

Proyectos de Gestión de Tránsito Aéreo



ASTERIX Hackathon

18/09/2025

Los principales objetivos del proyecto son:

Creación y desarrollo de un decodificador ASTERIX para CAT048 y CAT021-v2.1. Este decodificador será capaz de exportar los resultados a un fichero CSV en el formato especificado. Este fichero exportado se debe poder analizar a posterior (por ejemplo podrían ser los datos de entrada del proyecto 3 correctamente filtrados).

Además en el SW desarrollado podrán verse las trayectorias sobre un mapa y se podrán simular en el tiempo cada segundo

Por otra parte el proyecto no es un proyecto solo de programación, hay que entender el significado de la información que se obtiene y conocer como funciona un sistema SSR+Modo S.

Además de los objetivos principales del proyecto hay otros requisitos como pueden ser:

- 1. Cálculo de la altitud real corregida con QNH cuando aplique (columna extra)**
- 2. Todos los blancos tienen posición en latitud, longitud y h en coordenadas WGS84 (Columnas extra para cada valor)**
- 3. Los datos se podrán filtrar**
- 4. La simulación tendrá la capacidad de diferenciar el blanco dependiendo del sistema que lo ha detectado (Radar/ADS-B)**
- 5. Desarrollar el SW lo más eficiente posible**

Herramientas y documentos de soporte a vuestra disposición:

- Se facilitará un decodificador para poder comparar resultados.***
- Especificaciones ASTERIX CAT048 + CAT021 + Modo S***
- Documento EUROCONTROL + código (C#) para realizar transformaciones de coordenadas***
- Cápsulas teóricas sobre ASTERIX y vigilancia SSR + modo S***
- Plantilla evaluación del proyecto***
- Ficheros binarios con tráfico ASTERIX: uno para CAT048, otro para CAT021 y uno combinado***

El día de la entrega se deberá enviar una carpeta zip con:

- 1. Ejecutable o instalable de vuestro SW**
- 2. Código del SW**
- 3. Manual de usuario, guía de uso o Readme (Explicar brevemente como funciona el SW ,como se usan todas sus funcionalidades y explicación técnica de como se ha integrado en el código). Ejemplo: si se quiere explicar que el SW contiene un botón que filtra por “blanco puro” explicar de qué variable concreta se obtiene la información y que criterio se utiliza para descartar el dato o no**
- 4. Planificación del proyecto con fechas reales (Quién ha hecho cada parte, tiempo dedicado en horas, ver que tareas han durado más y en qué semanas, etc.).**
- 5. Explicación de código, únicamente motor decodificación (visualmente mejor). Debe quedar claro qué funciones/clases intervienen en la decodificación de los mensajes CAT048/CAT021**
- 6. Enlace Github si habéis trabajado con esta herramienta**

Como empezar el proyecto con ÉXITO?

- 1. Conocimientos y entender bien como funciona ASTERIX y localizar cualquier campo de un mensaje como su categoría, longitud, FSPEC, DI...). Comprender funcionalidad tablas UAP.**
- 2. Antes de empezar a escribir código pensar como organizar vuestro código. Qué necesidades tendréis?, en qué variables guardaréis los resultados?, qué funciones, clases y librerías necesitaréis? Como recorreréis el fichero para trocear los mensajes?**
- 3. Investigar como abrir un fichero binario**
- 4. Recorrer fichero, trocear, localizar campos del mensaje para proceder con la decodificación...**

Calidad SW I y II

- *El usuario deberá seleccionar el fichero ASTERIX deseado y este deberá ser decodificado por el SW en un rango de tiempo aceptable (orden de tiempo SW muestra)*
- *Las acciones al usar el SW son rápidas y ágiles (exportar csv, filtrar, cambiar a ventana simulación, etc)*
- *El SW funciona sin tirones y no hay “lag”*
- *Los datos ocupan la mínima memoria RAM (orden de memoria SW muestra)*
- *SW robusto sin excepciones ni fallos de memoria*

Diseño visual y usabilidad

- *El usuario debería poder usar el SW y utilizar TODAS sus funciones sin necesidad de ninguna guía de ayuda.*
- *El usuario podrá ver con facilidad los datos y la simulación en ventana completa*
- *Buen aspecto visual*

Datos general (CAT048 y CAT021)

- *El SW permite exportar los datos de un fichero ASTERIX a un fichero CSV eligiendo donde guardar ese archivo.*
- *El fichero CSV exportado está bien delimitado y aparecen claramente los datos de cada campo/subcampo en columnas separadas*
- *Resultados correctos en CSV*
- *Cada columna en el CSV representa un subcampo de un DI y cada fila representa un mensaje ASTERIX en el orden en el que aparece en el fichero ASTERIX*
- *Revisión coherencia en los datos obtenidos*

Especificaciones mínimas del proyecto

Datos CAT048

No hará falta decodificar todos los DI del catálogo de CAT048. Aquellos marcados en rojo no se deben hacer. Si en un fichero aparece uno de estos, el SW debe ser capaz de saltarse los bits correspondientes al DI pero en ningún caso decodificarlos

Table 2 - Standard UAP

FRN	Data Item	Data Item Description	Length in Octets
1	I048/010	Data Source Identifier	2
2	I048/140	Time-of-Day	3
3	I048/020	Target Report Descriptor	1+
4	I048/040	Measured Position in Slant Polar Coordinates	4
5	I048/070	Mode-3/A Code in Octal Representation	2
6	I048/090	Flight Level in Binary Representation	2
7	I048/130	Radar Plot Characteristics	1+1+
FX	n.a.	Field Extension Indicator	n.a.
8	I048/220	Aircraft Address	3
9	I048/240	Aircraft Identification	6
10	I048/250	Mode S MB Data	1+8*n
11	I048/161	Track Number	2
12	I048/042	Calculated Position in Cartesian Coordinates	4
13	I048/200	Calculated Track Velocity in Polar Representation	4
14	I048/170	Track Status	1+
FX	n.a.	Field Extension Indicator	n.a.

15	I048/210	Track Quality	4
16	I048/030	Warning/Error Conditions/Target Classification	1+
17	I048/080	Mode-3/A Code Confidence Indicator	2
18	I048/100	Mode-C Code and Confidence Indicator	4
19	I048/110	Height Measured by 3D Radar	2
20	I048/120	Radial Doppler Speed	1+
21	I048/230	Communications / ACAS Capability and Flight Status	2
FX	n.a.	Field Extension Indicator	n.a.
22	I048/260	ACAS Resolution Advisory Report	7
23	I048/055	Mode-1 Code in Octal Representation	1
24	I048/050	Mode-2 Code in Octal Representation	2
25	I048/065	Mode-1 Code Confidence Indicator	1
26	I048/060	Mode-2 Code Confidence Indicator	2
27	SP-Data Item	Special Purpose Field	1+1+
28	RE-Data Item	Reserved Expansion Field	1+1+
FX	n.a.	Field Extension Indicator	n.a.

Dentro del DI I048/250 “Mode S MB Data” solo hará falta decodificar los subcampos de los BDS 4.0, 5.0, 6.0

Datos CAT048

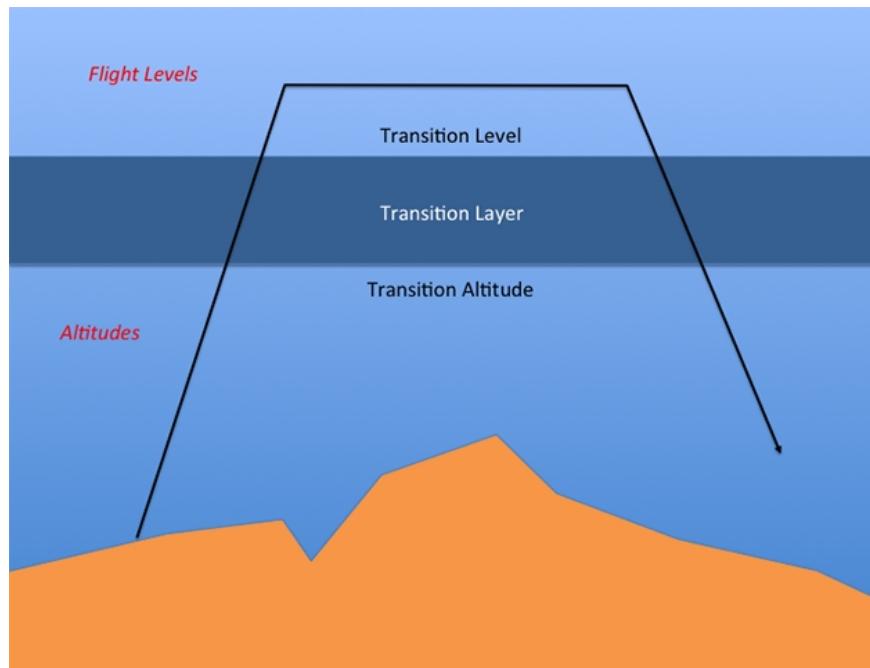
A parte de los subcampos decodificados se deben añadir nuevas columnas para los siguientes campos calculados o tener las siguientes consideraciones:

- Corrección QNH (solo si aplica)
- Transformación de coordenadas a WGS84 (lat, lon, altura)
- Descartar mensajes de aeronaves que no se encuentren dentro del filtro geográfico indicado (NO deben aparecer en CSV)

*40.9° N < Latitud < 41.7° N
1.5° E < Longitud < 2.6° E*

Altitud de transición (TA): Es la altitud a la cual, o por debajo de la cual, la posición vertical de una aeronave se expresa en altitudes.

Nivel de transición (TL): Es el nivel más bajo de vuelo disponible usado, por encima de la altitud de transición. A este nivel, o por encima del mismo, la posición vertical de una aeronave, se expresa en niveles de vuelo (FL)



Especificaciones mínimas del proyecto. QNH vs QNE

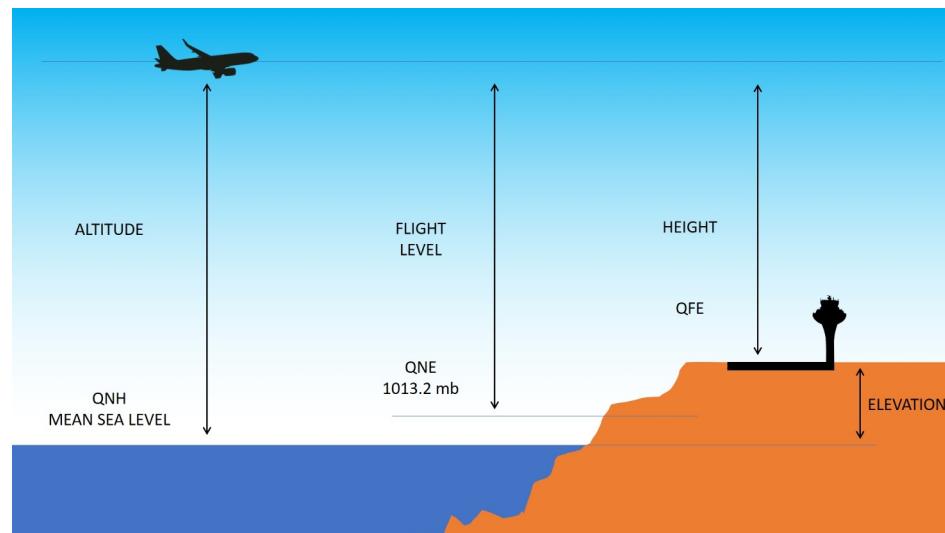
Altitud: Distancia a la que vuela una aeronave con respecto al nivel medio del mar.

Altura: Distancia entre una elevación del terreno y una aeronave en vuelo.

Elevación: Distancia entre el nivel medio del mar y una superficie de la tierra (Montaña, Valle, etc.)

El **QNH** es el valor de la presión barométrica a nivel de mar, deducida de la del aeródromo mediante ISA.

El **QNE** es la presión al nivel medio del mar en una atmósfera tipo (condiciones estándar ISA), y se corresponde a 1013,25 hPa.



El modo C obtenido en ASTERIX no tiene en cuenta QNH, está referenciado a la presión estandard, eso provoca la aparición de FL negativos para vuelos a baja altura.

Hay que corregir el Modo C a todos aquellos vuelos que vuelen por debajo de AT (6000ft)

Altitud real = Altitud indicada en el modo C + (QNH actual - QNH estández) x 30 ft

**Para el cálculo coged QNH estández=1013,25 hPa*

Hay casos de aeronaves que cambian el valor de BP a standard antes de llegar a 6000ft, en este caso seguiremos corrigiendo la altitud con el valor BP anterior hasta los 6000 ft.

Especificaciones mínimas del proyecto. Corrección QNH

Hay casos de aeronaves que cambian el valor de BP a standard antes de llegar a 6000ft, en este caso seguiremos corrigiendo la altitud con el valor BP anterior hasta los 6000 ft.

TIME	FL	BP	Mode C	Mode C
11:24:32:047	-1	1018	42,5	42,5
11:24:36:117	-1	1018	42,5	42,5
11:24:40:180	-1	1018	42,5	42,5
11:24:44:234	-1,5	1018	-7,5	-7,5
11:24:48:281	-0,5	1018	92,5	92,5
11:24:52:313	0,75	1018	217,5	217,5
11:24:56:336	2,25	1018	367,5	367,5
11:25:00:352	4	1018	542,5	542,5
11:25:04:359	5,5	1018	692,5	692,5
11:25:08:352	7,25	1018	867,5	867,5
11:25:12:344	9	1018	1042,5	1042,5
11:25:16:328	10,5	1018	1192,5	1192,5
11:25:20:313	11,75	1018	1317,5	1317,5
11:25:24:289	12,75	1018	1417,5	1417,5
11:25:28:266	13,75	1018	1517,5	1517,5
11:25:32:242	14,75	1018	1617,5	1617,5
11:25:36:219	15,5	1018	1692,5	1692,5
11:25:40:211	16,5	1018	1792,5	1792,5
11:25:44:180	17,5	1018	1892,5	1892,5
11:25:48:156	18,5	1018	1992,5	1992,5
11:25:52:141	19,75	1018	2117,5	2117,5
11:25:56:133	20,75	1018	2217,5	2217,5
11:26:00:125	22	1018	2342,5	2342,5
11:26:04:125	23,5	1018	2492,5	2492,5
11:26:08:117	24,75	1013	2467,5	2617,5
11:26:12:117	26,25	1013	2617,5	2767,5
11:26:16:117	27,5	1013	2742,5	2892,5
11:26:20:117	29	1013	2892,5	3042,5

Altitud real = Altitud indicada en el modo C + (QNH actual - QNH estándar) x 30 ft

En caso de seguir corrigiendo con el BP transmitido de la aeronave estaremos obteniendo el valor que ve el piloto en su cockpit pero que no corresponde al valor de la altitud real de la aeronave y tampoco al valor que se tiene en cuenta desde el punto de visto ATC

Especificaciones mínimas del proyecto

Datos CAT021

No hará falta decodificar todos los DI del catálogo de CAT021, solo aquellos marcados en verde.

FRN	Data Item	Information	Length
1	I021/010	Data Source Identification	2
2	I021/040	Target Report Descriptor	1+
3	I021/161	Track Number	2
4	I021/015	Service Identification	1
5	I021/071	Time of Applicability for Position	3
6	I021/130	Position in WGS-84 co-ordinates	6
7	I021/131	Position in WGS-84 co-ordinates, high res.	8
FX	-	Field extension indicator	-
8	I021/072	Time of Applicability for Velocity	3
9	I021/150	Air Speed	2
10	I021/151	True Air Speed	2
11	I021/080	Target Address	3
12	I021/073	Time of Message Reception of Position	3
13	I021/074	Time of Message Reception of Position-High Precision	4
14	I021/075	Time of Message Reception of Velocity	3
FX	-	Field extension indicator	-
15	I021/076	Time of Message Reception of Velocity-High Precision	4
16	I021/140	Geometric Height	2
17	I021/090	Quality Indicators	1+
18	I021/210	MOPS Version	1
19	I021/070	Mode 3/A Code	2
20	I021/230	Roll Angle	2
21	I021/145	Flight Level	2
FX	-	Field extension indicator	-
22	I021/152	Magnetic Heading	2
23	I021/200	Target Status	1
24	I021/155	Barometric Vertical Rate	2
25	I021/157	Geometric Vertical Rate	2
26	I021/160	Airborne Ground Vector	4
27	I021/165	Track Angle Rate	2
28	I021/077	Time of Report Transmission	3
FX	-	Field extension indicator	-

FRN	Data Item	Information	Length
29	I021/170	Target Identification	6
30	I021/020	Emitter Category	1
31	I021/220	Met Information	1+
32	I021/146	Selected Altitude	2
33	I021/148	Final State Selected Altitude	2
34	I021/110	Trajectory Intent	1+
35	I021/016	Service Management	1
FX	-	Field extension indicator	-
36	I021/008	Aircraft Operational Status	1
37	I021/271	Surface Capabilities and Characteristics	1+
38	I021/132	Message Amplitude	1
39	I021/250	Mode S MB Data	1+N*8
40	I021/260	ACAS Resolution Advisory Report	7
41	I021/400	Receiver ID	1
42	I021/295	Data Ages	1+
FX	-	Field extension indicator	-
43	-	Not Used	-
44	-	Not Used	-
45	-	Not Used	-
46	-	Not Used	-
47	-	Not Used	-
48	RE	Reserved Expansion Field	1+
49	SP	Special Purpose Field	1+
FX	-	Field extension indicator	-

Octet no. 1

8	7	6	5	4	3	2	1
BPS	SelH	NAV	GAO	SGV	STA	TNH	MES

Datos CAT021

A parte de los subcampos decodificados se deben añadir nuevas columnas para los siguientes campos calculados o tomar las siguientes consideraciones:

- Corrección QNH (solo si aplica)
- Descartar mensajes de aeronaves o vehículos en tierra (NO deben aparecer en CSV)
Se debe mirar el Bit Ground (GBS) del DI I021/040.
- Descartar mensajes de aeronaves que no se encuentren dentro del filtro geográfico indicado (NO deben aparecer en CSV)

$$\begin{aligned}40.9^{\circ} N < \text{Latitud} < 41.7^{\circ} N \\1.5^{\circ} E < \text{Longitud} < 2.6^{\circ} E\end{aligned}$$

Filtros general (CAT048 y CAT021)

- *El usuario podrá filtrar los datos decodificados en base a unas condiciones y a posterior podrá deshacer estos filtros*
 - *El usuario tendrá la opción de poder exportar un CSV con los datos que ha filtrado*
 - *Los filtros se pueden combinar entre ellos, es decir, se puede filtrar más de un criterio a la vez*
- A continuación se definen las condiciones mínimas requeridas para filtrar:*

Filtros general (CAT048 y CAT021)

Condición a filtrar	CAT048	CAT021
Categoría ASTERIX	Sí	Sí
Blanco Puro	Sí	N/A
Transponder Fijo	Sí	Sí
Trayectoria aeronave (optativo)	Sí	Sí
Ground (optativo)	Sí	Ya se descartan previamente como requerimiento

Filtros general (CAT048 y CAT021)

Como mínimo se podrán exportar ficheros filtrando por: todos los datos, eliminando blancos puros, eliminando transponder fijo, categoría ASTERIX y combinaciones de estos.

Podéis elegir otros filtros adicionales según vuestro criterio y que se puedan combinar entre ellos, es decir, aplicar las diferentes condiciones a la vez dentro del mismo filtraje

Interesante eliminar vuelos “on ground”. Ayudará en un futuro dentro del P3.

QUE ES UN BLANCO PURO? Como lo elimino?

Dentro del P2 solo nos va a interesar mensajes que provengan de interrogaciones Modo S o interrogaciones Modo S reforzadas con interrogación primaria. Todo mensaje que provenga, por ejemplo, de una interrogación primaria o secundaria es considerado blanco puro. Repasar documento teoría de SSR+Modo S

Simulación

Se simularán las trayectorias sobre un mapa en saltos de 1s con la posibilidad de avanzar, pausar y resetear dicha simulación.

Se podrá cambiar la velocidad de simulación con la finalidad de avanzar más rápido

Cada blanco tendrá información representativa como pueden ser los identificativos de la aeronave y parámetros obtenidos de la decodificación

Los blancos que hayan sido localizados por ambos sistemas (radar y adsb) estarán bien diferenciados visualmente. Se podrá filtrar la simulación por sistema de localización radar/adsb o ambos

Leyenda y tiempo del día visible en pantalla

Las trayectorias de la simulación son coherentes

Localización Radar BCN:

Latitud: 41° 18' 02,5284" N

Longitud: 02° 06' 07,4095" E

Elevación terreno: 2,007 m

Altura antena: 25,25 m

Rt=6371 Km

Para representar las trayectorias sobre un mapa hará falta realizar algunos cambios de coordenadas ya que ciertos radares ofrecen posiciones cartesianas o polares respecto al propio radar.

Además de cara al proyecto, vuestro SW necesitará descargarse alguna librería visual para implementar dicho mapa.

Librerías recomendadas: Gmap.NET, microsoft, cualquier otra.

Transformación de coordenadas

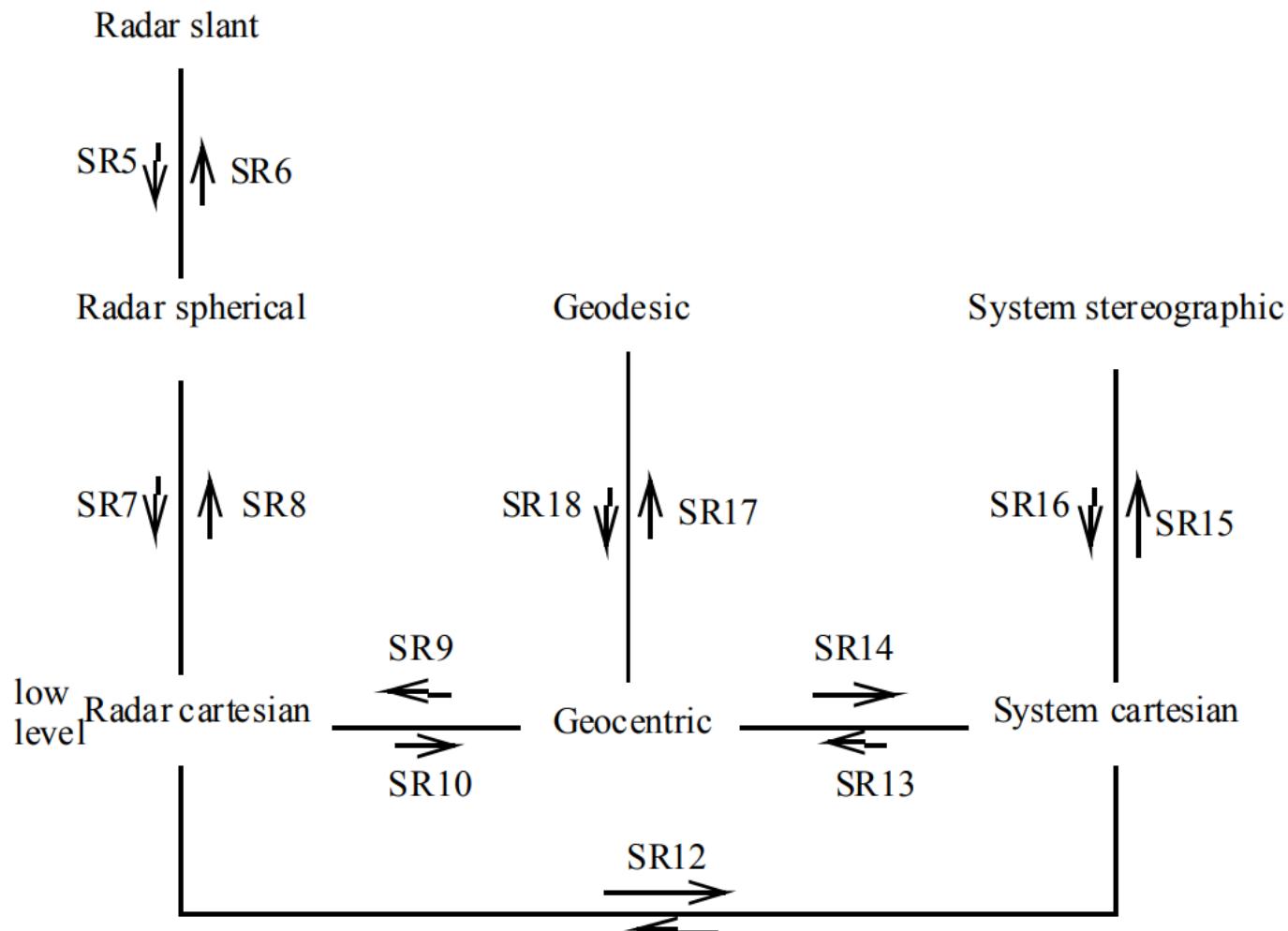


Figure 1. ARTAS Transformations

Transformación de coordenadas

Radar Spherical (ρ , Az , El): system in which coordinates are given by range, azimuth, elevation, and where the system centre point is the radar.

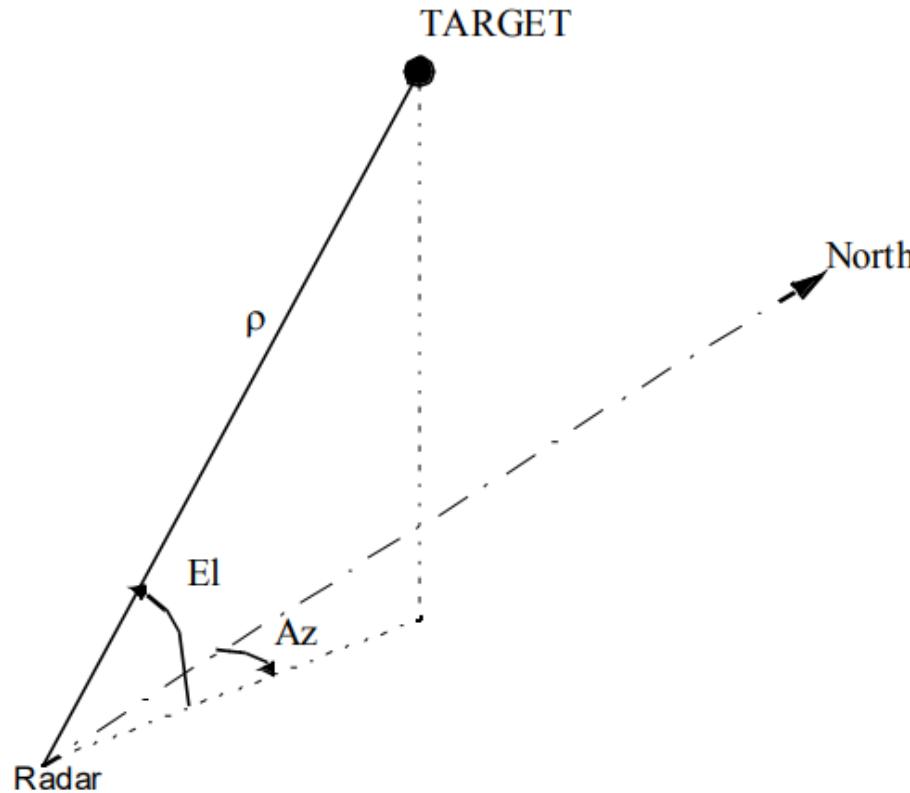


Figure 6. Radar Spherical Coordinates

Transformación de coordenadas

Radar Cartesian (X_L , Y_L , Z_L): system cartesian which has its origin in the i^{th} radar station. The X-axis points horizontally to the east, the Y-axis to the north, and therefore the Z-axis vertically upwards.

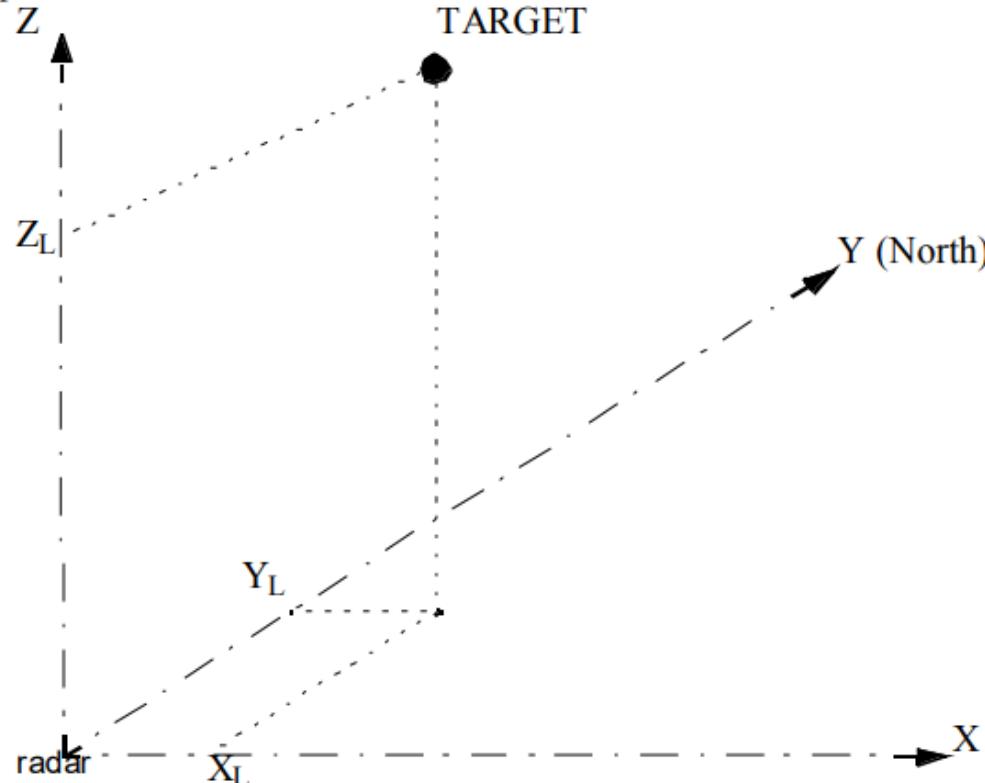


Figure 8. Radar Cartesian Coordinates

Transformación de coordenadas

Geocentric Cartesian (X_g , Y_g , Z_g): cartesian coordinates system which has its origin in the centre of the earth. The X-axis passes through the zero meridian and the Z-axis passes through the North pole.

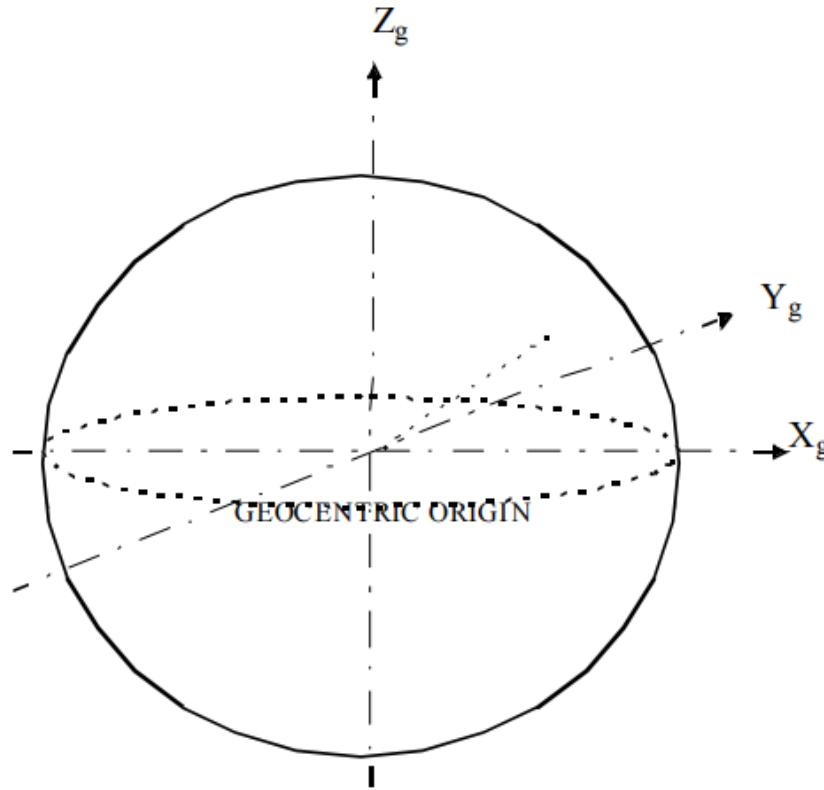


Figure 10. Geocentric Cartesian Coordinates

Transformación de coordenadas

Geodesic (L, G, H): defined by Latitude, Longitude, Altitude. The geodesic coordinates for the system centre and i^{th} radar position are given by (L_S, G_S, H_S) and (L_{Ri}, G_{Ri}, H_{Ri}) , respectively.

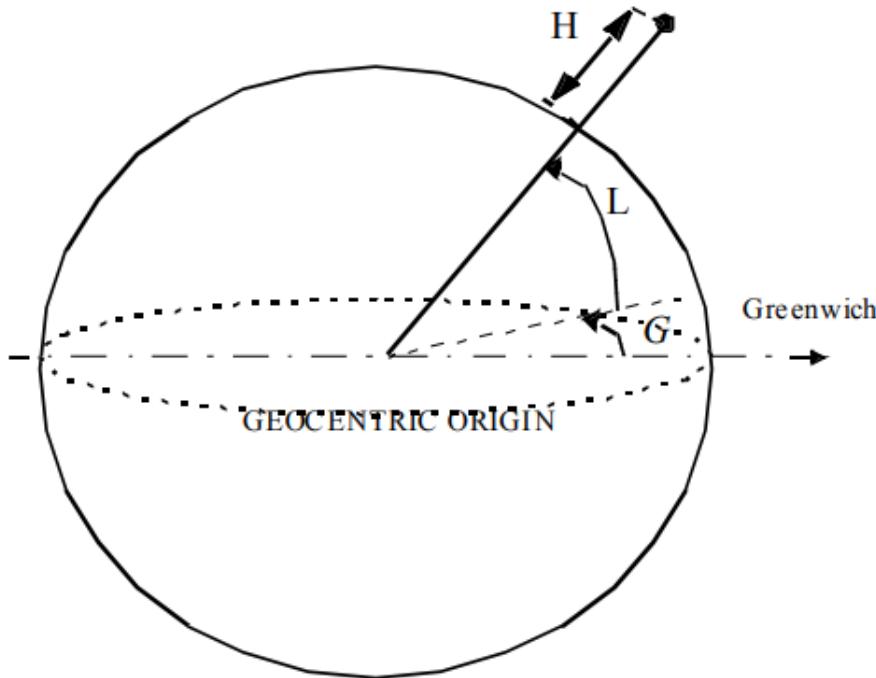


Figure 11. Geodesic Coordinates

Transformación de coordenadas

System Stereographic (U, V, H): point transformation which, to a point M of a half-globe O vertex, associated the intersection point of the straight line (OM) and of the tangent plan. This system is used for display purposes.

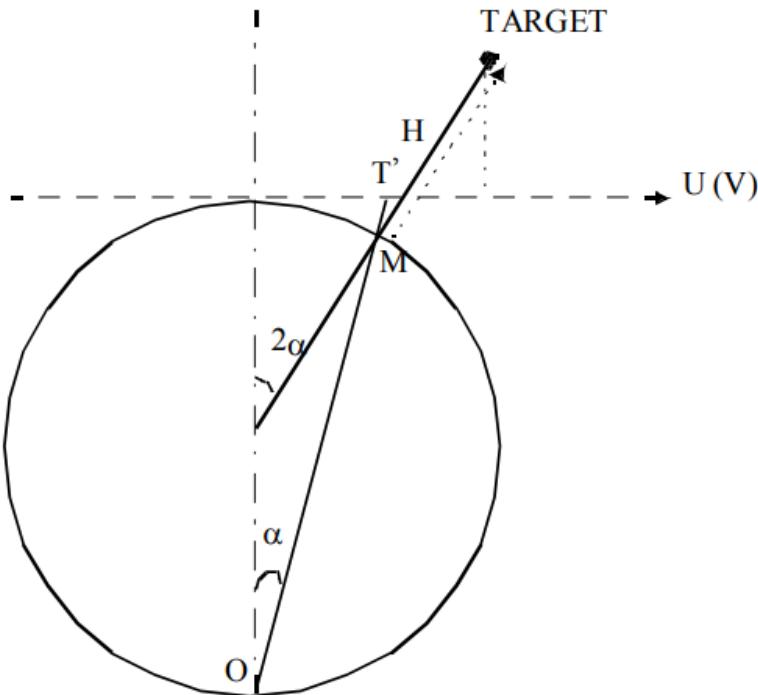
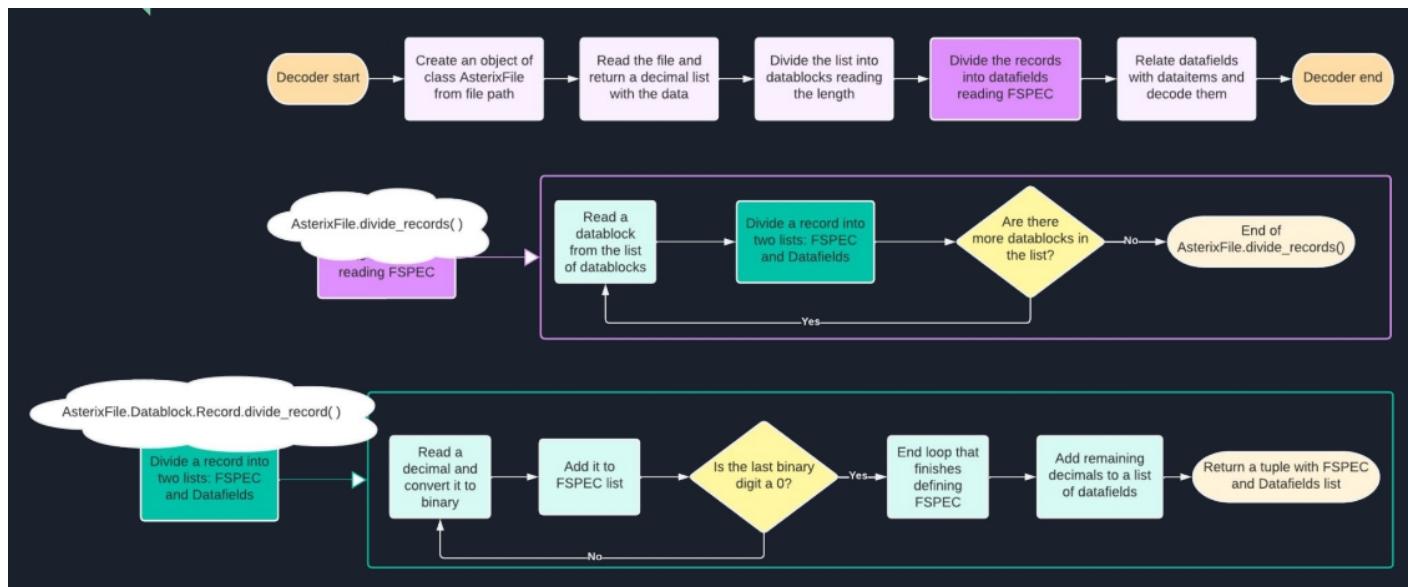
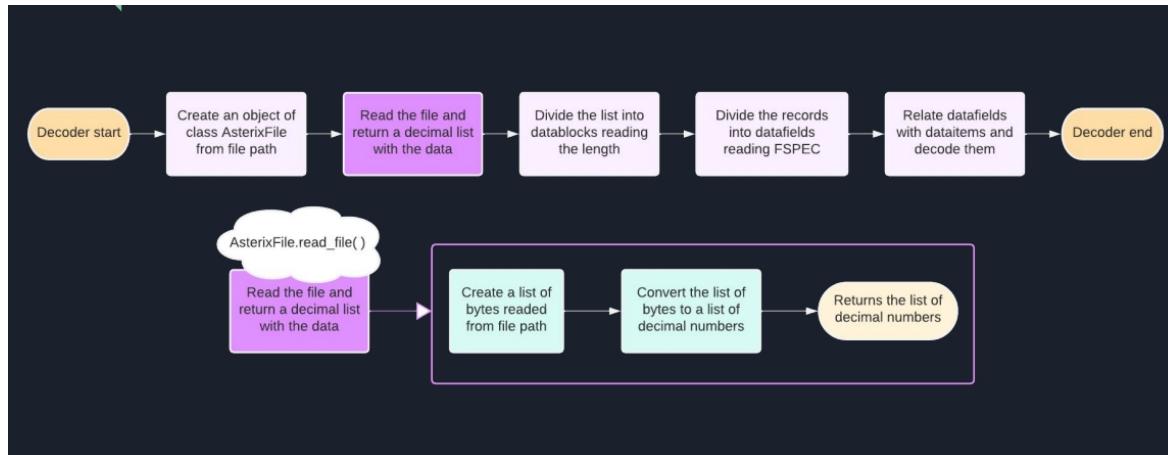


Figure 9. System Stereographic Coordinates

El sistema estereográfico es el sistema empleado para representación y aplicaciones en display (2D)

Ejemplos



Ejemplos Flow explicación del código

Ejemplos

Title	Assignees	Status	Start Date	Finish Date
1 ⚙️ 🏠 Basic Menu/Interface Creation	Done	Mar 3, 2023	Mar 5, 2023	
2 ⚙️ 🎨 Definition of the main classes and functions	Done	Mar 4, 2023	Mar 5, 2023	
3 ⚙️ 📁 Add option to add files to the program	Done	Mar 7, 2023	Mar 10, 2023	
4 ⚙️ 📖 Binary File Read	Done	Mar 7, 2023	Mar 10, 2023	
5 ⚙️ 💡 CAT10 creation in order to read the first file test	Done	Mar 7, 2023	Mar 15, 2023	
6 ⚙️ 📊 Add the option to view the data in table form	Done	Mar 10, 2023	Mar 15, 2023	
7 ⚙️ 🔍 Implementation of the CAT10 and the file reader to display all the desired data in the viewer in table form	Done	Mar 10, 2023	Mar 29, 2023	
8 ⚙️ ✅ Verify that all the data from the table is correct	Done	Mar 16, 2023	Mar 29, 2023	
9 ⚙️ 💡 Creation of CAT21	Done	Mar 29, 2023	Apr 21, 2023	
10 ⚙️ 💬 Eliminate possible bugs and optimize the program	Done	Mar 29, 2023	Apr 22, 2023	
11 ⚙️ 📈 Extra functions in the data table	Done	Mar 29, 2023	Apr 22, 2023	
12 ⚙️ 💡 Implementation of CAT21 in the main code	Done	Apr 18, 2023	Apr 22, 2023	
13 ⚙️ ✅ Verify all the data from the table is correct 2.0.	In Progress	Apr 23, 2023		
14 ⚙️ 🌐 Implement Maps Library	Done	Apr 23, 2023	Apr 30, 2023	
15 ⚙️ 💡 Coordinates Transformations	Done	Apr 23, 2023	Apr 30, 2023	
16 ⚙️ 🌈 Creation of Maps Interface	Done	Apr 23, 2023	Apr 30, 2023	
17 ⚙️ 🌎 Maps Simulation	Done	Apr 30, 2023	May 2, 2023	
18 ⚙️ 📁 Functions of Maps Interface	In Progress	May 2, 2023		
19 ⚙️ 📝 Extra Points	Not Started			
20 ⚙️ ✅ Overall Code Checking	Not Started			

También es interesante representar progreso en diagrama de Gantt

Ejemplo report progreso/planificación

FECHA ENTREGA?

La memoria se puede entregar hasta el 29/11/25, 23:59 LT

La presentación oral del P2 será a definir entre alguno de estos días 04/12-11/12-15/12-18/12.

EVALUACIÓN?

El proyecto ASTERIX Hackathon cuenta el 22% de la nota final de la asignatura

De ese 22%:

80% Documentación aportada

20% Presentación oral individual (presentación invertida), aportaciones en las sesiones de grupo, dudas y resoluciones con el profesor.