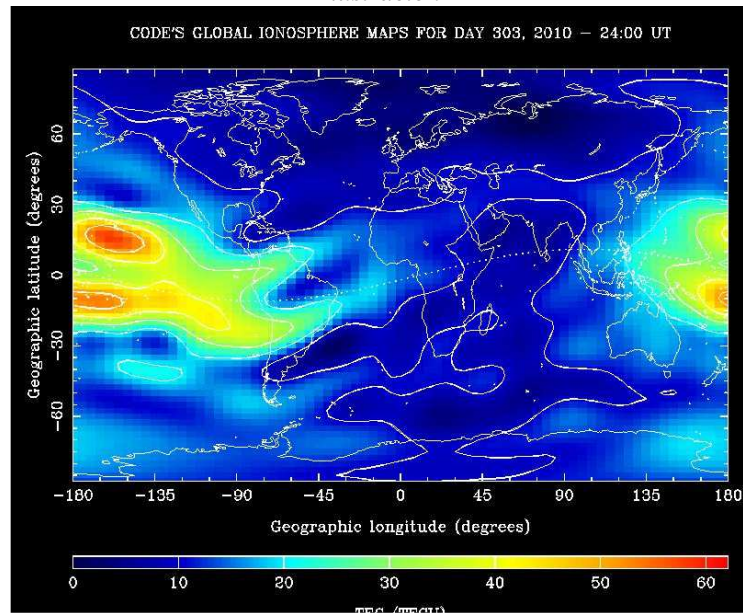
GLONASS Final Orbits (CDDIS): [igl15893.sp3.Z](#)

JANUARY 2010					FEBRUARY 2010							MARCH 2010							APRIL 2010				
Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th
			1	2	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					1		
5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8
12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15
18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22

1.1.4. Modelos de ionosfera.

El formato de intercambio para modelos ionosféricos se denomina IONEX (IONosphere map EXchange format). Este es un formato estándar de archivos utilizado para intercambiar mapas TEC (Total Electron Content o Contenido total de electrones) bi- y tridimensionales, dados en una cuadrícula geográfica. Los archivos IONEX son generados de manera regular, y publicados en la página web de la universidad de Berna y del IGS.

Ilustración



Los mapas ionosféricos (TEC y RMS) son dados en una trama de referencia fija en la tierra y son especificados para cada época. Están basados en observaciones de la estación de referencia y están disponibles en forma de mapas de previsión rápidos y precisos.

1.1.5. Fichero de eventos.

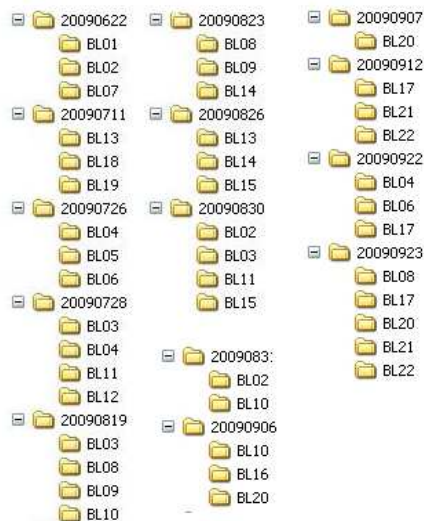
Fichero ASCII que contiene el tiempo en el que se efectuaron cada uno de los fotogramas del vuelo. El formato es tabular con el número de fotograma en la primera columna y los segundos GPS de toma en la segunda columna

Ilustración

```
1743 137425.84024
1744 137432.65051
1745 137439.36539
1746 137445.93702
1747 137452.54548
1748 137459.04180
1749 137465.63099
1750 137472.23602
1751 137479.03058
1752 137485.72847
1753 137492.42754
1754 137499.12840
1755 137505.73246
1756 137512.43259
1757 137519.22637
1758 137525.92372
1759 137532.71850
1760 137539.52662
1761 137546.22633
1762 137819.46514
1763 137825.86649
1764 137832.25404
1765 137838.85931
1766 137845.26293
1767 137851.75806
25:
```

Tendremos un fichero por bloque de vuelo y sesión de procesamiento. Aquí se muestran los directorios correspondientes a cada una de las sesiones de procesamiento.

Ilustración



Veremos más adelante que este formato no es válido para emplearlo en el Trimble Total Control, por lo que será necesario transformarlo.

1.1.6. Correcciones en disparos.

En algunos casos es necesario realizar una corrección en el tiempo de disparo debido al tiempo de apertura del obturador de la cámara. En función de la altura de vuelo y otros condicionantes es necesario aplicarlo o no. Adjunto se muestra parte de un fichero de correcciones.

Ilustración

Photo 8235	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	008)	no change
Photo 8236	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	007)	no change
Photo 8237	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	006)	no change
Photo 8238	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	005)	no change
Photo 8239	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	004)	no change
Photo 8240	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	003)	no change
Photo 8241	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	002)	no change
Photo 8242	(09_0327A	✓	B03	✓	036	✓	001)	no change
Photo 8243	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	001)	no change
Photo 8244	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	002)	no change
Photo 8245	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	003)	308152.0359s + 0.1ms = 308152.036
Photo 8246	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	004)	308158.4285s + 0.1ms = 308158.428
Photo 8247	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	005)	308164.9208s + 0.1ms = 308164.920
Photo 8248	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	006)	308171.3841s + 0.1ms = 308171.384
Photo 8249	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	007)	308177.7257s + 0.1ms = 308177.725
Photo 8250	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	008)	308184.1281s + 0.1ms = 308184.128
Photo 8251	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	009)	308190.5155s + 0.1ms = 308190.515
Photo 8252	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	010)	308196.9189s + 0.1ms = 308196.918
Photo 8253	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	011)	308203.4192s + 0.1ms = 308203.419
Photo 8254	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	012)	308209.9125s + 0.1ms = 308209.912
Photo 8255	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	013)	308216.5168s + 0.1ms = 308216.516
Photo 8256	(09_0327A	✓	B03	✓	039	✓	014)	308223.0126s + 0.1ms = 308223.012
Photo 8257	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	034)	308483.6667s + 0.1ms = 308483.666
Photo 8258	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	033)	308490.7548s + 0.1ms = 308490.754
Photo 8259	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	032)	no change
Photo 8260	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	031)	308504.7662s + 0.0ms = 308504.766
Photo 8261	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	030)	308511.7576s + 0.0ms = 308511.757
Photo 8262	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	029)	308518.8491s + 0.0ms = 308518.849
Photo 8263	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	028)	308525.8445s + 0.0ms = 308525.844
Photo 8264	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	027)	308532.8550s + 0.0ms = 308532.855
Photo 8265	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	026)	308539.9449s + 0.0ms = 308539.944
Photo 8266	(09_0327A	✓	B03	✓	035	✓	025)	308547.0448s + 0.0ms = 308547.044

2. SOFTWARE A EMPLEAR EN EL PROCESAMIENTO.

El software que emplearemos en este taller es el Trimble Total Control de la firma Trimble. Este programa ya tiene sus años y ya no dispone de soporte, sin embargo es una herramienta muy potente desde mi punto de vista, ya que tiene muchas utilidades que los programas existentes en la actualidad no disponen.

¿Por qué empleamos TTC?

- i. Porque es el que tenemos.
- ii. Porque es un software a mitad de camino entre producción e investigación.
- iii. Porque permite este tipo de procesamientos.

En mi caso trabajaré con una licencia educativa, pero sugiero al lector de este tutorial que busque en Internet, ya que es posible descargar bien de la página de Trimble o de algún distribuidor una versión demostración del software que podremos emplear para desarrollar el tutorial, cambiando los datos del taller por los datos ejemplo que se distribuyen con el programa.

Ilustración



La interface del programa es muy sencilla e intuitiva.

Ilustración



3. METODOLOGIA DE TRABAJO,

A partir de aquí vamos a empezar con la parte más práctica, por lo que trabajaremos con casos prácticos, concretamente con los datos del día 11 de julio de 2009 correspondientes al bloque 13 de la planificación.

3.1. Búsqueda de datos necesarios en Internet.

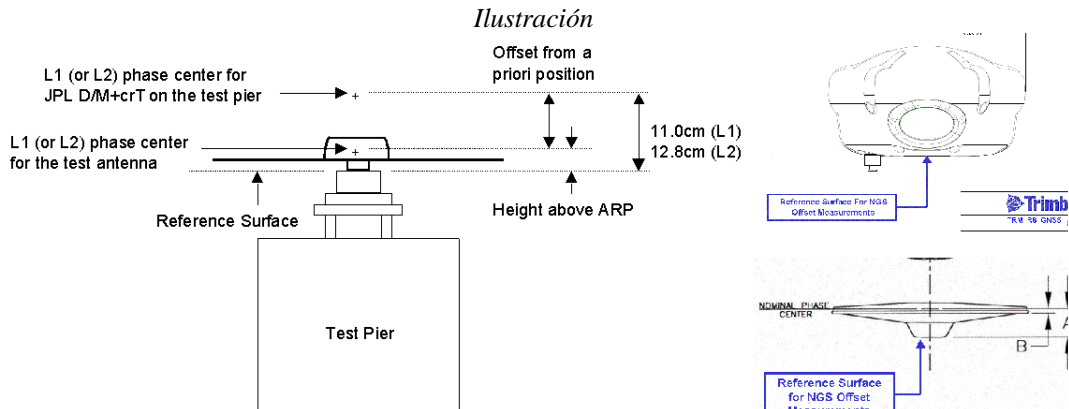
Antes de iniciar el procesamiento cinemático, es necesario descargar una serie de datos de Internet para poder realizar un procesamiento preciso.

3.1.1. Descarga de calibraciones de antena.

Debemos conocer los modelos de antena empleados por los receptores para poder introducir el modelo de antena en el TTC si este no lo tuviera implementado por defecto. Este apartado solamente sería necesario en el caso de que al cargar los datos en el programa este mostrara unos mensajes de advertencia sobre antena desconocida.

El gráfico que se muestra a continuación es bastante significativo, y nos muestra claramente porque es necesario conocer el modelo de antena de forma exacta, dado que no todas las antenas son idénticas y los offset desde el plano de referencia altimétrica hasta el centro de fase de la antena son muy variados.

Para saber qué modelo de antenas estamos utilizando, editamos primeramente un fichero RINEX de cada una de las estaciones de referencia que voy a emplear. Esto se puede hacer con



cualquier editor de texto plano, como por ejemplo el NotePad++.

Ilustración

2.1 OBSERVATION DATA										G (GPS)		RINEX VERSION / TYPE	
GPSNet 2.51 2653				11-Jul-09 07:59:45				PGM / RUN BY / DATE					
RIBE								MARKER NAME					
0007								MARKER NUMBER					
4636121869				TRIMBLE NETRS				Rev 1.20 / Boot 1		REC # / TYPE / VERS			
0				TRM55971.00 TZGD						RCV CLOCK OFFS APPL			
4618539.3220				-408516.8140 4365145.3053						ANT # / TYPE			
0.0000				0.0000 0.0000						APPROX POSITION XYZ			
1 1 0										ANTENNA: DELTA H/E/K			
8 C1 P2				L1 L2 S1 S2 D1 D2						WAVELENGTH FACT L1/2			
0.500										# / TYPES OF OBSERV			
2009 7 11				8 0 0.0000000				GPS		INTERVAL			
										TIME OF FIRST OBS			
										END OF HEADER			
09 7 11 8 0				0.0000000 0 9G08G25G29G02G10G24G13G04G07									
21512037.789				21512031.711 -19316616.61707 -14309231.02947						51.000			
39.000				0.000 0.000									
21785405.711				21785399.723 -14763982.47407 -10414596.92547						49.000			
38.000				0.000 0.000									
25455926.625				25455921.070 -2066917.17604 -639609.17445						39.000			
19.000				0.000 0.000									

En estos ficheros podemos ver el tipo de receptor que se ha utilizado en dichas estaciones, así como el modelo de antena mediante su identificador único en la base de calibraciones del NGS (National Geodetic Survey). Es responsabilidad de los organismos generadores de productos GNSS el emplear la notación oficial NGS/IGS para evitar dudas o confusiones entre sus usuarios. Normalmente nos encontraremos en la página web oficial del organismo con imágenes de cada una de las antenas instaladas para cada ubicación de receptor GNSS.

En la dirección <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> podemos encontrar la antena modelo TRM55971.00 TZGD de la firma Trimble. En el proyecto ejemplo que vamos a procesar tres antenas el mismo modelo, y una cuarta emplea otro modelo más antiguo. Es necesario comprobar esto en cada una de las sesiones de procesamiento. Aquí se muestra como comprobar un modelo en

Ilustración

GPS Antenna Calibration

Calibrated Antennas:

- [Antcom Corporation \(ACC\)](#)
- [AeroAntenna \(AER\)](#)
- [Allen Osborne Associates \(AOA, NGS, JPL\)](#)
- [ALTUS Positioning Systems \(APS\)](#)
- [Ashtech \(ASH, THA\)](#)
- [DataGrid International \(DGR\)](#)
- [Gutec AB \(GUT\)](#)
- [Hemisphere GPS \(HEM\)](#)
- [Javad \(JAV, JNS, JPS\)](#)
- [Leica \(LEI\)](#)
- [Macrometer \(MAC\)](#)
- [Magellan Professional \(MAG\)](#)
- [Micro Pulse \(MPL\)](#)
- [NavCom \(NAV\)](#)
- [NovAtel \(NOV\)](#)
- [Sensor Systems \(SEN\)](#)
- [Septentrio Satellite Navigation \(SEP\)](#)
- [Sokkia \(SOK\)](#)
- [Spectra Precision \(SPP\)](#)
- [Thales Navigation \(ASH, THA\)](#)
- [Topcon \(TOP, TPS\)](#)
- [Trimble \(TRM\)](#)



Antenna testing facility in Corb

concreto.

Ilustración

Trimble Zephyr Geodetic L1/L2 +RD w/ USCG mount	TRM41249USCG...SCIT
Trimble Receiver+Internal microcentered antenna	TRM4800.....
Trimble Trimble Choke Ring P/N:49700-00	TRM49700.00....NONE
Trimble Zephyr (L1) A3	TRM53406.00....
Trimble Zephyr GNSS (GPS/GLONASS)	TRM55970.00....
Trimble Zephyr GNSS Geodetic Model 2	TRM55971.00....
Trimble Zephyr GNSS Geod Mod2, radome p/n:0020	TRM55971.00....SCIT
Trimble Zephyr GNSS Geod. Model 2, p/n: 55971-00	TRM55971.00....TZGD
Trimble Zephyr GNSS (GPS/GLONASS)	TRM57970.00....NONE
Trimble CONVERTED FROM ABSOLUTE igs05_1480.atx	TRM57971.00....NONE
Trimble Receiver+Antenna	TRM5800.....
Trimble GNSS CHOKE RING, RF CONNECTOR TO NORTH	TRM59800.00....NONE
Trimble GNSS CHOKE RING, RF CONNECTOR TO NORTH	TRM59800.00....SCIS
Trimble GNSS CHOKE RING, RF CONNECTOR TO NORTH	TRM59800.00....SCIT

Si pinchamos en el enlace, podemos ver los datos correspondientes a la calibración de antena, así como fotografías de la antena (en este caso no están disponibles).

Ilustración

```

TRM55971.00      TZGD Zephyr GNSS Geod. Model 2, p/n: 55971-00 NGS ( 2) 06/07/1
  1.1            0.9            85.6
  0.0  0.9  1.9  3.0  4.0  5.0  5.8  6.4  6.8  6.9
  6.7  6.0  5.0  3.5  1.6 -0.9 -3.8  0.0  0.0
  0.7            0.9            70.0
  0.0 -0.4 -0.5 -0.3  0.0  0.4  0.7  1.0  1.2  1.3
  1.2  0.9  0.4 -0.2 -1.1 -2.0 -3.1  0.0  0.0

RMS MM (1 SIGMA)  2 MEASUREMENTS
  0.2            0.2            0.5
  0.0  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.2  0.2  0.1  0.1
  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.2  0.2  0.0  0.0
  0.4            0.2            0.1
  0.0  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1
  0.1  0.1  0.1  0.1  0.1  0.2  0.3  0.0  0.0
    
```



Podríamos copiar los datos en un fichero de texto con formato plano, pero es más fácil descargarnos el fichero http://www.ngs.noaa.gov/cgi-bin/showdoc.prl?Data=GPS/ant_info.003 en el cual tenemos todas las calibraciones realizadas por el NGS hasta la fecha de hoy.

Ilustración

```

.7 .8 .9 1.1 1.3 1.4 1.4 .0 .0
-.7 -.1 127.3
.0 -.3 -.4 -.5 -.6 -.6 -.6 -.6 -.6
-.6 -.6 -.5 -.5 -.3 -.1 .2 .0 .0
TRM33429.00+GP L1/L2 microcentered Geodetic +GP NGS ( 8) 97/10/27
-.2 1.2 74.0
.0 3.9 7.6 11.1 14.1 16.5 18.3 19.2 19.5 19.1
18.1 16.6 14.9 13.0 11.5 10.4 10.2 .0 .0
.6 .9 70.3
.0 .6 1.4 2.4 3.4 4.4 5.1 5.6 5.8 5.7
5.3 4.7 3.9 3.0 2.1 1.4 .9 .0 .0
TRM33429.00-GP L1/L2 microcentered Geodetic -GP NGS ( 4) 01/06/20
-.1 -.4 80.5
.0 .7 1.8 3.0 4.2 5.3 6.4 7.2 7.8 8.1
8.0 7.6 6.8 5.6 4.1 2.2 .0 .0 .0
.8 -.9 79.4
.0 -.1 .1 .6 1.2 1.9 2.6 3.3 3.7 4.0
4.1 3.9 3.4 2.5 1.4 -.2 -2.0 .0 .0
TRM33429.20+GP L1/L2 microcentered Geodetic +GP NGS ( 3) 01/08/29
-.4 -1.0 72.9
.0 4.8 9.3 13.3 16.6 19.3 21.2 22.3 22.7 22.5
21.8 20.6 19.3 18.0 16.9 16.4 16.7 .0 .0
-.4 -1.3 75.0
.0 .3 .9 1.6 2.2 2.9 3.4 3.8 4.0 4.1
3.9 3.6 3.2 2.7 2.2 1.8 1.5 .0 .0
TRM33429.20-GP L1/L2 microcentered Geodetic -GP NGS ( 3) 02/12/05
    
```

El formato de almacenamiento de calibraciones para cada uno de los receptores es el siguiente:

En el caso de Trimble TTC tendremos que transformarlo para poder adaptarlo al formato utilizado por Trimble (solamente en el caso de que la antena no estuviera ya almacenada en la base

Ilustración

ANTENNA ID	DESCRIPTION	DATA SOURCE (# OF TESTS)	YR/MO/L
[north] [east] [up]			L1 Offset (mm)
[90] [85] [80] [75] [70] [65] [60] [55] [50] [45]			L1 Phase at
[40] [35] [30] [25] [20] [15] [10] [5] [0]			Elevation (mm)
[north] [east] [up]			L2 Offset (mm)
[90] [85] [80] [75] [70] [65] [60] [55] [50] [45]			L2 Phase at
[40] [35] [30] [25] [20] [15] [10] [5] [0]			Elevation (mm)

de datos del programa). En el caso de otros programas es común el disponer de alguna herramienta que importa directamente el fichero descargado. Editaremos siempre el fichero descargado y nos quedaremos solamente con aquellas antenas que nos interesan, para facilitar las tareas de importación (esto para cualquier software, ya que nos evitará trabajos innecesarios).

Comprobamos que la antena ya está almacenada en la base de datos del programa, y si lo está, comprobamos que las calibraciones coinciden. Para eso vamos a la carpeta "...Archivos de Programa\Common Files\Trimble\Config", carpeta donde se almacenan las calibraciones de antena. En esta carpeta nos encontramos con un fichero denominado Antenna.ini, el cual editamos con un editor de texto. Dentro del buscamos "TRM55971.00 TZGD" y vemos que existe un modelo ya registrado, así como los ficheros que nos interesa revisar dentro del directorio.

Ilustración

```
[Zephyr Geodetic 2 w/Dome]
Name=Zephyr Geodetic 2 w/Dome
DCName=ZephyrGeoM2+Dome
Manufacturer=Trimble
Class=Survey
PartNumber=55971-00
CharCode=GW
Type=191
MeasMethod0=0.00000,0.08546,0.00000,"Base del soporte de la antena"
MeasMethod1=0.16981,0.04111,0.00000,"Base de la muesca"
RINEXMethod=0
RINEXName=TRM55971.00 TZGD
RINEXName=TRM55971.00+rd
PhaseCorrTable=t5597110.pct
NGSCorrTable=t5597110.ngs
IFECorrTable=t5597100tzgd.ife
Freq=2
LowVoltage=1
GraphicsFile=55971_10.jpg
IGSAntenna=TRM55971.00
IGSDome=TZGD
```

Podemos ver, que el fichero que contiene la calibración NGS de esta antena es el t5597110.ngs, así que lo editamos con un editor de texto y lo comparamos con la calibración extraída del fichero del NGS.

Ilustración

```

PCT converted from <ant_info_003> <BGK-06/09/14=210>
:Processor name      : pctconvert v1.5
:Creation time       : Mon Sep 25 11:00:20 2006
:Calibrated antenna : Zephyr Geodetic - Model 2 w/Dome

:Mean phase center (mm)
L1NominalOffset = 1.1 0.9 0.1
L2NominalOffset = 0.7 0.9 -15.5

:Elevation range (deg)
ElevationRange = 0 90 5

:Azimuth step size (deg)
AzimuthStep = 0

:Azimuth/elevation corrections (mm)
AZ=0
:L1
0.0 0.0 -3.8 -0.9 1.6 3.5 5.0 6.0 6.7 6.9
6.8 6.4 5.8 5.0 4.0 3.0 1.9 0.9 0.0
:L2
0.0 0.0 -3.1 -2.0 -1.1 -0.2 0.4 0.9 1.2 1.3
1.2 1.0 0.7 0.4 0.0 -0.3 -0.5 -0.4 0.0

BASE DATOS TRIMBLE
    
```

```

TRM55971-00 TZGD Zephyr GNSS Geod. Model 2, p/n: 55971-00 NGS ( 2) 06/07/1
1.1 0.9 85.6
0.0 0.9 1.9 3.0 4.0 5.0 5.8 6.4 6.8 6.9
6.7 6.0 5.0 3.5 1.6 -0.9 -3.8 0.0 0.0
0.7 0.9 70.0
0.0 -0.4 -0.5 -0.3 0.0 0.4 0.7 1.0 1.2 1.3
1.2 0.9 0.4 -0.2 -1.1 -2.0 -3.1 0.0 0.0

BASE DE DATOS NGS
    
```

**DATO IMPORTANTE:
TRIMBLE INICIA DE 0-90
YA VIMOS ANTES EN LA
DESCRIPCIÓN DEL
FORMATO, QUE EL NGS
INICIA DE 90°-0°**

Como se puede comprobar, las calibraciones coinciden, si tenemos en cuenta que la forma de almacenar los datos de ambos es diferente.

Para la antena del avión hacemos lo mismo. Sabemos que hemos utilizado el modelo NOV512, por lo que la localización de la misma forma para comprobar que es la que estoy utilizando.

Ilustración

NOV512	Aviation L1/L2										NGS (1) 03/05/
.3		2.8		27.2							
.0	2.2	3.6	4.4	4.7	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	
4.9	4.8	4.6	4.2	3.3	1.7	-.7	.0	.0			
-.4		-3.3		33.2							
.0	4.4	7.0	8.3	8.6	8.3	7.7	7.0	6.3	5.9		
5.7	5.8	6.2	6.7	7.3	7.7	7.8	.0	.0			

RMS MM	(1 SIGMA)	1	MEASUREMENT							
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0



Recomiendo la lectura de <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/images/summary.html> en la que se explica la metodología seguida por el NGS durante la calibración de antenas.

3.1.2. Descarga de efemérides precisas.

Como ya he comentado antes, para descargar las efemérides precisas iremos a la página <http://www.rvdi.com/freebies/gpscalendar.html>, seleccionamos el año, mes y día y nos aparecerán los dos ficheros de efemérides precisas disponibles, el correspondiente a la constelación de satélites GPS y el de GLONASS.

Descargamos exclusivamente el fichero igs15396.sp3.Z, ya que los receptores solamente han

Ilustración
GNSS Calendar

Click on a date in one of the calendars to display data
Saturday, July 11, 2009 (UTC)
 Julian Day Number: **2455023.5** Day of Year: **192**
 GPS Week: **1539** GPS Week Number: **15396**
 GPS Final Orbits (IGS): [igs15396.sp3.Z](#)
 GLONASS Final Orbits (CDDIS): [igl15396.sp3.Z](#)

JANUARY 2009							FEBRUARY 2009							MARCH 2009							APRIL 2009								
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa		
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4		
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11		
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18		
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25		
25	26	27	28	29	30	31								29	30	31	26	27	28	29	30								
MAY 2009							JUNE 2009							JULY 2009							AUGUST 2009								
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa		
				1	2		1	2	3	4	5	6				1	2	3	4							1			
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8		
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15		
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22		
24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	26	27	28	29	30	31	23	24	25	26	27	28	29	23	24	25	26	27	28	29
31														30	31	30	31												
SEPTEMBER 2009							OCTOBER 2009							NOVEMBER 2009							DECEMBER 2009								
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa	Su	M	Tu	W	Th	F	Sa		
		1	2	3	4	5			1	2	3		1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5			
6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12		
13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19		
20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26		
27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31	29	30	27	28	29	30	31									

registrado observables GPS. Almacenamos el fichero en la carpeta SP3 de nuestro proyecto.

Podemos ver que la web nos da información adicional sobre el día de observación. Esta información nos será útil para buscar los ficheros de ionosfera.

- Julian Day Number: 2455023.5
- Day of Year: 192
- GPS Week: 1539
- GPS Week Number: 15396

El actual formato de efemérides precisas no es compatible con la última versión de TTC 2.7, por lo que será necesario transformar dichas efemérides a un formato anterior (veremos esto en el apartado siguiente).

3.1.3. Descarga de modelo de ionosfera.

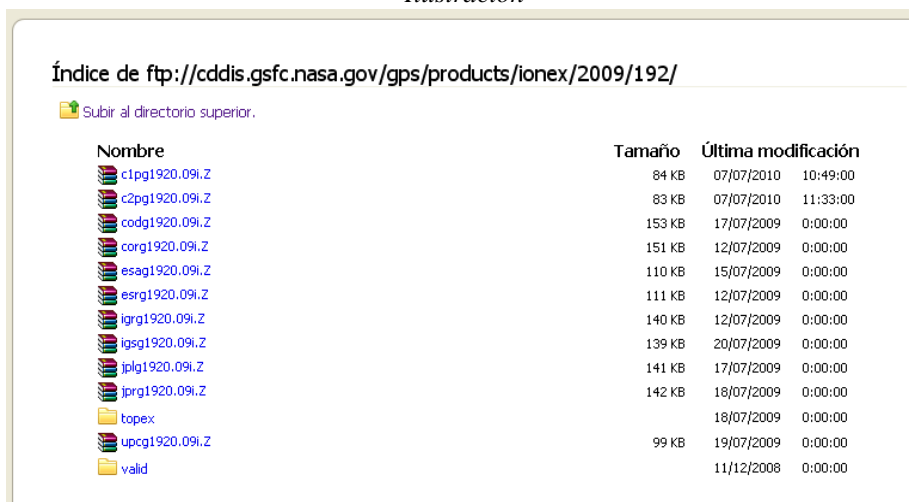
Como ya sabemos, la actividad ionosférica ejerce una gran influencia sobre los observables GNSS, por lo que si podemos utilizar modelos calculados de alta precisión nos va a permitir reducir esta o mejorar los resultados dentro de lo posible.

Para descargar el fichero o ficheros de modelos de ionosfera iremos a la FTP del IGS

<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/>

en la cual encontraremos los diferentes modelos existentes para el día de la observación. Aquí no puedo decir cuál es el mejor. Recomiendo realizar diferentes pruebas para probarlos.

Ilustración



Índice de ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/2009/192/

Subir al directorio superior.

Nombre	Tamaño	Última modificación
c1pg1920.09i.Z	84 KB	07/07/2010 10:49:00
c2pg1920.09i.Z	83 KB	07/07/2010 11:33:00
codg1920.09i.Z	153 KB	17/07/2009 0:00:00
corg1920.09i.Z	151 KB	12/07/2009 0:00:00
esag1920.09i.Z	110 KB	15/07/2009 0:00:00
esrg1920.09i.Z	111 KB	12/07/2009 0:00:00
igrgr1920.09i.Z	140 KB	12/07/2009 0:00:00
igsgr1920.09i.Z	139 KB	20/07/2009 0:00:00
jplgr1920.09i.Z	141 KB	17/07/2009 0:00:00
jprgr1920.09i.Z	142 KB	18/07/2009 0:00:00
topeX		18/07/2009 0:00:00
upcg1920.09i.Z	99 KB	19/07/2009 0:00:00
valid		11/12/2008 0:00:00

Normalmente trabajo con el modelo generado por el IGS o por el laboratorio de la UPC GACE.

El fichero descargado es completamente compatible con TTC, por lo que no tendremos que realizar ninguna transformación de formatos.

Ilustración

```

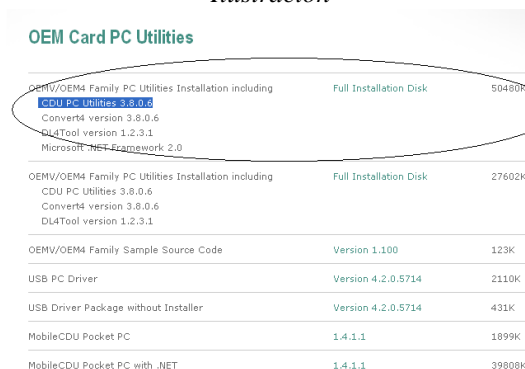
1.0 IONOSPHERE MAPS MIX IONEX VERSION / TYP
cmrcab v1.2 GRL/UUM 20-jul-09 08:08 PGM / RUN BY / DATE
ionex file containing IGS COMBINED Ionosphere maps COMMENT
global ionosphere maps for day 192, 2009 DESCRIPTION
IONEX file containing the COMBINED IGS TEC MAPS and DCBs DESCRIPTION
IONEX files of the following IAACs were combined: cod DESCRIPTION
esa DESCRIPTION
jpl DESCRIPTION
upc DESCRIPTION
Contact address: Andrzej Krankowski DESCRIPTION
Geodynamics Research Laboratory DESCRIPTION
University of Warmia and Mazury (GRL/UUM) DESCRIPTION
Oczapowski St. 1 DESCRIPTION
10-957-Olsztyn, POLAND DESCRIPTION
e-mail: kand@uwm.edu.pl DESCRIPTION
2009 7 11 0 0 0 EPOCH OF FIRST MAP
2009 7 12 0 0 0 EPOCH OF LAST MAP
7200 INTERVAL
13 # OF MAPS IN FILE
COSZ MAPPING FUNCTION
0.0 ELEVATION CUTOFF
combined TEC calculated as weighted mean of input TEC values OBSERVABLES USED
369 # OF STATIONS
32 # OF SATELLITES
6371.0 BASE RADIUS
2 MAP DIMENSION
450.0 450.0 0.0 HGT1 / HGT2 / DHGT
87.5 -87.5 -2.5 LAT1 / LAT2 / DLAT
-180.0 180.0 5.0 LON1 / LON2 / DLON
-1 EXPONENT
TEC values in 0.1 tec units: 9999, if no value available COMMENT
DCB values in nanoseconds, reference is Sum_of_SatDCBs = 0 COMMENT
DIFFERENTIAL CODE BIASES COMMENT
G01 2.385 0.282 PRN / BIAS / RMS
G02 5.284 0.028 PRN / BIAS / RMS
G03 -3.880 0.027 PRN / BIAS / RMS
    
```

3.2. Conversión de ficheros de formato Novatel a Rinex.

Los ficheros del avión han sido almacenados en formato binario Novatel, por lo que será necesario transformarlos. Para esta tarea utilizaremos la herramienta disponible a través de la página Web de Novatel mediante la cual podremos además de gestionar directamente un instrumento Novatel, transformar a diferentes formatos. La dirección de descarga:

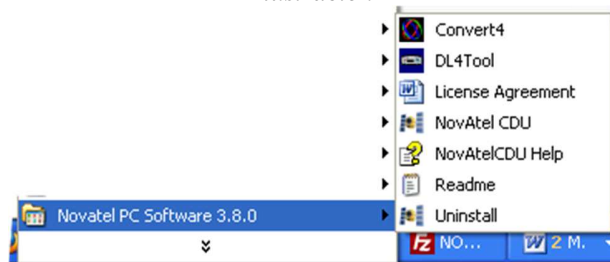
http://www.novatel.com/assets/Documents/Downloads/CDU_WithDotNet_Inst_3.8.0.6.exe

Ilustración



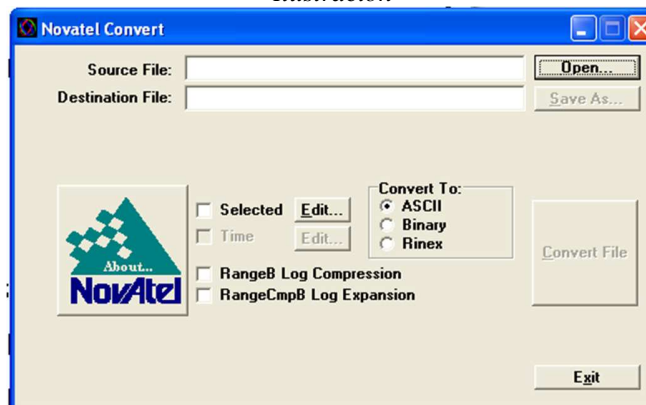
Una vez descargada e instalada la aplicación **CDU PC Utilities 3.8.0.6** iremos al menú e iniciamos la aplicación Convert4.

Ilustración



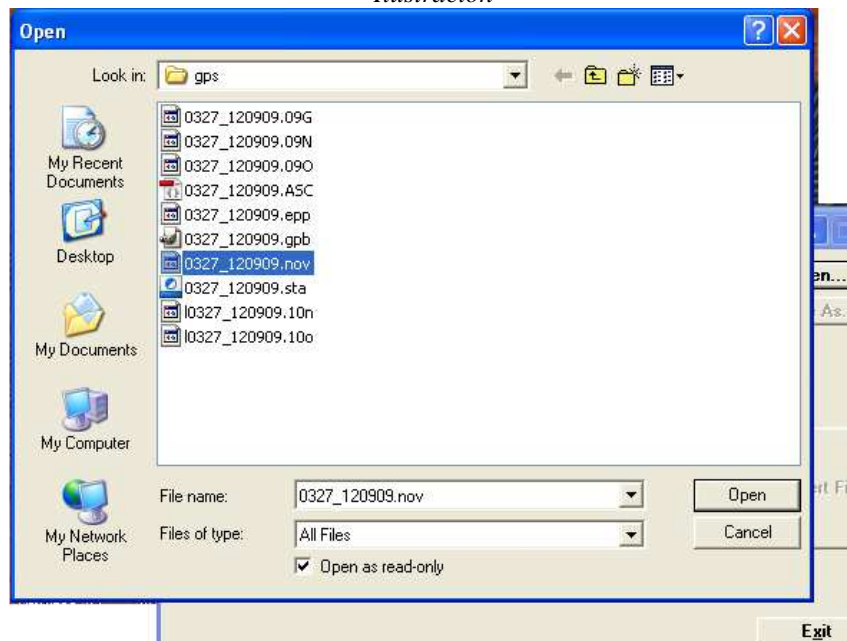
La aplicación es muy sencilla y con muy pocas opciones:

Ilustración



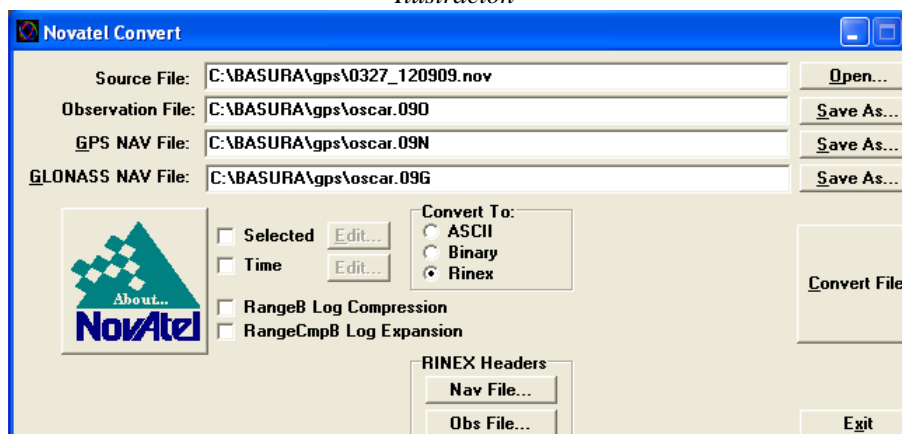
Seleccionamos el fichero en formato *.nov

Ilustración



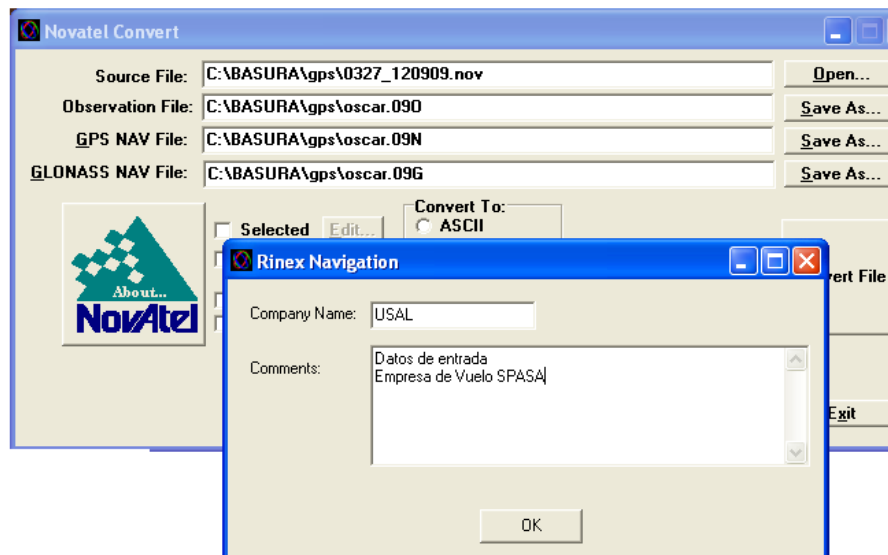
A continuación seleccionamos el formato de salida RINEX.

Ilustración



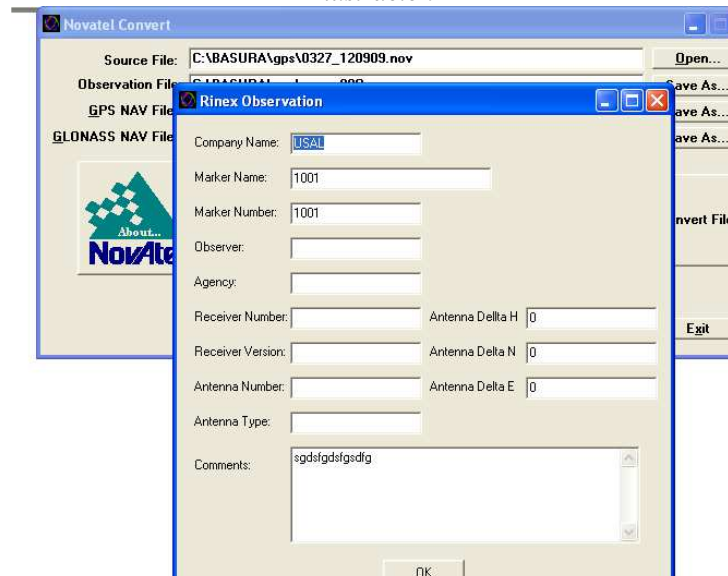
Si deseamos introducir metadatos en el fichero RINEX de salida pulsamos sobre los botones RINEX headers

Ilustración



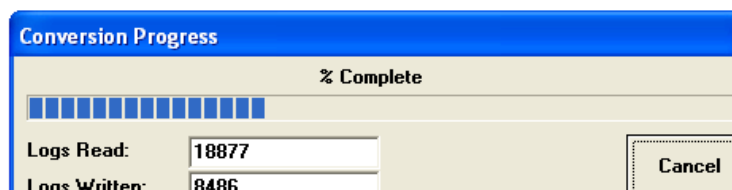
Este apartado es importante, ya que debemos indicar que tipos de antenas hemos utilizado durante el vuelo (introduciremos el ID NGS de la antena, NOV512). Deberíamos buscar el modelo de antena en la página web del IGS según se explica en un apartado posterior.

Ilustración



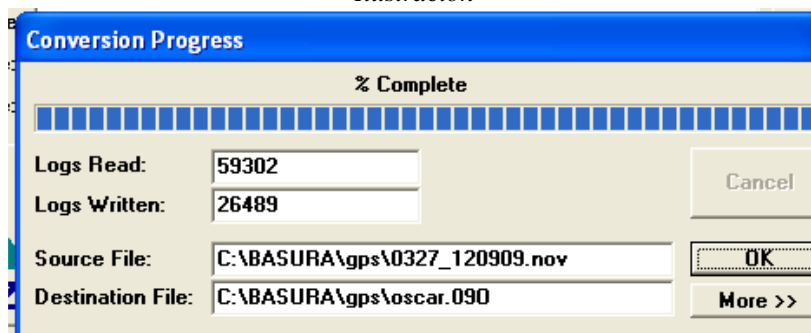
A continuación pulsamos el botón convertir.

Ilustración



Apareciéndonos un mensaje informativo al final de la transformación con los registros leídos y almacenados.

Ilustración



El fichero generado será el que empleemos en el procesamiento.

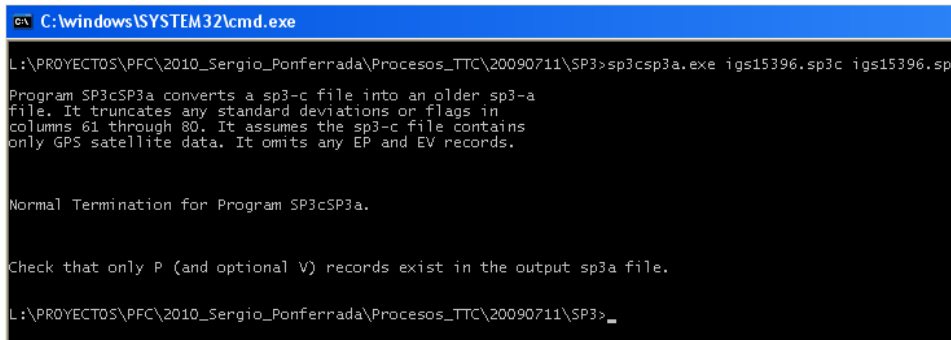
3.3. Conversión de ficheros de formato sp3c a sp3a.

Las efemérides precisas actuales se proporcionan en formato sp3c, una variación del formato sp3 original, mientras que el TTC al ser un software con unos años ya no entiende este formato, por lo que tendremos que realizar la transformación entre formatos. Para ello iremos a la dirección <http://www.ngs.noaa.gov/orbits/Utilities/NT/> y nos descargamos el fichero **sp3csp3a.exe**.

Una vez descargado podemos colocarlo en una ruta conocida y añadir dicha ruta al PATH del sistema o directamente colocarlo en la carpeta donde nos hemos descargado las efemérides precisas y ejecutarlo directamente en esta ruta. Para realizar la transformación, renombramos el fichero descargado igs15396.sp3 y lo denominamos igs15396.sp3c. A continuación abrimos una ventana de comandos y ejecutamos la orden **"sp3csp3a.exe igs15396.sp3c igs15396.sp3"**, siendo el resultado

algo parecido a la siguiente ilustración.

Ilustración



```
C:\windows\SYSTEM32\cmd.exe
L:\PROYECTOS\PFC\2010_Sergio_Ponferrada\Procesos_TTC\20090711\SP3>sp3csp3a.exe igs15396.sp3c igs15396.sp3a
Program SP3cSP3a converts a sp3-c file into an older sp3-a
file. It truncates any standard deviations or flags in
columns 61 through 80. It assumes the sp3-c file contains
only GPS satellite data. It omits any EP and EV records.

Normal Termination for Program SP3cSP3a.

Check that only P (and optional V) records exist in the output sp3a file.

L:\PROYECTOS\PFC\2010_Sergio_Ponferrada\Procesos_TTC\20090711\SP3>_
```

El nuevo fichero generado ya será compatible con TTC 2.7. Esto puede ocurrir con otros programas antiguos que estemos utilizando.

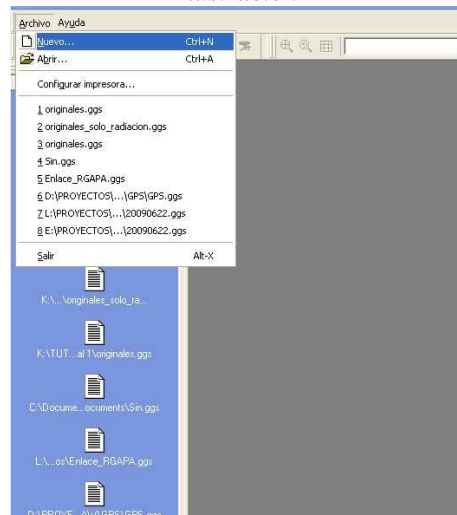
Para saber un poco más del nuevo formato visitar <http://www.ngs.noaa.gov/orbits/sp3c.txt>

3.4. Definición del proyecto. plantillas de procesamiento.

El concepto de plantilla es similar al de otros programas. En la plantilla configuramos todos los parámetros que son comunes a todos los proyectos y la salvamos con un nombre conocido. A partir de ahí, cada vez que necesitamos crear un proyecto nuevo nos basaremos en esta plantilla.

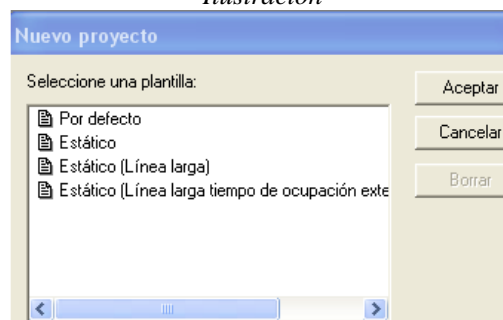
Creamos un proyecto nuevo.

Ilustración



Seleccionamos la plantilla por defecto estándar.

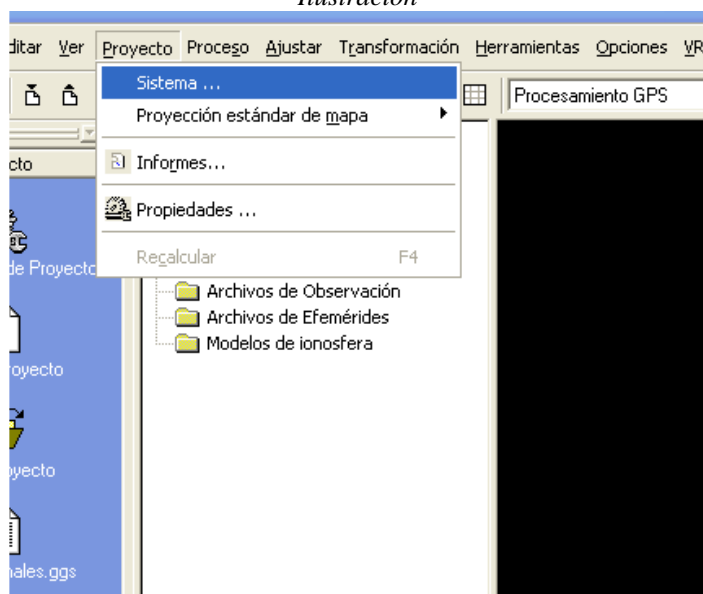
Ilustración



Cambiamos el sistema de referencia y la proyección del proyecto.

Seleccionamos la que nos interese en función del huso en el que nos encontremos. Como

Ilustración



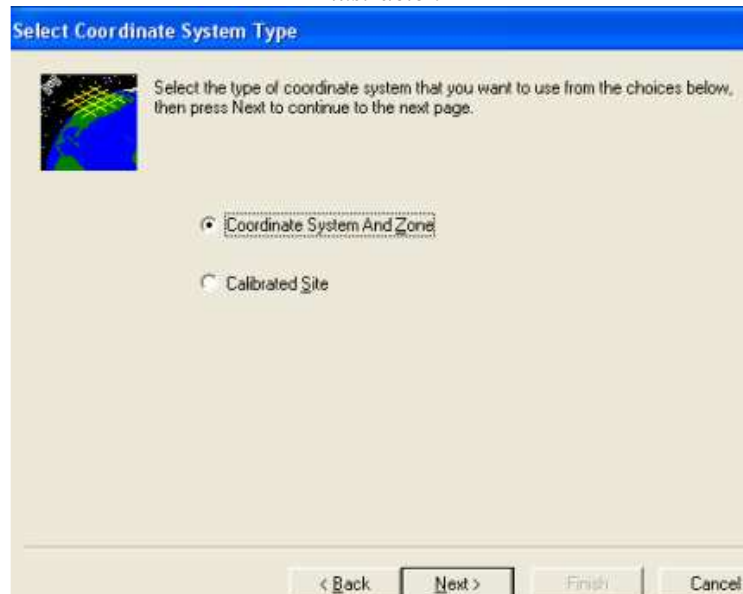
sistema de referencia geodésico emplearemos ETRS89.

Ilustración



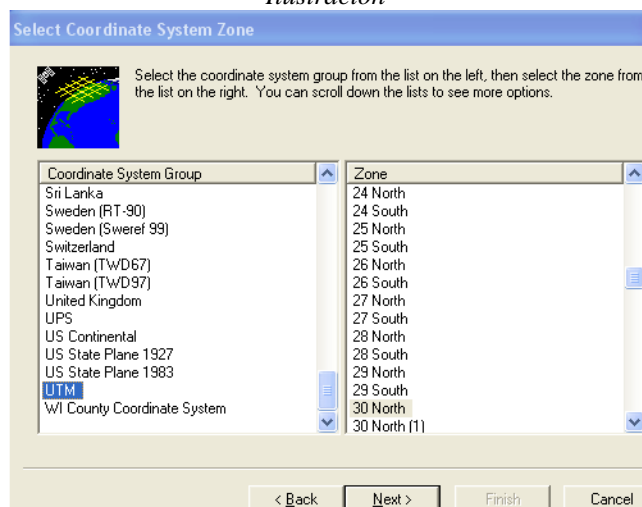
Podemos seleccionar uno de la biblioteca o crearlo si fuera necesario.

Ilustración



En mi caso lo selecciono de la biblioteca, ya que lo tengo creado de alguna otra ocasión anterior.

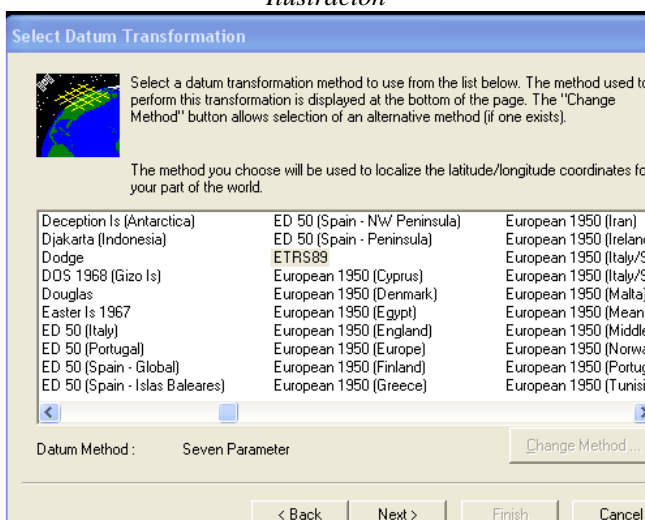
Ilustración



Selecciono el sistema de referencia geodésico.

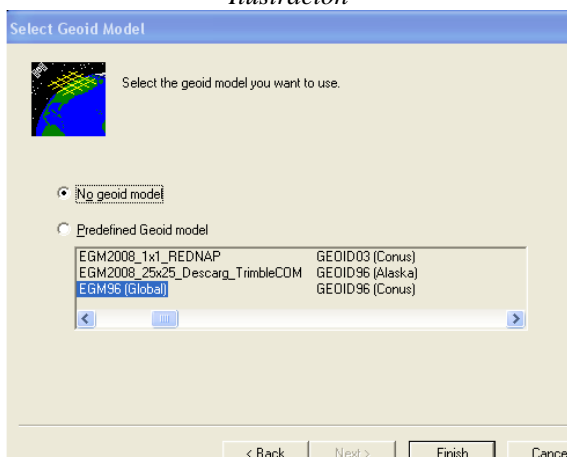
No selecciono ningún elipsoide, ya que los resultados los quiero obtener en altitudes

Ilustración



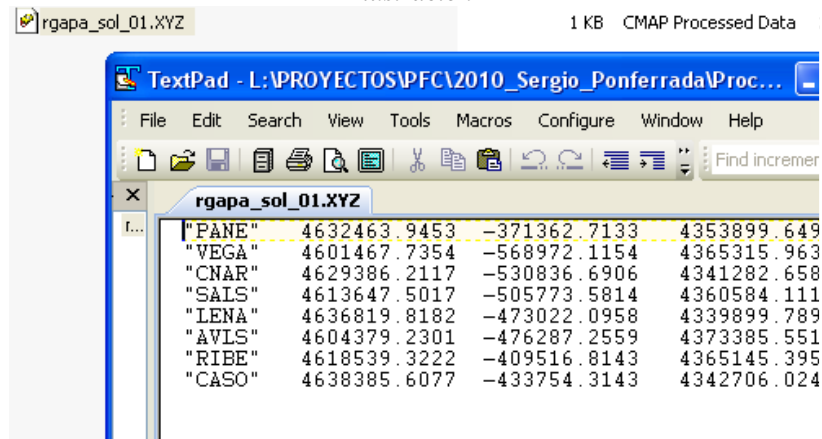
elipsoidales para transformarlos con alguna herramienta externa.

Ilustración



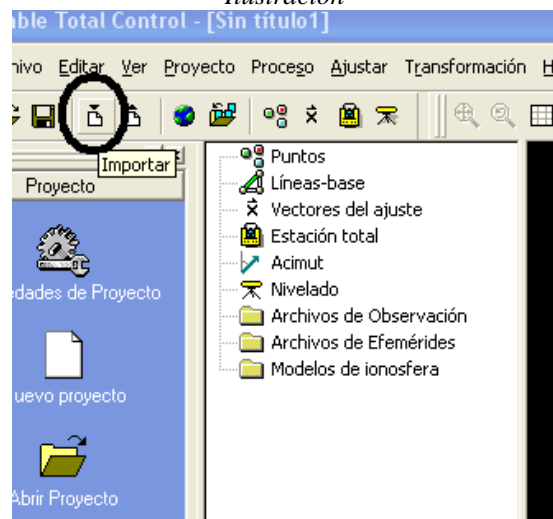
Importamos las coordenadas de las estaciones de referencia que vamos a emplear en el proyecto. Estas están almacenadas en un fichero de extensión *.xyz con formato ECEF-ETRS89.

Ilustración



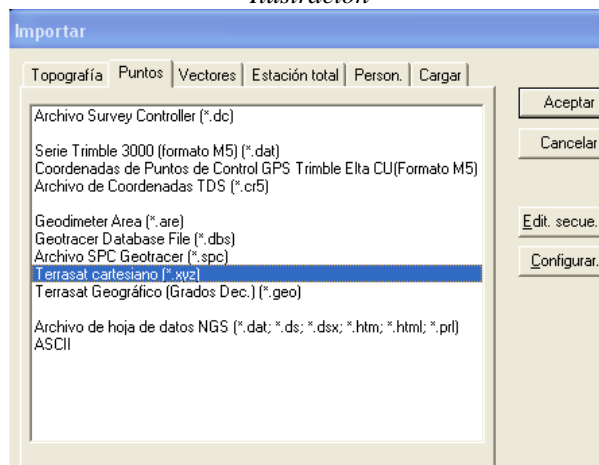
Seleccionamos el icono importar.

Ilustración



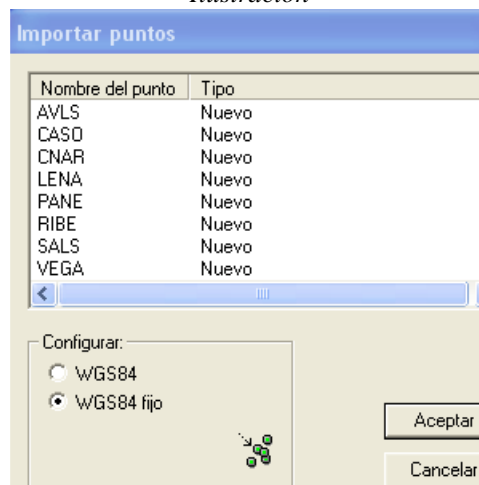
Selecciono el formato de importación de puntos en ECEF.

Ilustración



Le indicamos que todos los puntos importados van a ser puntos fijos en un ajuste 3D.

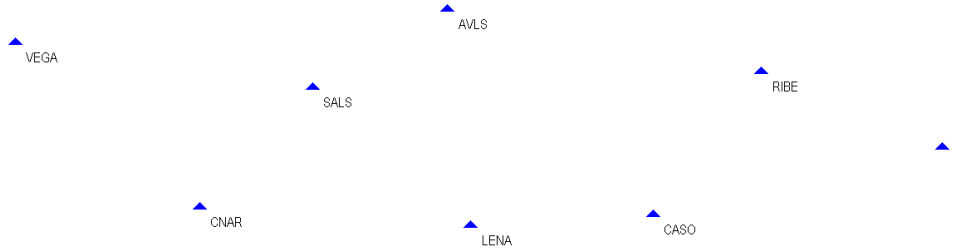
Ilustración



Ya tenemos todos los puntos cargados en el proyecto y definidos como puntos fijos.

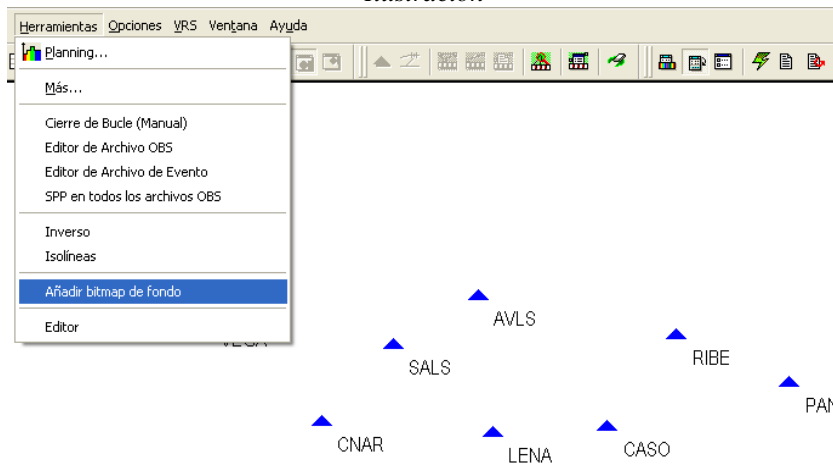
Podemos cargar una imagen de fondo si disponemos de una imagen georeferenciada de la que

Ilustración



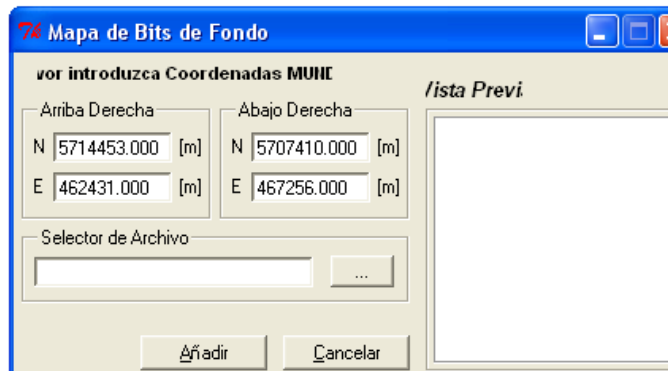
conocemos las coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha.

Ilustración



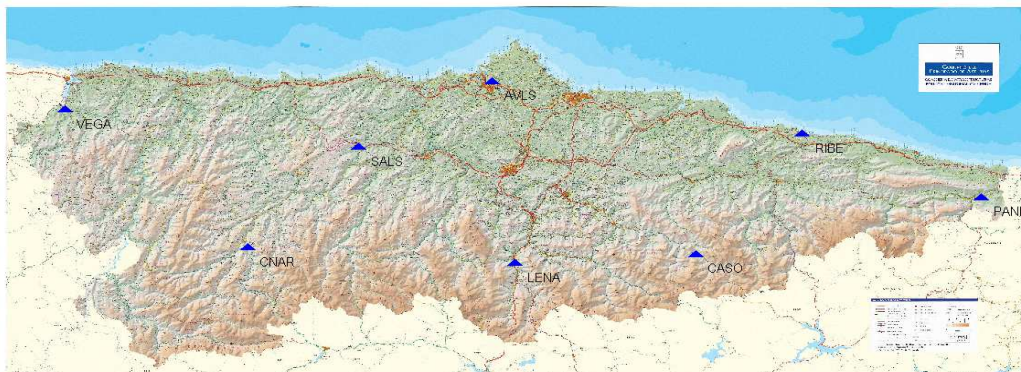
Introducimos las coordenadas de la esquina superior izquierda y la inferior derecha. Seleccionamos la imagen en formato Bitmap.

Ilustración



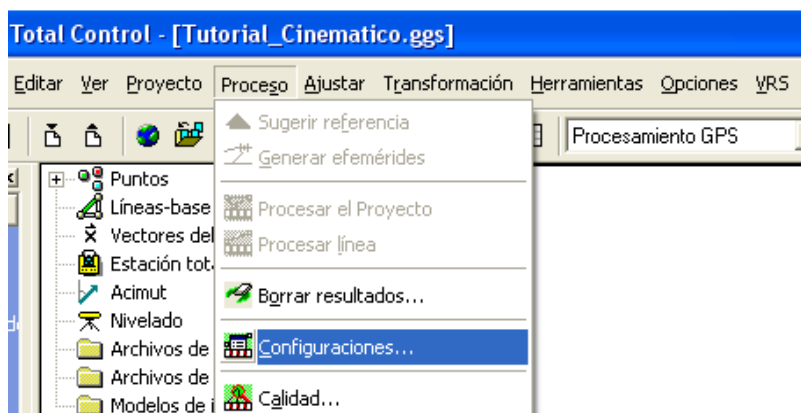
Pulsamos añadir y ya tenemos una imagen de fondo que nos servirá como referencia en todos nuestros procesamientos.

Ilustración



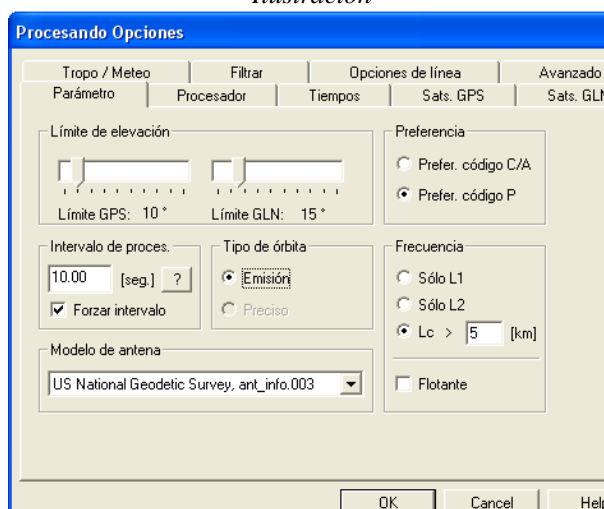
Ahora vamos a configurar los parámetros de procesamiento que nos interesan. Algunos parámetros solamente podremos configurarlos cuando tengamos cargada la información propia del proyecto.

Ilustración



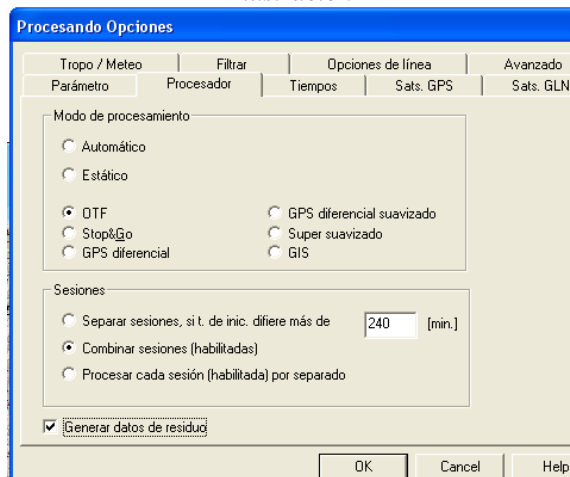
Intervalo de procesamiento a 1 segundo forzando intervalo. El modelo de antena NGS. El resto por defecto. No podemos seleccionar de momento efemérides precisas porque no tenemos ningún archivo cargado en el proyecto. Deberé cambiar este parámetro en cada procesamiento.

Ilustración



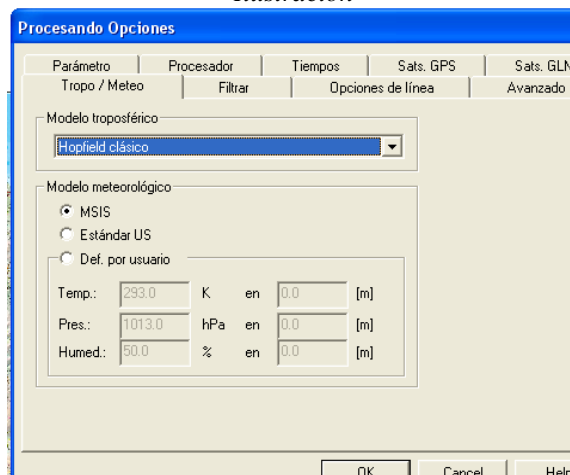
Estilo de procesamiento OTF (Ambiguity Resolution On the Fly), generar residuos y combinar sesiones (aquí se refiere a que si tenemos múltiples ficheros horarios, considerarlos como uno solo).

Ilustración



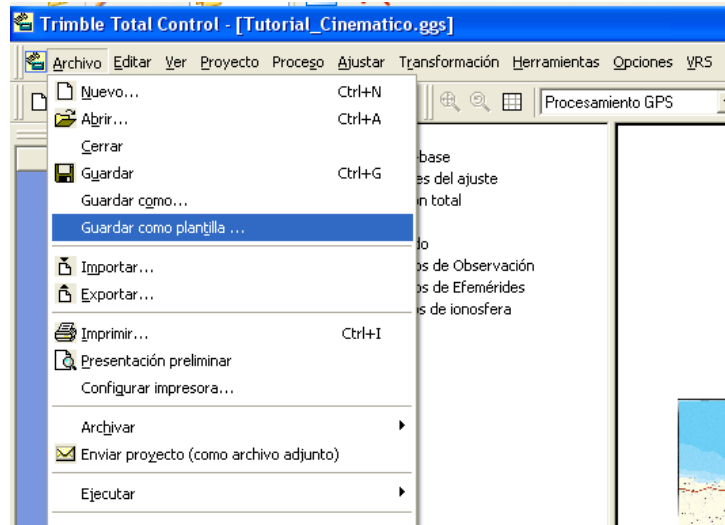
Aquí podríamos probar con diferentes modelos troposféricos, pero seleccionamos el clásico.

Ilustración



Finalmente almaceno el fichero como una plantilla.

Ilustración



Le asignamos un nombre y le decimos que se almacene con todos los puntos.

Ilustración

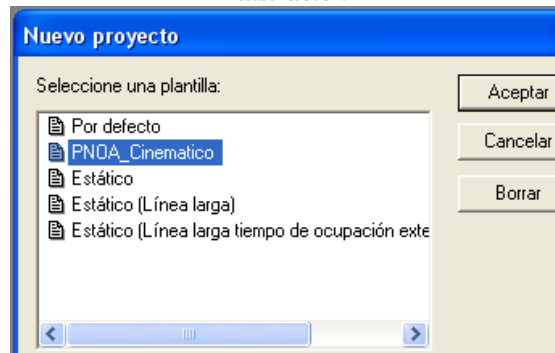


3.5.Carga de datos en el proyecto.

A continuación creamos un proyecto nuevo, pero esta vez seleccionamos como plantilla la que hemos generado.

Le damos el nombre por ejemplo del día de procesamiento y lo guardamos. A continuación

Ilustración

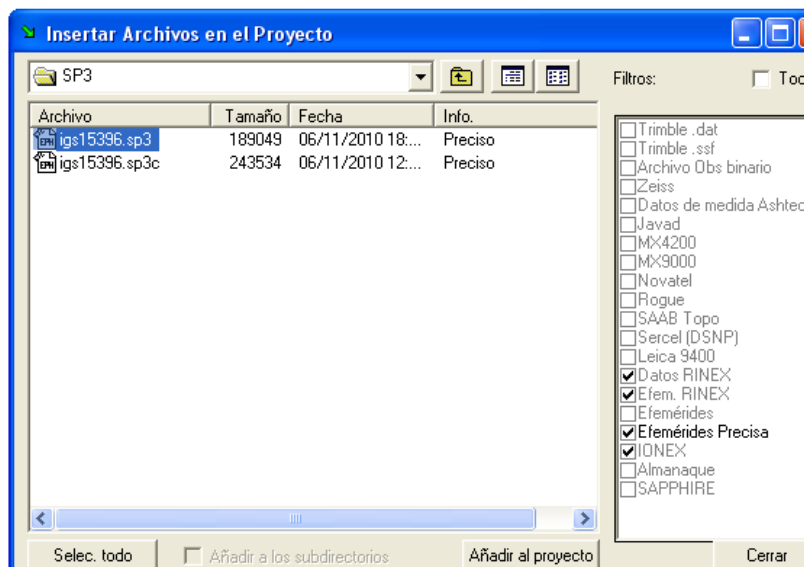


empezamos a cargar todos los datos disponibles.

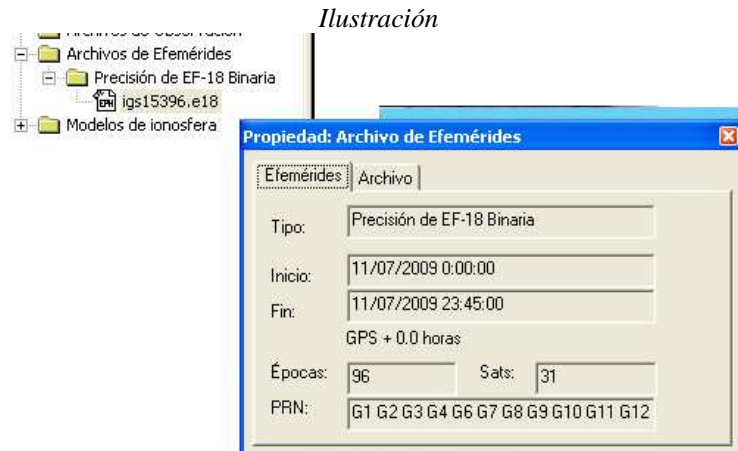
3.5.1. Efemérides precisas.

Seleccionamos el fichero transformado a SP3a anteriormente.

Ilustración

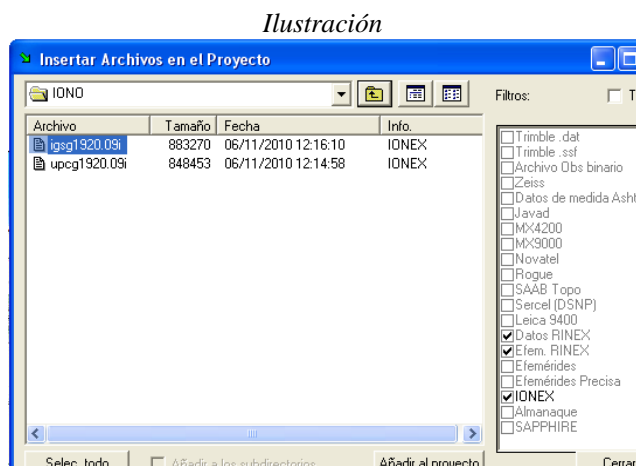


Tras seleccionar el fichero podemos comprobar en el menú lateral, que se ha cargado y transformado a un formato propio con extensión *.e18. Podemos ver las propiedades del fichero.

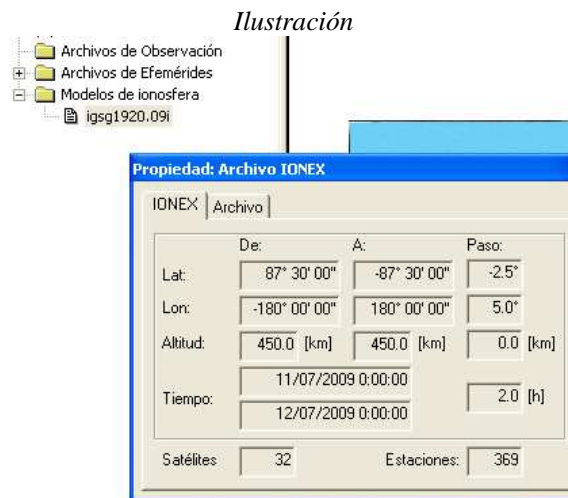


3.5.2. Fichero de ionosfera.

Seleccionamos el fichero descargado (en mi caso selecciono igs1920.09i de los dos descargados).



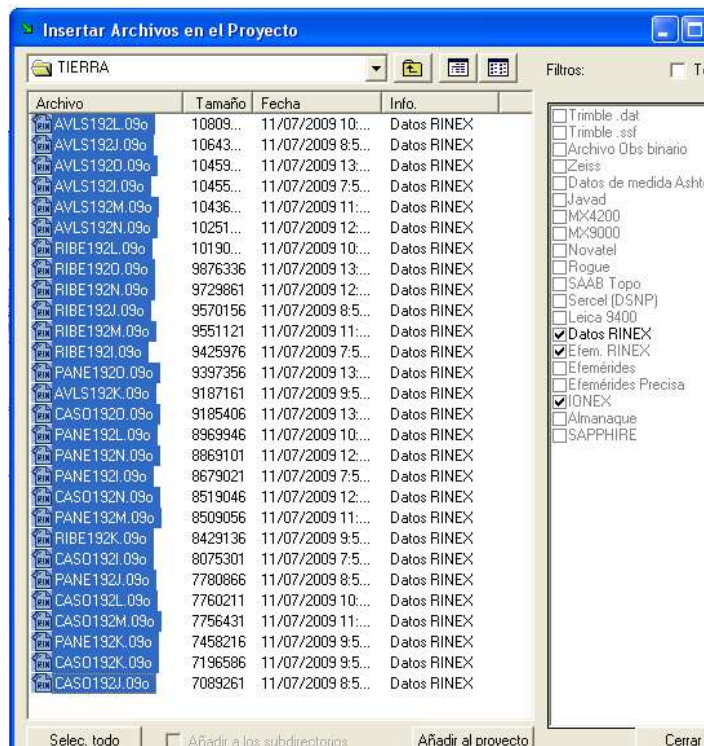
Tras seleccionar el fichero podemos comprobar en el menú lateral, que se ha cargado y podemos ver las propiedades del fichero.



3.5.3. Datos de estaciones de referencia en tierra.

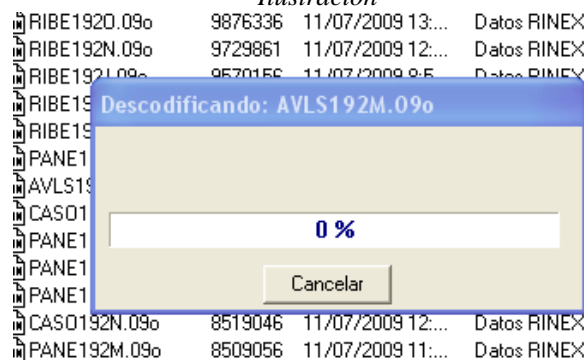
Selecciono los ficheros de las 4 estaciones de referencia que voy a considerar en tierra. Estos ficheros han sido descargados del servidor de la RGAPA (Red GNSS Activa del Principado de Asturias). Son ficheros horarios, por lo que tengo varios ficheros por estación de referencia.

Ilustración



Solamente se han descargado los ficheros RINEX necesarios, correspondientes a las horas de vuelo del avión.

Ilustración



Aparecerá un mensaje en el que se nos dice que está descodificando, generando un fichero de observables en formato propio. Una vez finalizado nos muestra una pantalla como la siguiente.

Seleccionamos en la parte inferior que emplee los modelos de antena del NGS. Como vemos,

Ilustración

	Nombre de	Nombre del Punto	Fabricante	Tipo	Medido hasta	H [m]	Nombre Original
1	AVLS192L.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
2	AVLS192J.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
3	AVLS192O.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
4	AVLS192I.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
5	AVLS192M.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
6	AVLS192N.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
7	RIBE192L.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
8	RIBE192O.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
9	RIBE192J.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
10	RIBE192N.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
11	RIBE192M.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
12	RIBE192I.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
13	PANE192O.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
14	AVLS192K.OBS	AVLS	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
15	CASO192O.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
16	PANE192L.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
17	PANE192N.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
18	PANE192I.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
19	CASO192N.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
20	PANE192M.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
21	RIBE192K.OBS	RIBE	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
22	CASO192I.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
23	PANE192J.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
24	CASO192L.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
25	CASO192M.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
26	PANE192K.OBS	PANE	Trimble	Zephyr Geodetic w/Radome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM41249.00	TZGD
27	CASO192K.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD
28	CASO192J.OBS	CASO	Trimble	Zephyr Geodetic 2 w/Dome	Base del soporte de la ant	0.000 TRM55971.00	TZGD

no aparece ninguna línea en rojo, lo que sería un indicador de que tenemos algún problema con el modelo de antena.

La información que nos da esta ventana es interesante, tanto de los puntos, tiempo de observación, modelo de antenas, modelo de receptores, etc.

Ilustración

	Nombre de	Nombre del Punto	Tiempo de Inicio	Intervalo [min]	Código	Info.
1	AVLS192L.OBS	AVLS	11/07/2009 11:00:00		59.99 0006	
2	AVLS192J.OBS	AVLS	11/07/2009 9:00:00		59.99 0006	
3	AVLS192O.OBS	AVLS	11/07/2009 14:00:00		59.99 0006	
4	AVLS192I.OBS	AVLS	11/07/2009 8:00:00		59.99 0006	
5	AVLS192M.OBS	AVLS	11/07/2009 12:00:00		59.99 0006	
6	AVLS192N.OBS	AVLS	11/07/2009 13:00:00		59.99 0006	
7	RIBE192L.OBS	RIBE	11/07/2009 11:00:00		59.99 0007	
8	RIBE192O.OBS	RIBE	11/07/2009 14:00:00		59.99 0007	
9	RIBE192N.OBS	RIBE	11/07/2009 13:00:00		59.99 0007	
10	RIBE192J.OBS	RIBE	11/07/2009 9:00:00		59.99 0007	
11	RIBE192M.OBS	RIBE	11/07/2009 12:00:00		59.99 0007	

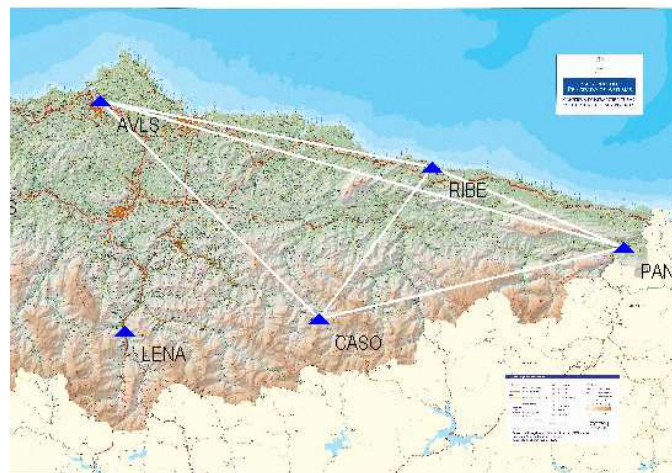
Como tenemos actualizada la base de datos de antenas y receptores, podemos comprobar que ha reconocido correctamente los receptores empleados.

Ilustración

Importación de Datos de Medida del Receptor						
	Nombre de	Nombre del Punto	Fabricante	Tipo	Nombre Original	
1	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192L.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
2	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192J.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
3	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192D.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
4	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192I.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
5	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192M.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
6	<input checked="" type="checkbox"/> AVLS192N.OBS	AVLS	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
7	<input checked="" type="checkbox"/> RIBE192L.OBS	RIBE	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
8	<input checked="" type="checkbox"/> RIBE192D.OBS	RIBE	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
9	<input checked="" type="checkbox"/> RIBE192N.OBS	RIBE	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
10	<input checked="" type="checkbox"/> RIBE192J.OBS	RIBE	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	
11	<input checked="" type="checkbox"/> RIBE192M.OBS	RIBE	Trimble	NetRS	TRIMBLE NETRS	

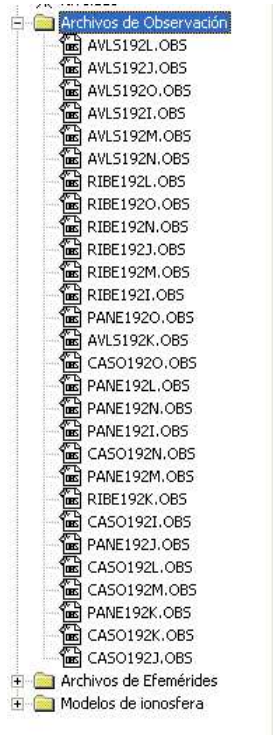
Tras aceptar, podemos comprobar que ha generado vectores entre las estaciones de referencia que vamos a utilizar en tierra. Igualmente podemos ver que se han cargado los ficheros generados durante la importación de observables.

Ilustración



Se genera un fichero *.OBS por cada fichero RINEX importado.

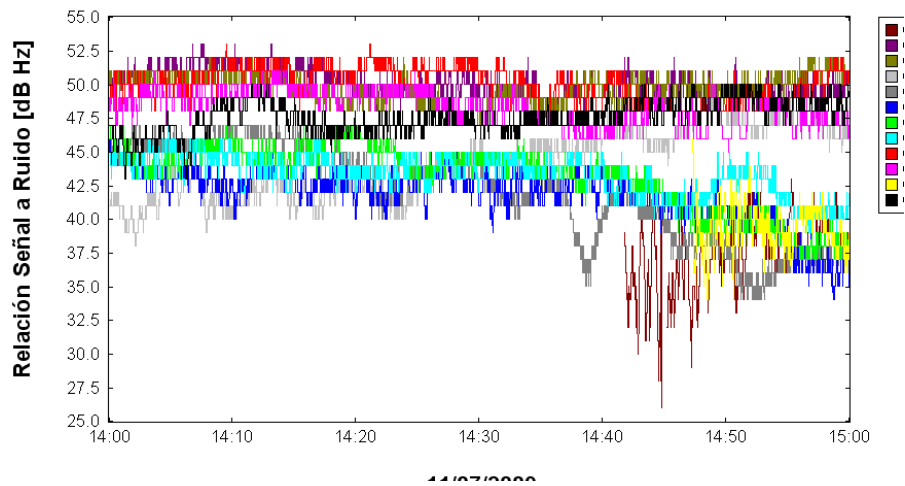
Ilustración



Estos ficheros OBS son visualizables gráficamente.

Ilustración

Relación Señal a Ruido



3.5.4. Datos del receptor del avión.

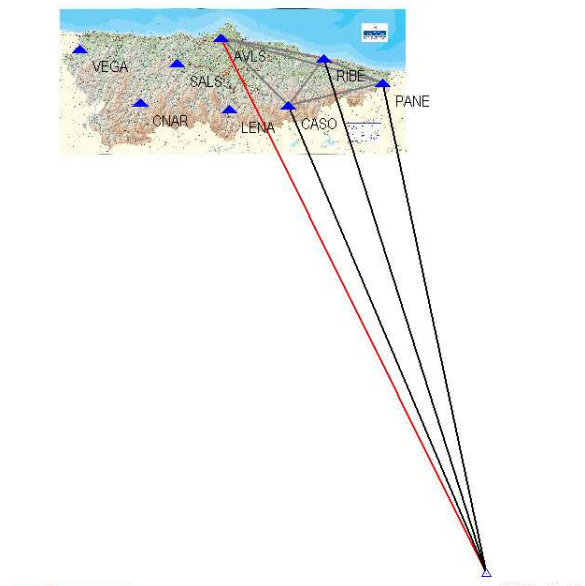
Ahora cargamos el fichero RINEX con la trayectoria del avión. Compruebo que la antena es reconocida igualmente por el programa.

Ilustración

	Nombre de	Nombre del Punto	Fabricante	Tipo	Medido hasta	H [m]	Nombre Original
1	0327_110709.OBS		AeroAntenna	AT2775-41	Base del soporte de la anti	0.000	NOV512

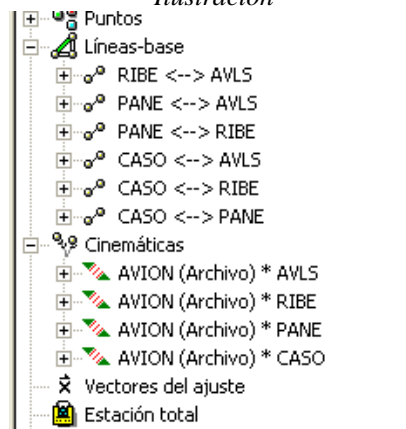
Como el punto no tiene ningún nombre le asigno uno sobre la marcha, denominándolo AVION. Si hago un zoom extensión, me ha quedado algo como esto, estando dentro de lo normal, es decir dibuja el primer punto de la cadena cinemático donde esta empieza, es decir, en el aeropuerto de Villanubla, Valladolid.

Ilustración



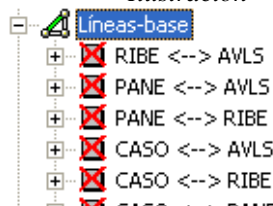
He cambiado el color de visualización de los vectores a negro para poder visualizarlos mejor en este documento.

Ilustración



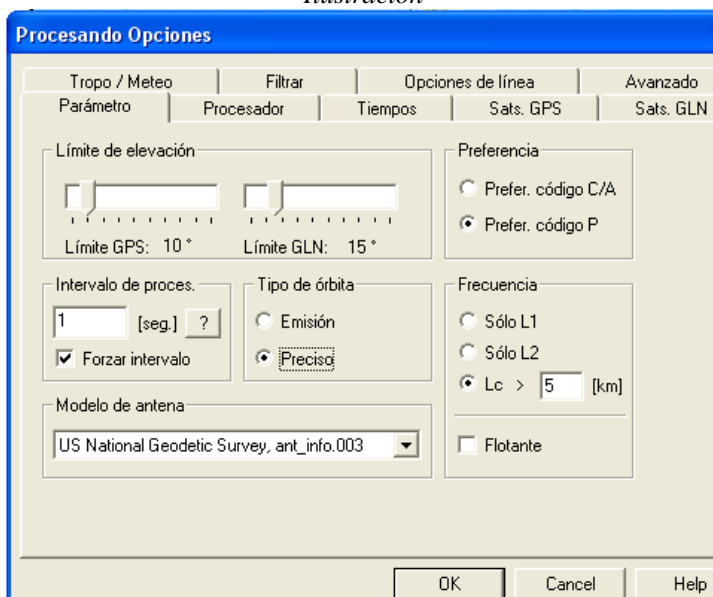
las estaciones de referencia son correctas. Si nos interesara comprobar esta circunstancia deberíamos hacerlo en otro proyecto con plantilla estática. Al deshabilitar los vectores me quedarán el menú lateral de la siguiente forma.

Ilustración

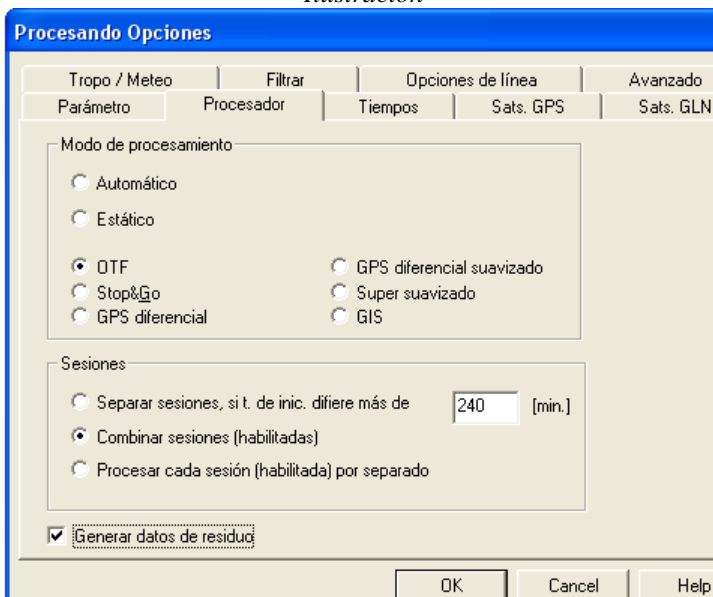


Ahora revisamos los parámetros de procesamiento visto anteriormente.

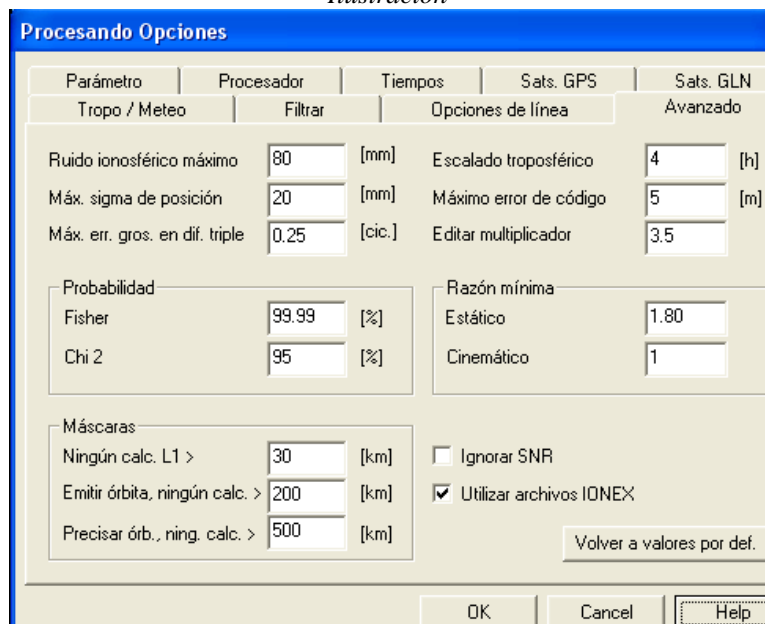
Ilustración



Ilustración

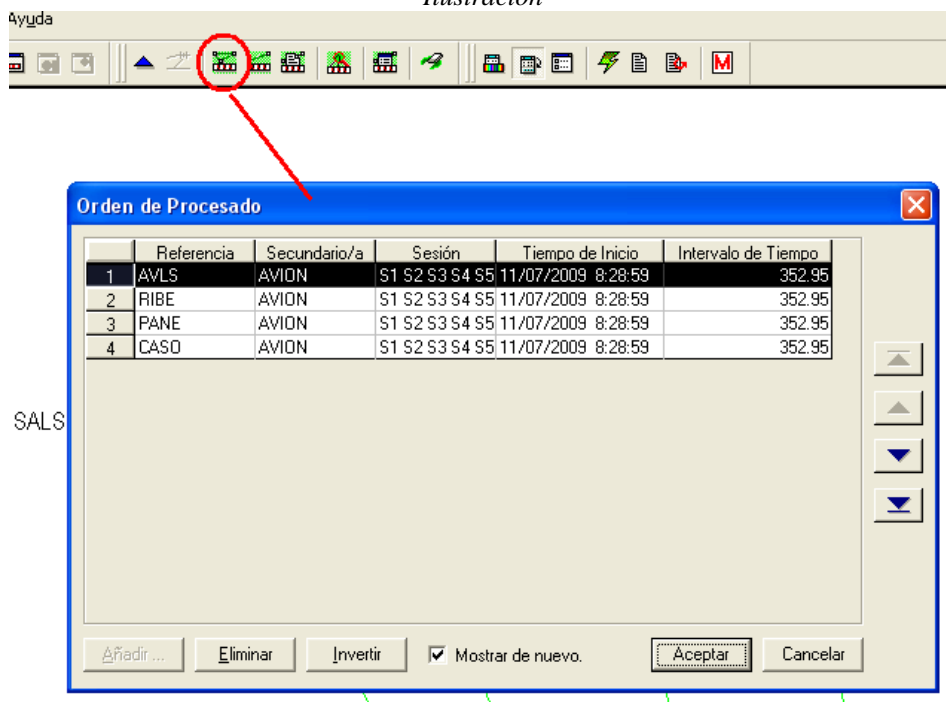


Ilustración



Finalmente le digo al procesador que inicie el cálculo.

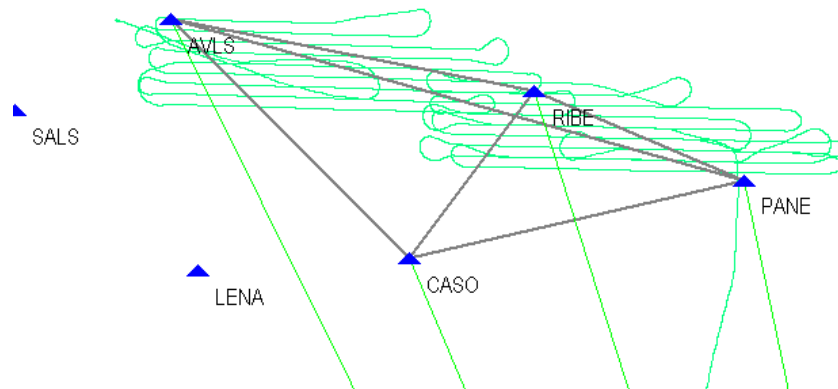
Ilustración



Tras un tiempo más o menos largo en función de nuestro equipo, obtendremos una pantalla

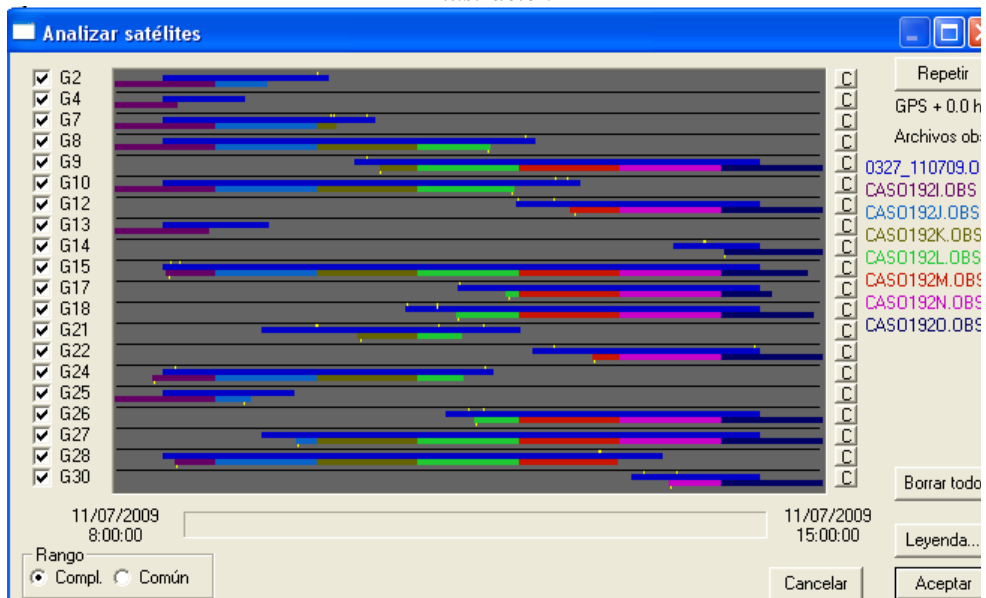
como la que vemos a continuación (he desactivado el mapa de fondo para poder ver correctamente las trayectorias calculadas).

Ilustración



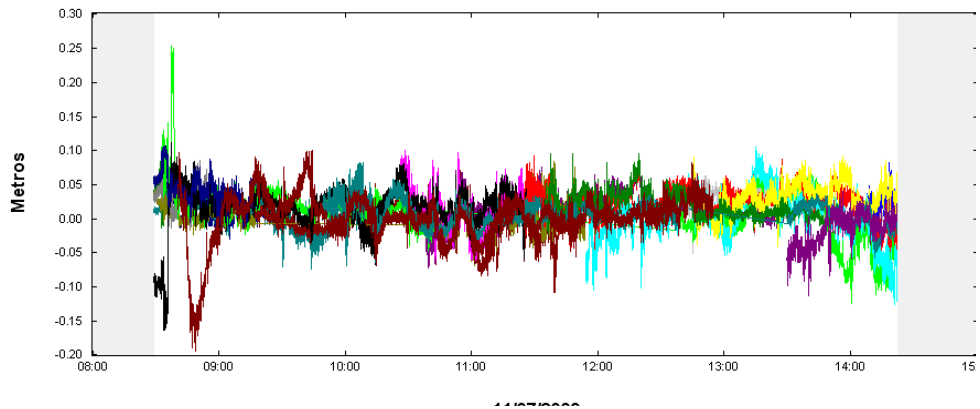
Como veis, se aprecia correctamente cada una de las pasadas que forman los bloques, en este caso tres bloques de planificación. Pues esto ya está hecho. A partir de aquí solo nos quedaría revisar el informe de procesamiento para ver qué es lo que ha realizado el programa.

Ilustración



Ilustración

Residuo Fijo L1



Ilustración

20090711_B13.ggs

Nombre del usuario	CMO	Fecha y hora	21:41:46 06/11/2010
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoida	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Centes		

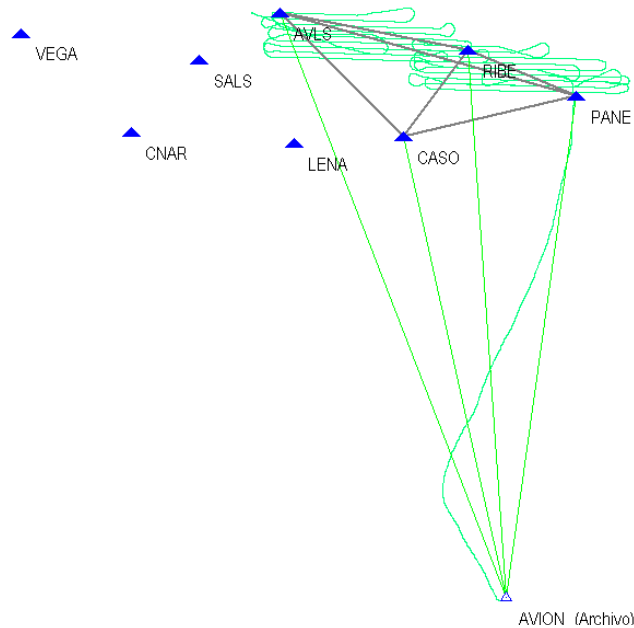
1. Referencia

Archivo, Punto, Código	CASO192I.OBS	CASO		
Receptor, Versión, S/N	NetRS	Nav__1_20		
Tipo de antena, S/N	Zephyr_Geodetic_2_w_Dome			
Posición Geocéntrica	4638385.6077m	-433754 3143m	43427(
Semana, Día, Fecha	1539	192	11	
Inicio, Fin, Interv.	547200.00	572399.50		
Indicadores de código	CA P2			
Indicadores de portadora	P1 P1-P2			
Indicadores Doppler	P1 P2			
Descripción de la antena				
Fabricante	Trimble			

3.7.Redundancia en el procesamiento.

Hemos visto que empleamos 4 referencias en tierra para tener redundancia en el cálculo. Esto en ciertas ocasiones posibilita un cálculo completo en toda la cadena cinemática.

Ilustración



3.8. Control de calidad.

Como comprobación de los resultados podríamos realizar el procesamiento de todas las líneas fijo-móvil de forma independiente, contrastando posteriormente resultados. Para ello una vez realizado el primer proyecto con todas las líneas, copiamos el fichero ggs tantas veces como estaciones de referencia tenemos, denominando cada fichero según la referencia en tierra. Después los abrimos y eliminamos los archivos de observación de aquellas estaciones que no nos interesan en el cálculo. Re-procesamos de nuevo y exportamos los resultados de la cadena en archivos independientes según referencia. Con esto podemos realizar un estudio comparativo.

3.9. Interpolación de posiciones mediante fichero de eventos.

Una vez procesadas las trayectorias procedemos a interpolar la posición de los disparos realizados por la cámara a partir del fichero de eventos proporcionado por el contratista.

El formato de este fichero viene dado según la forma foto, tiempo GPS.

Ilustración

```
6217 562040.5164950
6218 562047.8113495
6219 562055.1182321
6220 562062.5057891
6221 562069.8143238
6222 562077.1068486
6223 562084.4016419
6224 562091.7085834
6225 562098.9063097
6226 562106.1058482
6227 562113.3055719
6228 562120.5048620
```

Sin embargo el formato de entrada de eventos en TTC viene dado según la forma foto día de la semana GPS, hora.

Necesitamos transformar entre ambos formatos. Para ver cómo realizar esta transformación recomiendo visitar la página <http://leapsecond.com/java/gpsclock.htm> en la que se muestra la

Ilustración

```

???? 2 23:25:00.682007
???? 2 23:27:00.654365
???? 2 23:28:09.654654
???? 2 23:29:00.543543
???? 2 23:30:01.453453
???? 2 23:31:00.576756
???? 2 23:32:00.564765
???? 2 23:32:59.069004
???? 2 23:34:00.849943
???? 2 23:35:03.499988
???? 2 23:36:00.004930
???? 2 23:37:00.893899
    
```

relación entre tiempos.

En mi caso he realizado una simple hoja de cálculo OpenOffice para realizar la transformación de manera rápida y sencilla. Esta se proporciona junto con los datos del taller. Para transformar muchos ficheros sería conveniente desarrollar alguna herramienta mediante programación.

Ilustración

FOTO	GPS_TIME									
6217	562040.5164950000	0.505098571	440.516495	0.341941583	12	07	20.516494999974	6217	6	12:7:20.5164949999744
6218	562047.8113495000	0.505183002	447.8113495	0.463522492	12	07	27.811349500000	6218	6	12:7:27.8113494999998
6219	562055.1182321000	0.505267572	455.1182321	0.585303868	12	07	35.118232100009	6219	6	12:7:35.1182321000088
6220	562062.5057891000	0.505353076	462.5057891	0.708429818	12	07	42.505789099938	6220	6	12:7:42.5057890999378
6221	562069.8143238000	0.505437666	469.8143238	0.83023873	12	07	49.814323800070	6221	6	12:7:49.8143238000703
6222	562077.1068486000	0.50552207	477.1068486	0.95178081	12	07	57.106848599986	6222	6	12:7:57.1068485999858
6223	562084.4016419000	0.5056065	484.4016419	0.073360698	12	08	04.401641899960	6223	6	12:8:4.40164189995993
6224	562091.7085834000	0.505691072	491.7085834	0.195143057	12	08	11.708583400003	6224	6	12:8:11.7085834000027

Genero un fichero nuevo con los datos calculados, este con formato valido para su lectura con TTC.

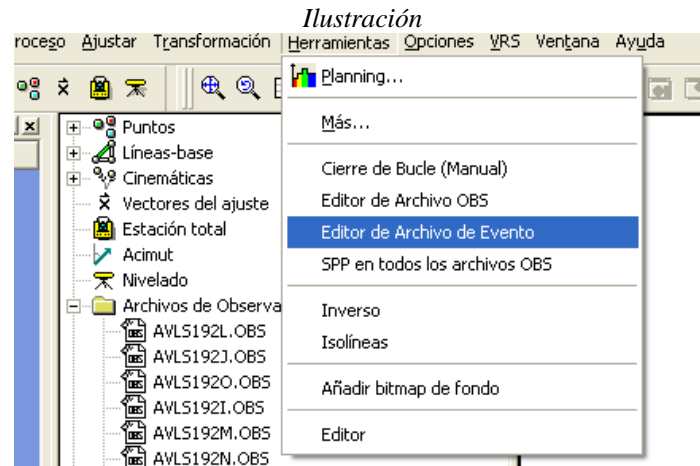
Ilustración

```

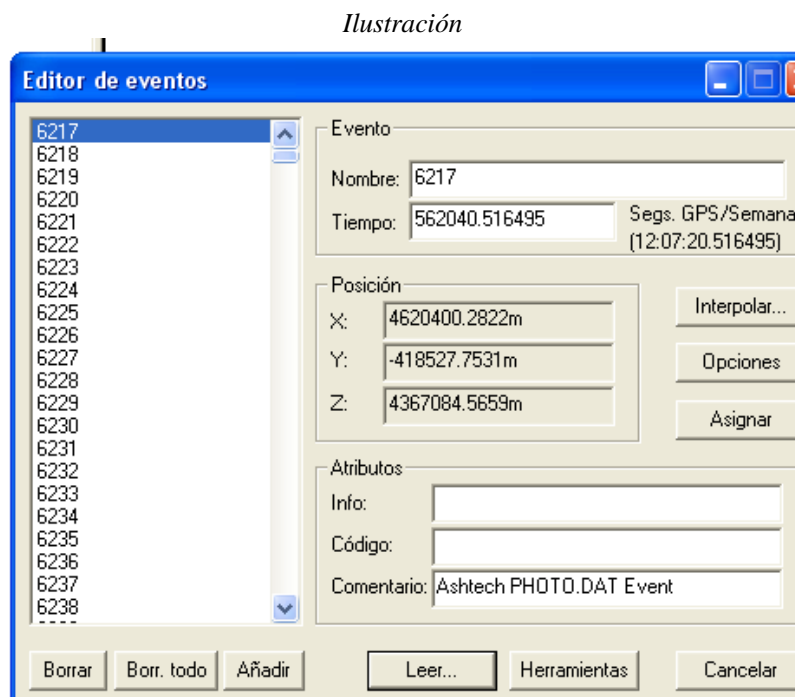
6217 6 12:7:20.516494999974
6218 6 12:7:27.811349499999
6219 6 12:7:35.118232100008
6220 6 12:7:42.505789099937
6221 6 12:7:49.814323800070
6222 6 12:7:57.106848599986
6223 6 12:8:4.401641899959
6224 6 12:8:11.708583400003
6225 6 12:8:18.906309699988
6226 6 12:8:26.105848200022
6227 6 12:8:33.305571899960
6228 6 12:8:40.504862000011
    
```

Antes de continuar recomiendo hacer una copia del fichero GGS del proyecto, ya que vamos a interpolar, y si algo sale mal nos va a tocar borrar punto a punto los 707 puntos nuevos generados y crearlos, no es divertido.

En el menú herramientas voy al editor de eventos.

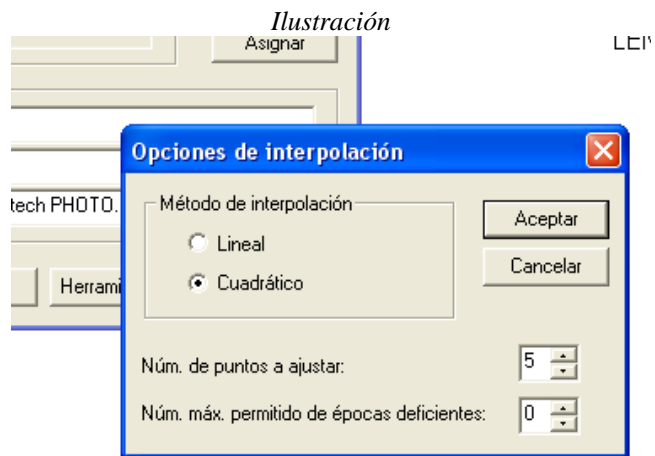


Abrimos el nuevo fichero creado desde la ventana de eventos.

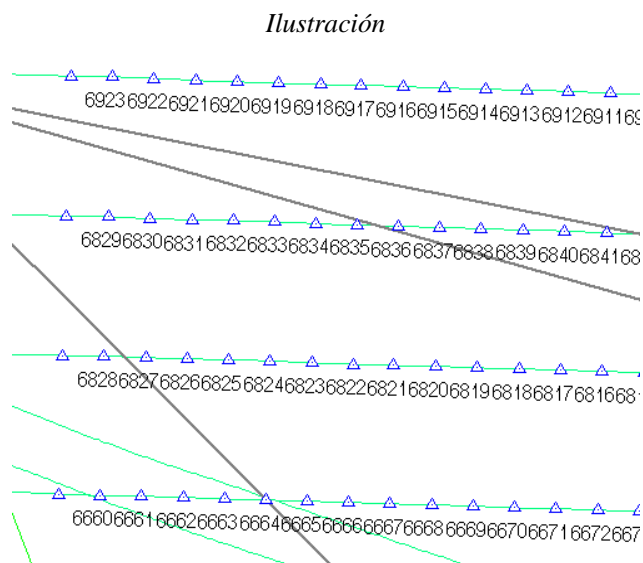


Seleccionamos el método que vamos a utilizar en la interpolación así como las restricciones en el cálculo.

Si pulsamos el botón añadir, todos los puntos interpolados se añaden a la base de datos del



proyecto.



Ya solo nos queda exportarlos a un fichero ASCII o XLS de Microsoft.

Finalmente he comparado los resultados obtenidos con los proporcionados por el contratista, aunque no puedan compararse directamente por los offset antena-pupila que comenté al inicio de

Ilustración

11	6218	323381.370	4814296.839	3336.995	4620344.930	-419121.018	4367092.3
12	6219	322789.278	4814303.304	3342.162	4620301.338	-419711.872	4367089.3
13	6220	322193.227	4814312.370	3343.222	4620252.663	-420306.309	4367085.2
14	6221	321603.297	4814333.781	3341.823	4620194.125	-420894.027	4367088.5
15	6222	321012.528	4814355.079	3338.187	4620133.949	-421482.433	4367090.0
16	6223	320418.656	4814369.850	3335.450	4620078.646	-422074.224	4367087.4
17	6224	319820.745	4814389.581	3330.698	4620018.141	-422669.726	4367086.9
18	6225	319228.448	4814408.236	3329.895	4619961.600	-423259.922	4367088.3
19	6226	318636.748	4814428.236	3332.087	4619906.303	-423849.667	4367092.8
20	6227	318045.569	4814442.268	3332.239	4619853.632	-424438.967	4367091.5
21	6228	317452.280	4814461.568	3332.443	4619797.185	-425030.180	4367094.0
22	6229	316853.696	4814483.252	3339.332	4619743.502	-425627.030	4367102.7
23	6230	316262.409	4814497.494	3349.076	4619697.494	-426217.055	4367108.1
24	6231	315667.641	4814517.193	3356.155	4619645.513	-426810.175	4367115.4
25	6232	315075.502	4814531.399	3359.100	4619594.473	-427400.590	4367116.0
26	6233	314483.597	4814547.408	3348.061	4619532.065	-427989.764	4367108.2
27	6234	313891.694	4814560.303	3347.011	4619473.600	-428580.222	4367110.0

este trabajo.

Ilustración

	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
6217	323976.506	4814274.501	3332.750	-0.081	-0.012	1.125	
6218	323381.370	4814296.839	3336.995	-0.092	-0.015	1.102	
6219	322789.278	4814303.304	3342.162	-0.086	-0.028	1.129	
6220	322193.227	4814312.370	3343.222	-0.081	-0.030	1.104	
6221	321603.297	4814333.781	3341.823	-0.085	-0.063	1.106	
6222	321012.528	4814355.079	3338.187	-0.088	-0.039	1.115	
6223	320418.656	4814369.850	3335.450	-0.086	-0.054	1.092	
6224	319820.745	4814389.581	3330.698	-0.090	-0.070	1.068	

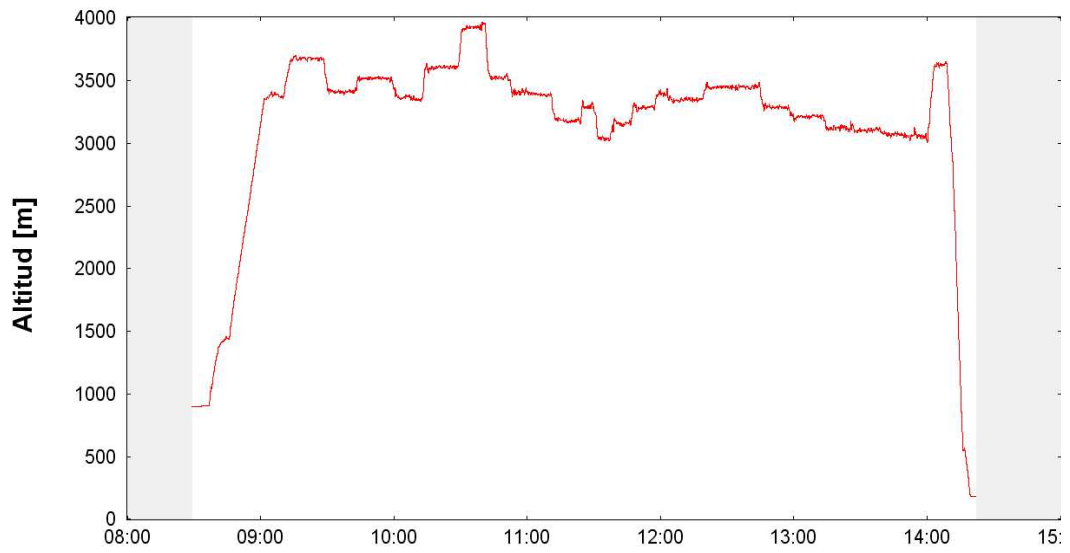
Podemos ver que existe una mayor diferencia en el eje Z, algo normal debido a que la antena se encuentra ubicada encima del fuselaje del avión.

3.10. Generación de gráficos.

A partir del procesamiento podemos obtener diferentes gráficas para añadir a nuestro informe o simplemente para analizar los resultados. Entre otras:

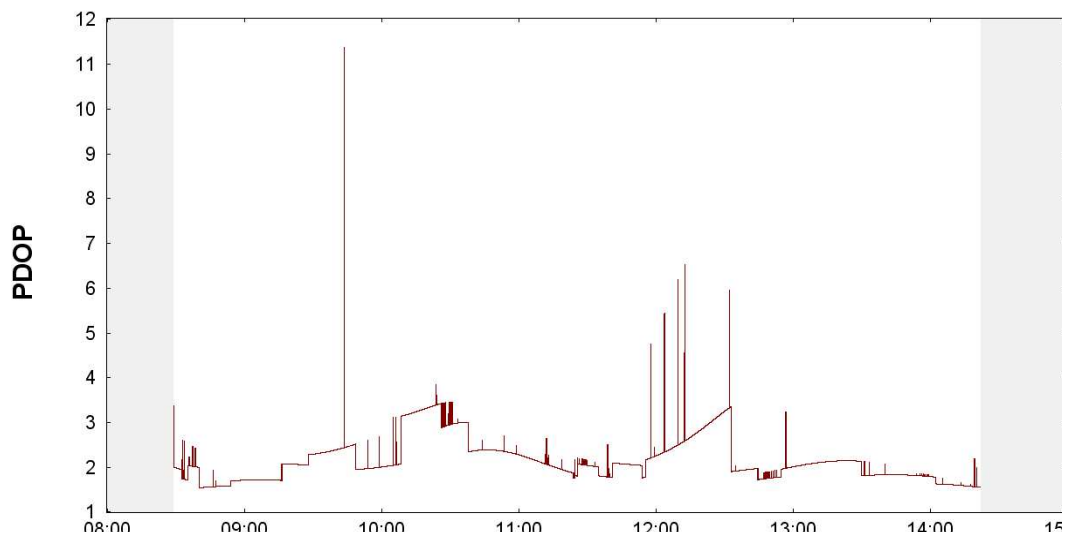
Ilustración

Altitud



Ilustración

PDOP



3.11. Exportación de datos.

Ilustración

20090711_B13.ggs

Nombre del usuario	CMO	Fecha y hora	21:41:46 06/11/2010
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Centes		

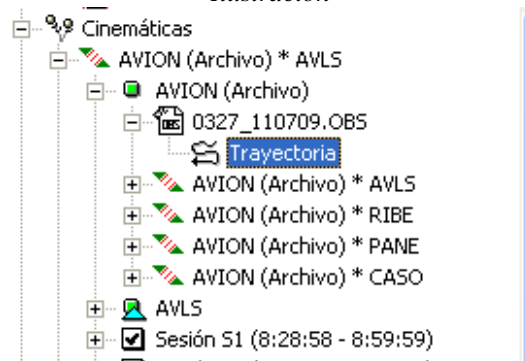
1. Referencia

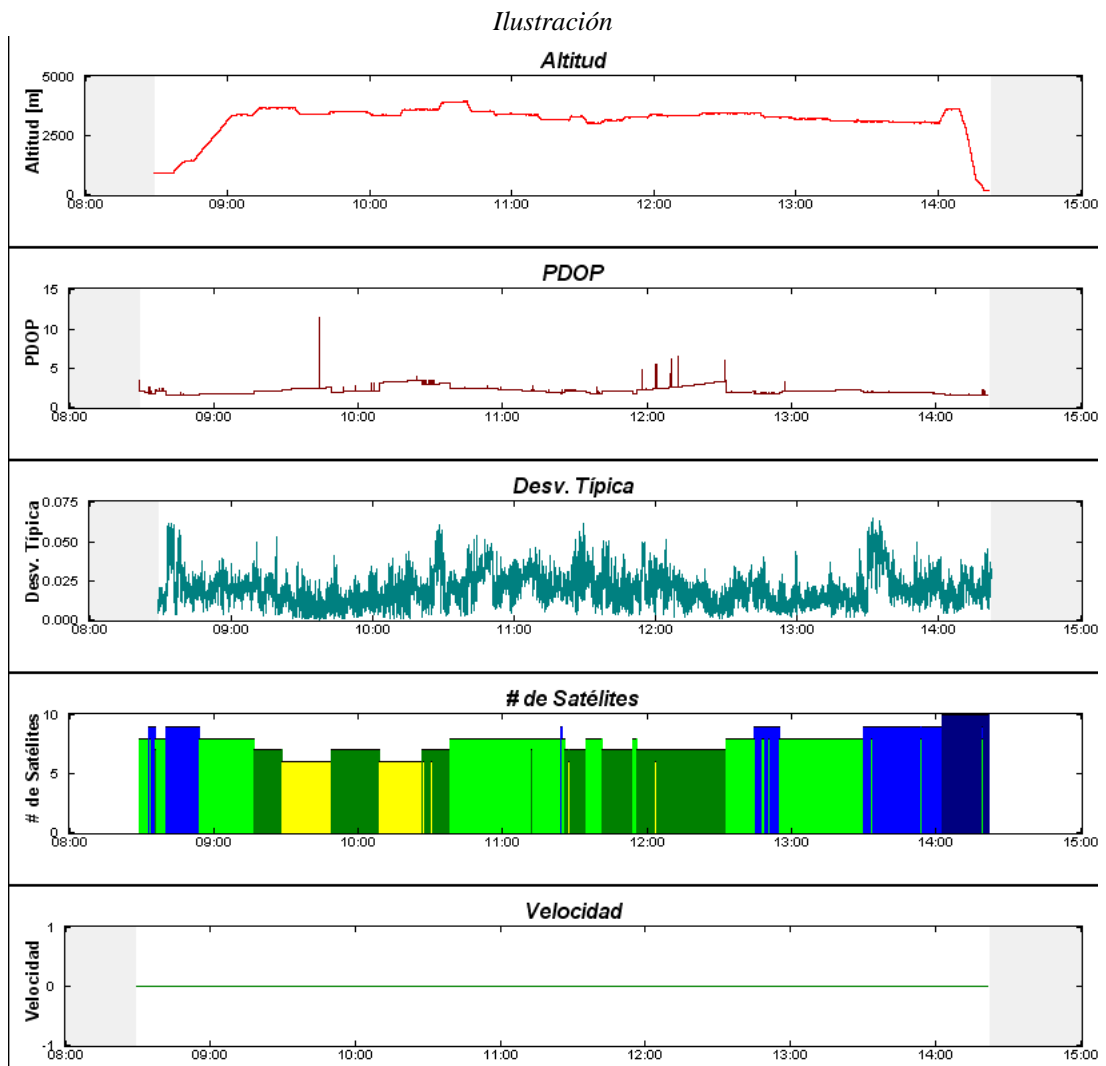
Archivo, Punto, Código	CASO192I.OBS	CASO		
Receptor, Versión, S/N	NetRS	Nav__1_20		
Tipo de antena, S/N	Zephyr_Geodetic_2_w_Dome			
Posición Geocéntrica	4638385.6077m	-433754.3143m	434270	
Semana, Día, Fecha	1539	192		11
Inicio, Fin, Interv.	547200.00	572399.50		
Indicadores de código	CA P2			
Indicadores de portadora	P1 P1-P2			
Indicadores Doppler	P1 P2			

Descripción de la antena	
Fabricante	Trimble

Si desplegamos el menú lateral podemos encontrar un objeto denominado trayectoria, el cual nos permite acceder a sus propiedades, proporcionándonos información de velocidad, satélites, desviación, etc. Desde este objeto también podemos exportar los resultados de toda la cadena cinemática una vez calculada, por ejemplo para su importación por otros programas.

Ilustración

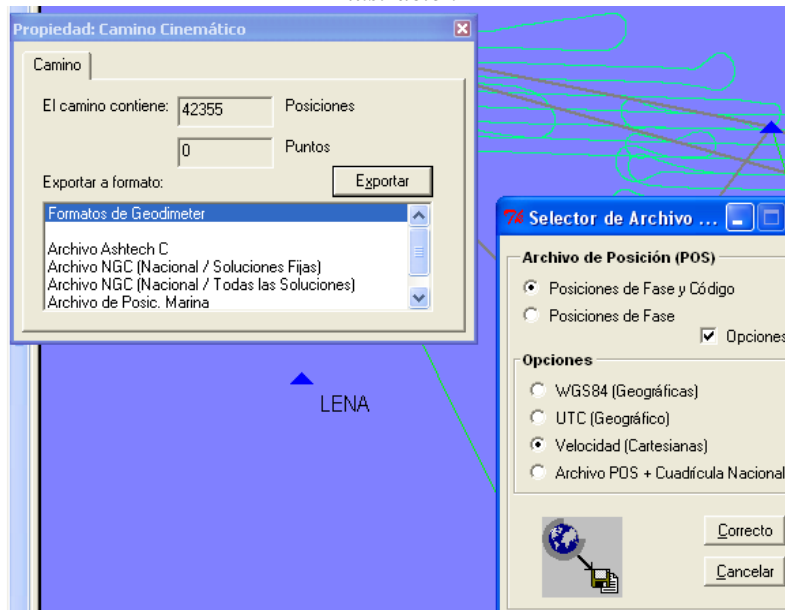




Tenemos varios formatos de exportación:

Geodimeter

Ilustración



3.12. Exportación a KML.

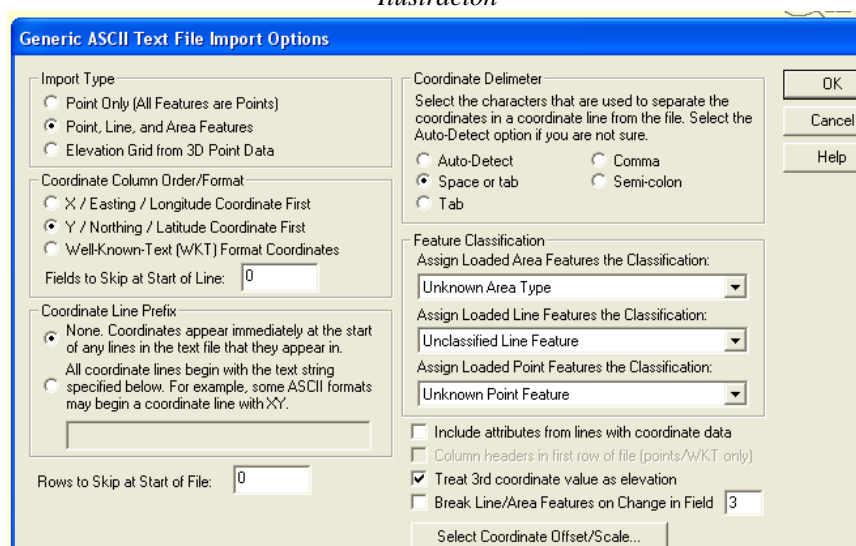
Finalmente, vamos a exportar nuestros datos a formato KML para poder visualizar tanto las trayectorias como los puntos de vista interpolados. Para ello utilizamos el fichero exportado anteriormente en formato Geodimeter WGS84, el cual editaremos y dejaremos exclusivamente con tres columnas correspondientes a Latitud, Longitud y altura elipsoidal referidos a WGS84.

Ilustración

#datum	WGS_84	6378137.000	298.25722356	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000000000
548939	0.000000	41.706221161	-4.845854476	898.963	0.006	0.006	0.015	3.4	8	????????? FIXED
548939	5.000000	41.706221180	-4.845854502	898.961	0.007	0.006	0.016	2.0	8	????????? FIXED
548940	0.000000	41.706221196	-4.845854518	898.968	0.009	0.008	0.021	2.0	8	????????? FIXED
548940	5.000000	41.706221187	-4.845854548	898.971	0.005	0.005	0.013	2.0	8	????????? FIXED
548941	0.000000	41.706221171	-4.845854550	898.966	0.006	0.006	0.015	2.0	8	????????? FIXED
548941	5.000000	41.706221199	-4.845854559	898.969	0.009	0.009	0.023	2.0	8	????????? FIXED
548942	0.000000	41.706221200	-4.845854554	898.969	0.007	0.006	0.017	2.0	8	????????? FIXED
548942	5.000000	41.706221184	-4.845854558	898.966	0.007	0.007	0.017	2.0	8	????????? FIXED
548943	0.000000	41.706221176	-4.845854566	898.962	0.005	0.005	0.013	2.0	8	????????? FIXED
548943	5.000000	41.706221191	-4.845854610	898.961	0.007	0.007	0.018	2.0	8	????????? FIXED
548944	0.000000	41.706221213	-4.845854569	898.964	0.003	0.003	0.008	2.0	8	????????? FIXED
548944	5.000000	41.706221217	-4.845854593	898.963	0.006	0.005	0.014	2.0	8	????????? FIXED
548945	0.000000	41.706221216	-4.845854590	898.971	0.004	0.004	0.010	2.0	8	????????? FIXED
548945	5.000000	41.706221230	-4.845854614	898.970	0.003	0.003	0.009	2.0	8	????????? FIXED
548946	0.000000	41.706221218	-4.845854599	898.964	0.007	0.006	0.016	2.0	8	????????? FIXED
548946	5.000000	41.706221200	-4.845854586	898.968	0.005	0.005	0.013	2.0	8	????????? FIXED
548947	0.000000	41.706221216	-4.845854596	898.969	0.007	0.007	0.017	2.0	8	????????? FIXED

Mediante el programa Global Mapper (del que podemos descargar una versión de prueba de la página http://www.globalmapper.com/global_mapper_setup_v1200.exe) podemos importar el fichero ASCII considerando los registros del fichero como si fueran puntos o líneas. Primeramente considero el fichero generado para las trayectorias, es decir con registro de puntos cada segundo y le digo que los considere como una polilínea.

Ilustración



Le digo que la latitud es la primera columna, que considere espacio como separadores de columnas y acepto. Global Mapper inicia la lectura del fichero y considera todos los registros como nodos de una línea poligonal, generando una gráfica como la que podemos ver a continuación.

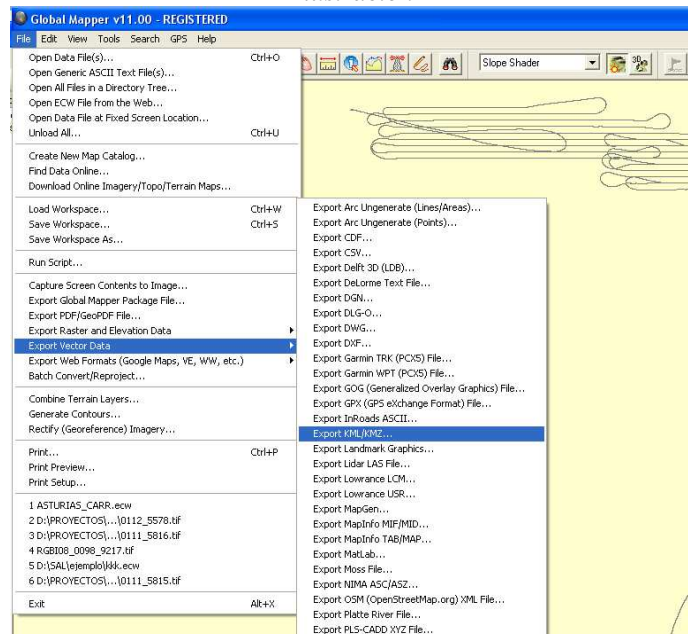
A continuación desde Global Mapper exporto a formato KML seleccionando los parámetros

Ilustración



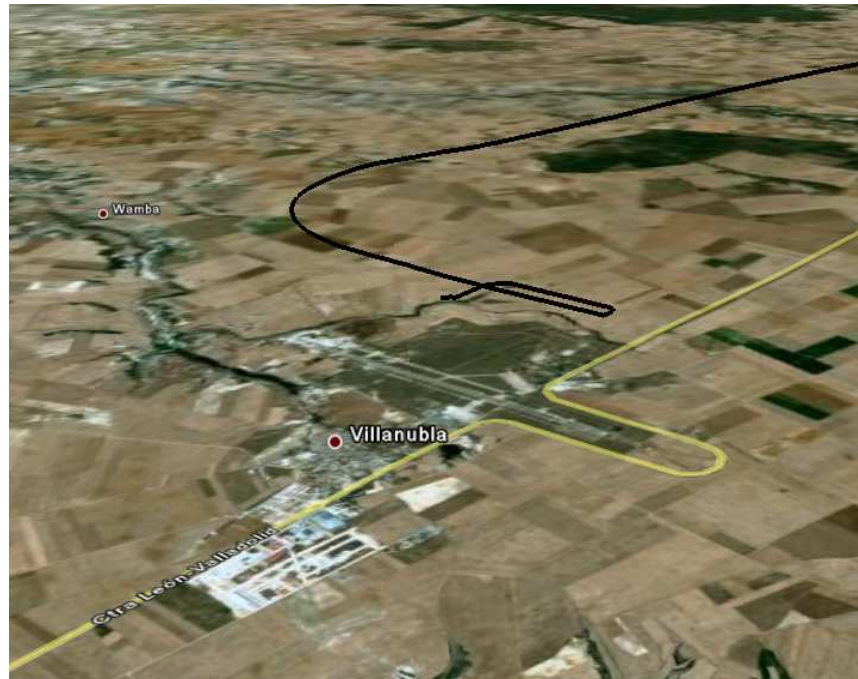
que me interesen para la exportación.

Ilustración



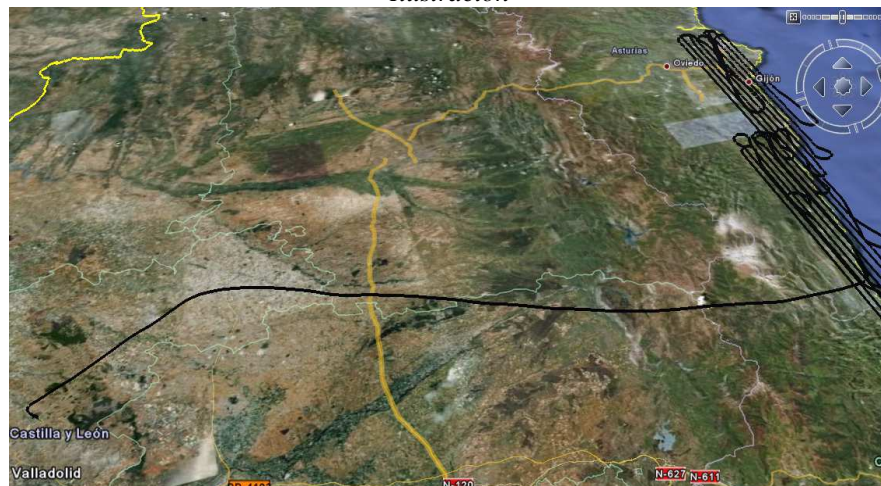
Finalmente abrimos el fichero KMZ generado con Google Earth, analizando los movimientos del avión durante esa misión de vuelo. Podemos ver que el avión despega del aeropuerto de Villanubla en Valladolid.

Ilustración



Realiza el recorrido Valladolid – Asturias.

Ilustración



Ejecuta las pasadas de varios bloques.

Ilustración



Y finalmente aterriza en el aeropuerto de Ranon en Asturias.

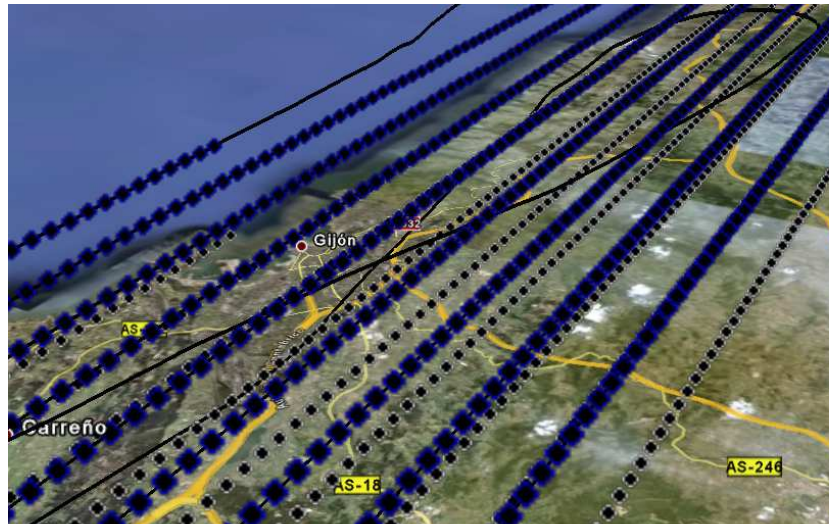
Ilustración



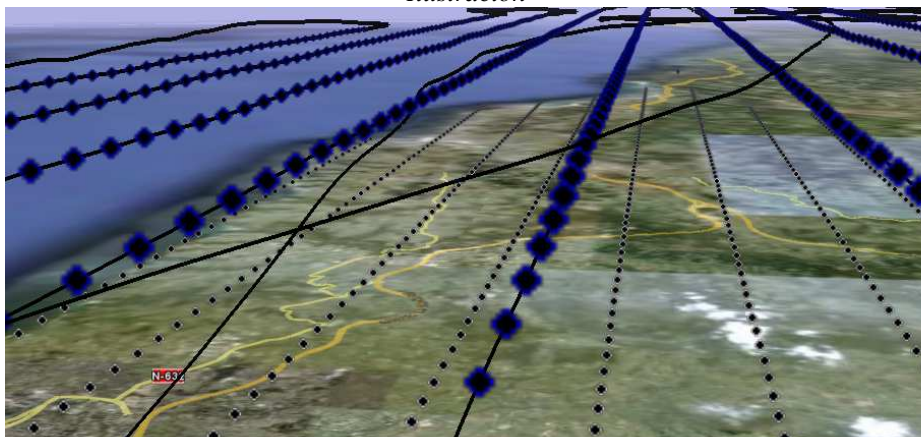
Si los pilotos tomaron o no unas botellas de sidra esa tarde en el chigre del aeropuerto no lo podemos saber por este método :).

Para los puntos calculados también podemos realizar la misma operación, exportando a formato KMZ tanto su posición en el aire como su proyección sobre el terreno.

Ilustración



Ilustración



4. CONCLUSIONES.

Con todos los flecos que un procesamiento de este tipo no deja en un cinemático aéreo, esto es mejor que nada.

Este taller nos obliga a utilizar la herramienta descrita, pero de momento es la única de la que dispongo para poder realizar este tipo de procesamientos. En estos momentos estoy intentando buscar alguna herramienta libre que nos permitiera realizar el procesamiento sin la necesidad de depender de software propietario. Se queda en las tareas pendientes para futuras versiones. Si alguien se anima ya sabes **“Aprende tu solito que ya eres mayor!!!”** y compártelo después.

5. IMPORTANTE.

Es necesario descargar de la página oficial de Trimble un actualizador de modelos de antena y receptores para poder disponer de las últimos modelos de antena de diferentes marcas, evitando tener que generar nosotros mismos los ficheros de antena tal y como hemos visto.

6. REFERENCIAS.

http://gps.topografia.upm.es/dat_efem.htm

<http://acc.igs.org/>

<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

<http://leapsecond.com/java/gpsclock.htm>

<http://www.rvdi.com/freebies/gpscalendar.html>

<http://gps.wva.net/html.common/rinex.html>

<http://www.trimble.com/>

<http://www.unavco.org/>

TrimbleCFGUpdate.exe

