



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**Tema:**

**"OBTENCIÓN DE SOLUCIONES SEMANALES DE LAS ESTACIONES  
ACTIVAS DE MONITOREO CONTINUO DE LA RED REGME, EN EL  
PERÍODO CONTINUO DE ENERO-ABRIL DEL 2022"**

**Autores:**

Cervantes Domínguez Fernando David

Imbaquingo Cadena James Steward

**Director del Proyecto:**

Ing. Marco Luna, PhD.

**Director Encargado de Carrera:**

Ing. Alexander Robayo, MSc.

**Docente Evaluador:**

Ing. César Leiva, MSc.

**Secretaria académica:**

Abg. Michelle Benavides.





# Introducción



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Planteamiento del Problema



Tiempo de demora de 2 meses aproximadamente

Efemérides precisas tiempo en publicarse 12 a 18 días

Procesan un aproximado de 450 estaciones

El problema es el tiempo de publicación de las soluciones semanales para el acceso público



Desde 2019-11 (Sánchez & Seemüller, 2010)

Es necesario partir de un punto de referencia conocido y que sea confiable

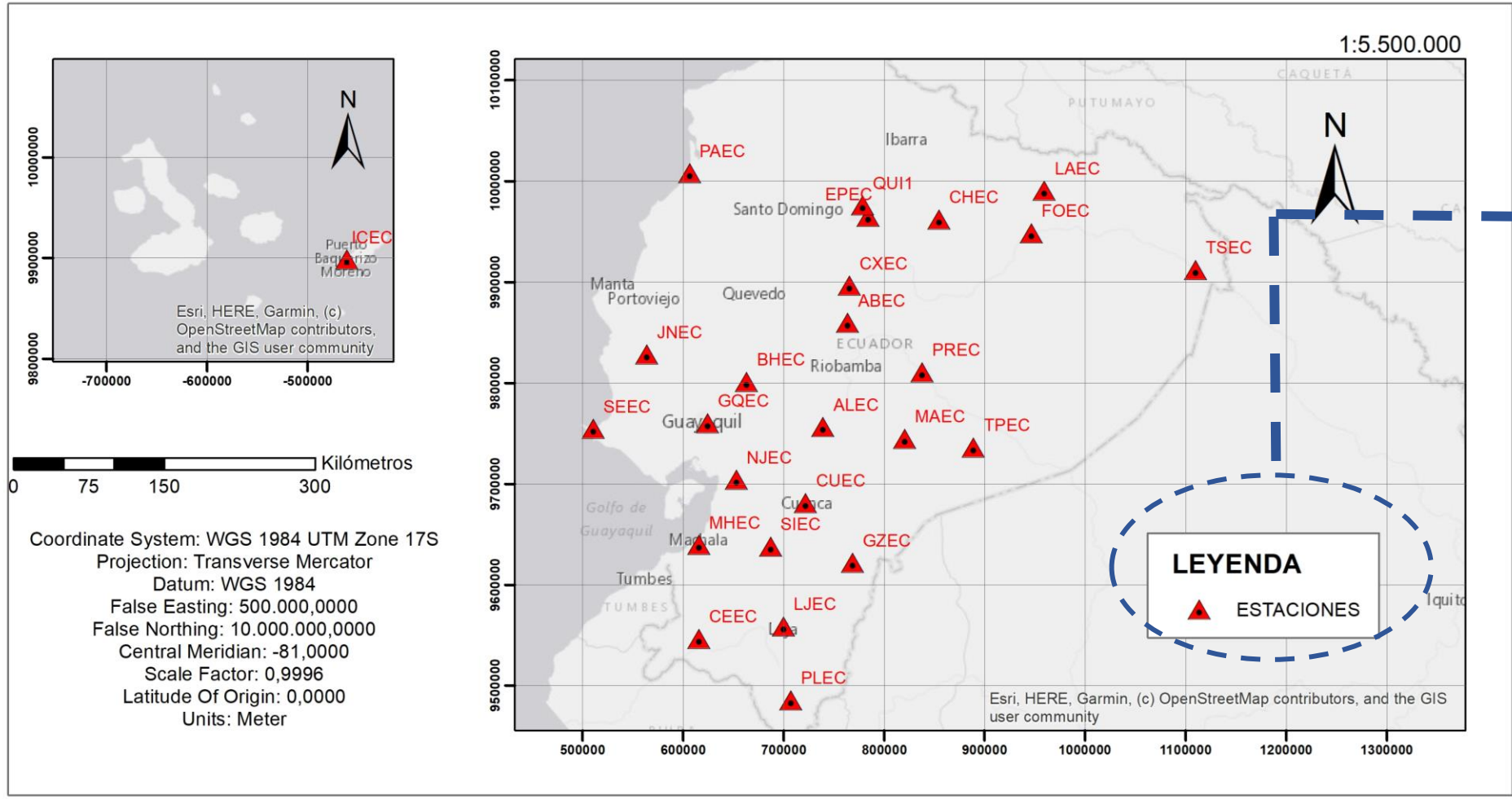
La REGME otorga datos crudos mientras que SIRGAS soluciones semanales



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Área de Estudio



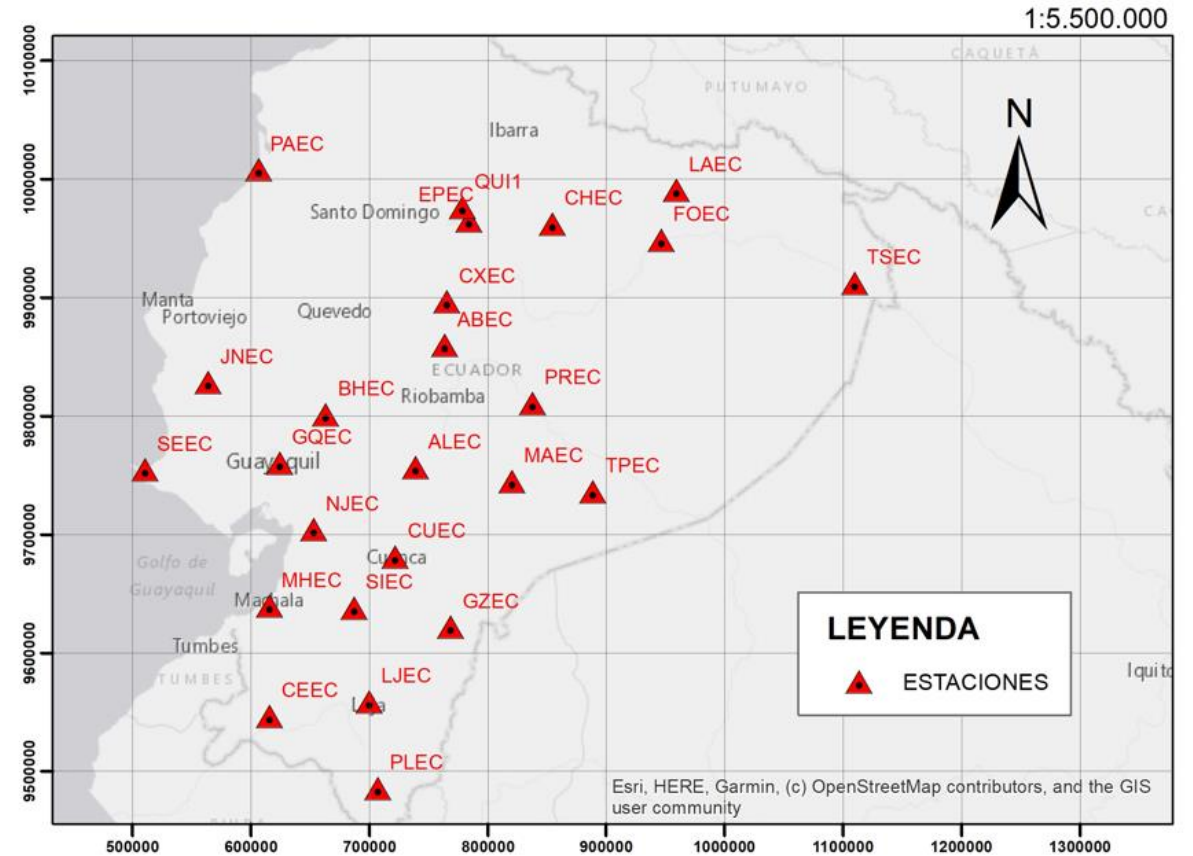
Red GNSS de  
Monitoreo Continuo de  
Ecuador – REGME



# Objetivos

## Objetivo General

Obtener las soluciones semanales de las estaciones activas de monitoreo continuo de la REGME, en el período continuo de Enero-Abril del 2022, mediante el software GNSS Bernese 5.2.



# Objetivos

## **Objetivos Específicos**

- Procesar las observaciones de las estaciones pertenecientes a la REGME en el software científico Bernese 5.2, mediante la recopilación de información existente y tratamiento de datos para el procesamiento de varias campañas.
- Obtener las coordenadas semanales de las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME utilizando efemérides ultrarrápidas.
- Obtener las coordenadas semanales de las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME utilizando efemérides rápidas.
- Obtener las coordenadas semanales de las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME utilizando efemérides finales.
- Comparar las coordenadas del resultado obtenido con efemérides ultrarrápidas, rápidas y finales, con respecto a la realización SIRGAS.
- Comparar los tiempos de recopilación, procesamiento y precisiones de las efemérides ultrarrápidas, rápidas y finales.





# Marco Teórico

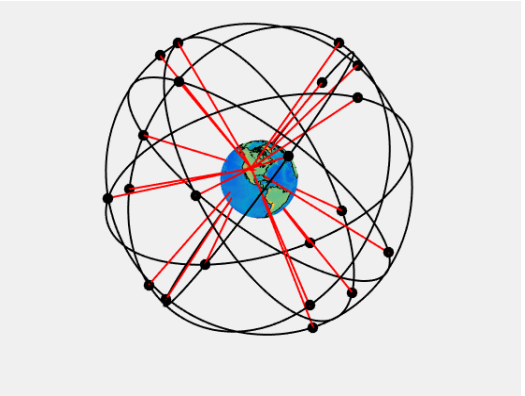
# Archivos de Órbita (Efemérides GPS)



Conjunto de parámetros orbitales y sus correcciones correspondientes en un momento determinado

Se puede calcular la posición y la velocidad de un satélite específico en cualquier momento

Las Ultrarrápidas abarcan 48 horas de observaciones, las primeras 24 horas son observaciones ajustadas y las otras son una predicción



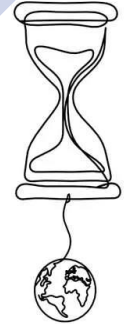
Tipo	Precisión	Latencia	Intervalo	Actualización
Transmitidas	100 cm	Tiempo real	Diario	-
UR (previsto)	5 cm	Tiempo real	15 min	03, 09, 15, 21 horas UTC
UR (observada)	3 cm	3-9 horas	15 min	03, 09, 15, 21 horas UTC
Rápidas	2.5 cm	17-41 horas	15 min	17 horas UTC
Finales	2.5 cm	12-18 días	15 min	Cada jueves

(Tusat & Ozyuksel, 2018)

# Archivos de Reloj (CLK)

Son correcciones de reloj satelital en tiempo real estimados utilizando observaciones de fase y rango no diferenciadas de una red global

El IGS solo proporcionan archivos de reloj finales y rápidos

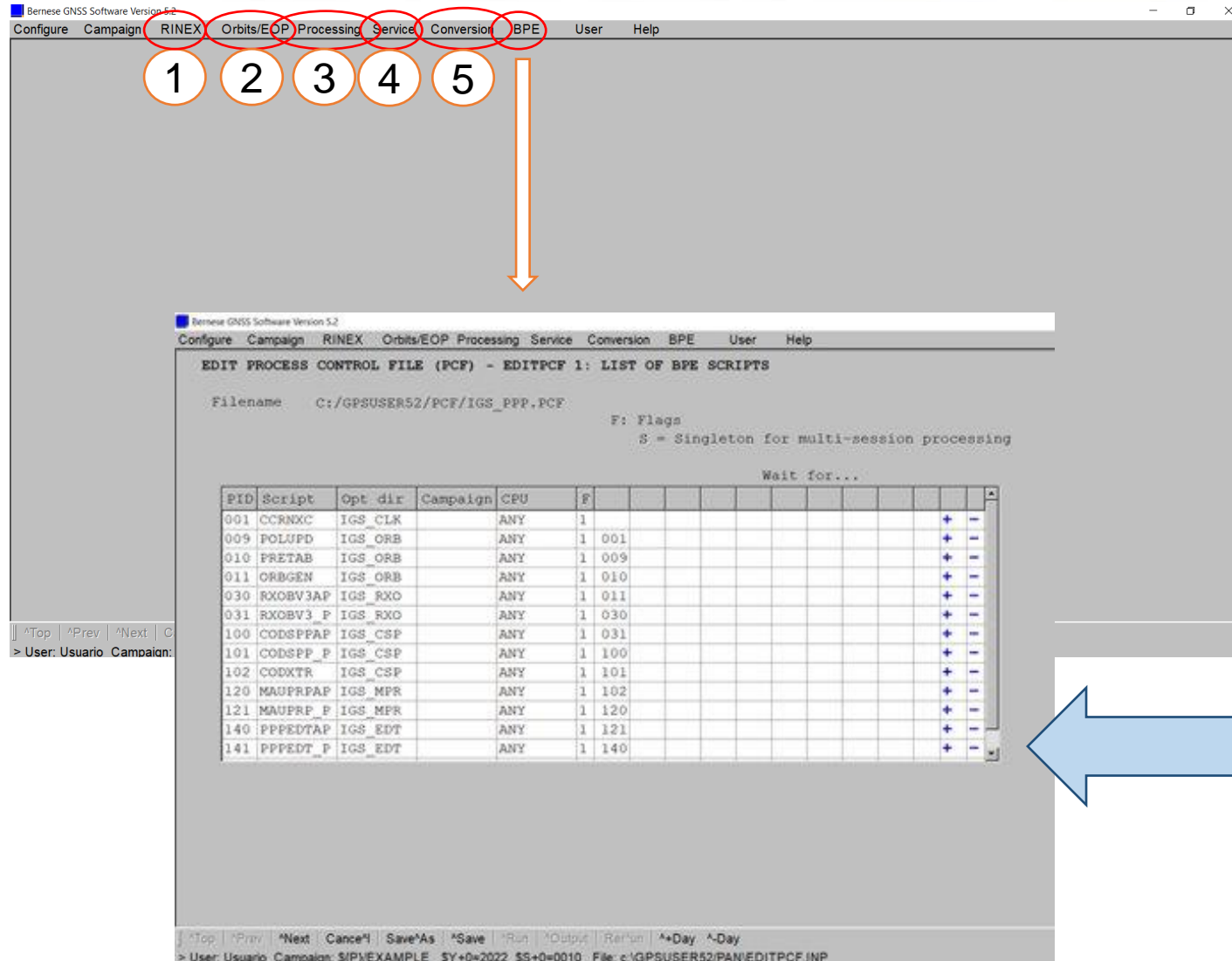


Tipo	Precisión	Latencia	Intervalo	Actualización
Rápidas	75 ps	17-41 horas	5 min	17 horas UTC
Finales	75 ps	12-18 días	5 min (Est) 30 s (Sat)	Cada jueves

(Tusat & Ozyuksel, 2018)



# Software Científico GNSS Bernese



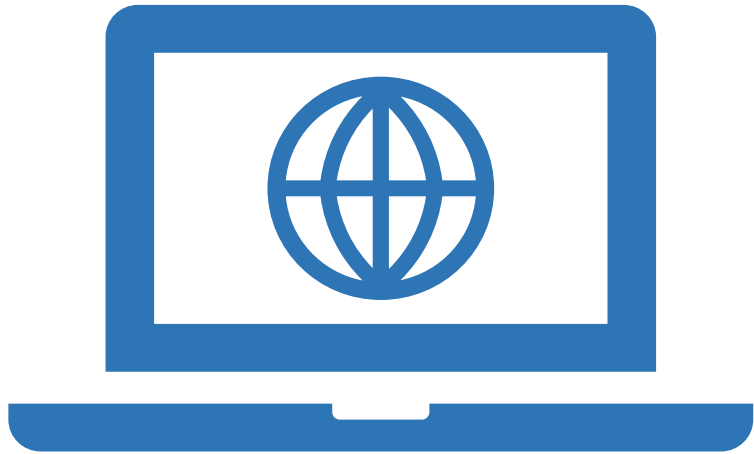
The screenshot displays the Bernese GNSS Software Version 5.2 interface. The menu bar includes: Configure, Campaign, RINEX, Orbits/EOP, Processing, Service, Conversion, BPE, User, and Help. Five numbered callouts (1-5) are placed above the menu items RINEX, Orbits/EOP, Processing, Service, and Conversion. An orange arrow points from the 'BPE' menu item down to a window titled 'EDIT PROCESS CONTROL FILE (PCF) - EDITPCF 1: LIST OF BPE SCRIPTS'. This window shows a table of scripts with columns for PID, Script, Opt dir, Campaign, CPU, and F. The table lists 14 scripts, each with a unique PID and script name.

PID	Script	Opt dir	Campaign	CPU	F															
001	OCRXXC	IGS CLK		ANY	1															
009	POLUPD	IGS ORB		ANY	1	001														
010	PRETAB	IGS ORB		ANY	1	009														
011	ORBGEN	IGS ORB		ANY	1	010														
030	RXOBV3AP	IGS RXO		ANY	1	011														
031	RXOBV3_P	IGS RXO		ANY	1	030														
100	CODSPFAP	IGS CSP		ANY	1	031														
101	CODSPP_P	IGS CSP		ANY	1	100														
102	CODXTR	IGS CSP		ANY	1	101														
120	MAUPRPAP	IGS MPR		ANY	1	102														
121	MAUPRP_P	IGS MPR		ANY	1	120														
140	PPPEDTAP	IGS EDT		ANY	1	121														
141	PPPEDT_P	IGS EDT		ANY	1	140														

- 1 RINEX.- Transferencia y manipulación de archivos RINEX.
- 2 Órbitas/EOP.- Programas relacionados a las órbitas y parámetros de orientación terrestre.
- 3 Procesamiento.- Programas principales del procesamiento en Bernese.
- 4 Conversión.- Programas de conversión de archivos binarios a ASCII y viceversa.
- 5 Servicio.- Recopilación de varios programas p.e. Parte de simulación.

A través de una lista de tareas denominado Process Control File (PCF) se puede ejecutar un BPE, ya que define una serie de scripts que deben ejecutarse secuencialmente o en paralelo.





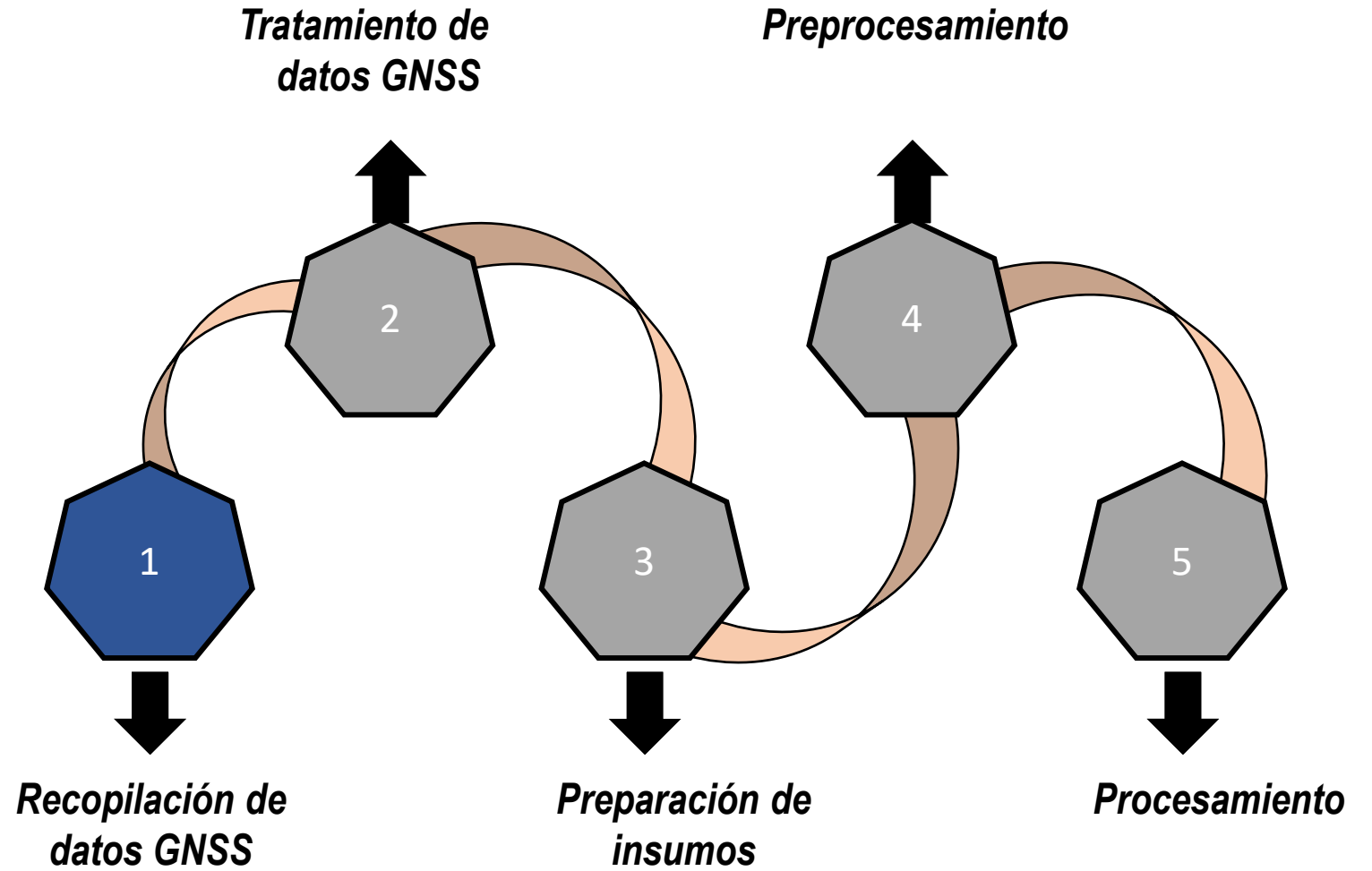
# Metodología



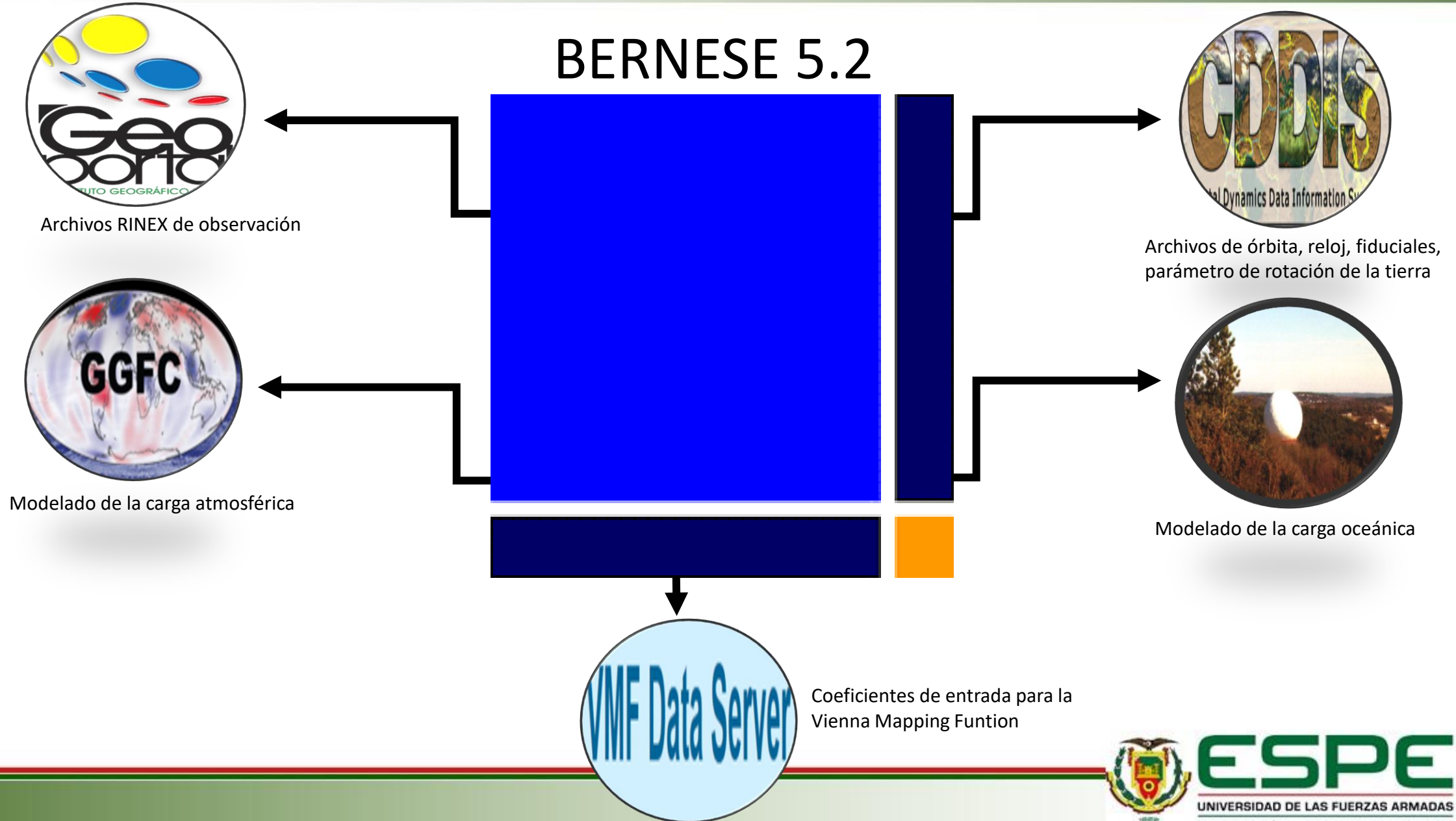
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



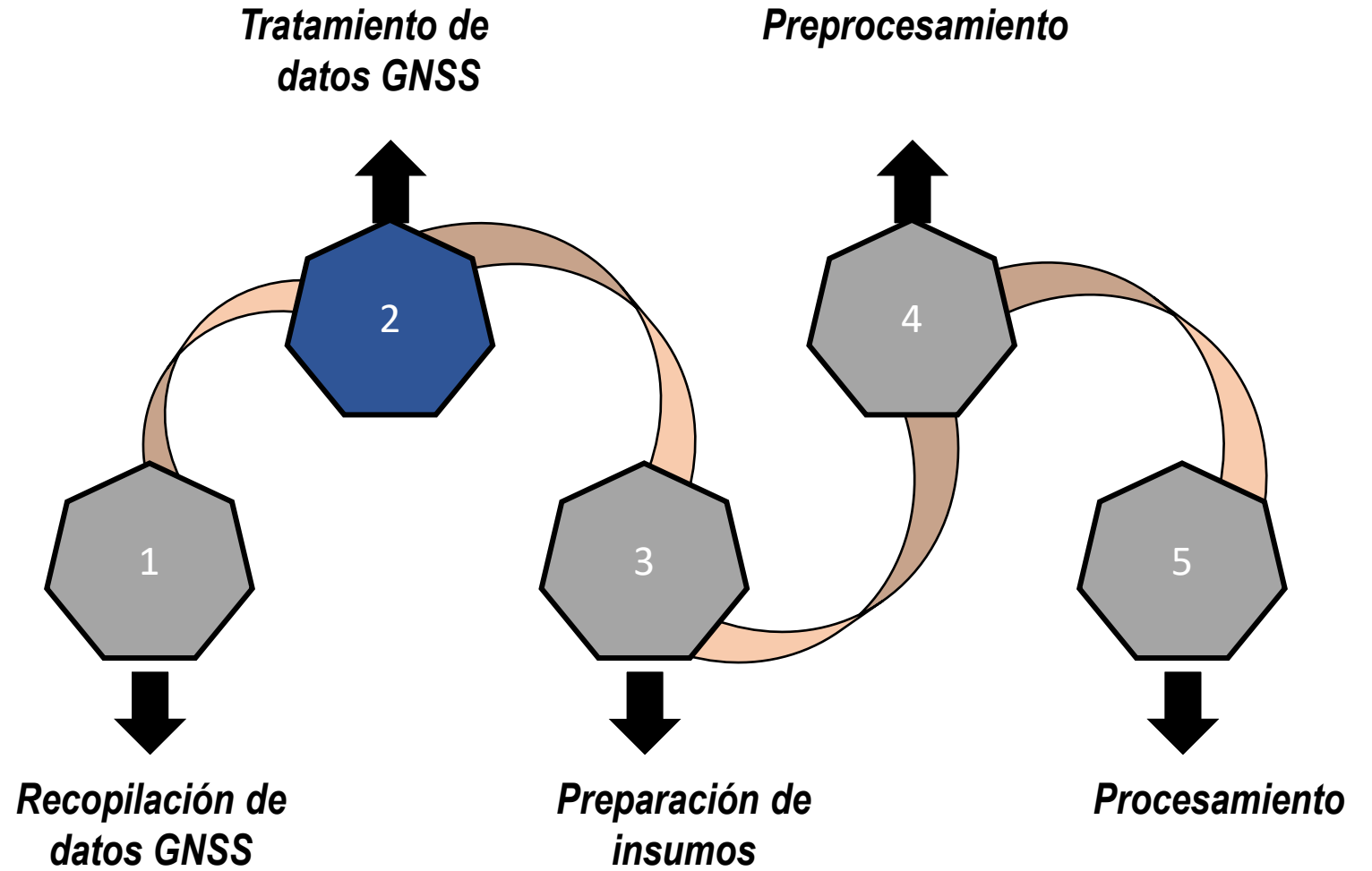
# Etapas



# Recopilación de Información



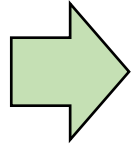
# Etapas



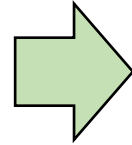
# Tratamiento de Datos GNSS



CRX2RNX  
(Hatanaka)

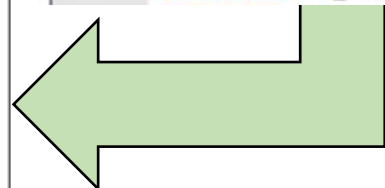


Archivos de Observación  
RINEX



```

1 @ECHO OFF
2
3 REM Mes Enero
4
5 REM Semana 2191
6
7 gzip -d *.22D.Z
8
9 crx2rnx ALEC0010.22d
10 crx2rnx ABEC0010.22d
11 crx2rnx BHEC0010.22d
12 crx2rnx CEEC0010.22d
13 crx2rnx CXEC0010.22d
14 crx2rnx CUEC0010.22d
15 crx2rnx CHEC0010.22d
16 crx2rnx EPEC0010.22d
17 crx2rnx FOEC0010.22d
18 crx2rnx GZEC0010.22d
19 crx2rnx GQEC0010.22d
    
```



2021	12	6	0	0	0.0000000	GPS	TIME OF FIRST OBS	END OF HEADER
421	12	6	0	0	0.0000000	0 28G03R12R11R24R02R21G04G21G01R23G09G17G08R08G27R01G16R22G22G07E21E26E07E13E33E27E01E19		
34124051823376	3496663852525	3423606297422	3423606305656	3439900	3425300	644		
34123826035301	3496309208066	3423180470531	3423180469742	3423180471027	3440200	3440200	6 6	
34122665149231	3495406292376	3422955091052	3422955091656	3422955091434	3440800	3442200	6 7	
34122178916216	3495026541572	3422847694094	3422847693227	3422847697695	3441400	3441200	6 6	
34116759205181	3490812744294	3421880625711	3421880625773	3421880628496	3444800	3444200	7 7	
34131499545789	34102277486944	3424573825703	3424573823555	3424573822684	3433100	3435600	5 5	
34108194631115	3484307588911	3420588758953	3420588764367	3448400	3443600	847		
34100566797692	3484597695606	34206559573344	3420659576977	3447200	3441000	746		
34112857422686	3487941013191	3421476055633	3421476064453	3447400	3439800	746		
34106230961981	3419858744828	3419858743535	3449200	8				
34112969936196	3480028443514	3421497432930	3421497439574	3447000	3442600	747		
34123598490688	3496310659407	3423520030156	3423520036945	3440200	3425000	644		
34114720339628	3489392522837	3421830525133	3421830531391	3445000	3437400	746		
34120202303254	3459712879070	3423940881789	3423940880040	3423940882980	3436300	3435900	6 5	
34127411319918	3499281649454	3424245549672	342424554926	3437300	3420600	643		
34115812642448	3490076507200	3421665149039	3421665147523	3421665152207	3442400	3439700	7 6	
34134205553641	3425538462016	3431200	5					
34109452737895	3485129941016	3420504179852	3420504180656	3420504180699	3437900	3436800	6 6	
34123575847551	3496292921785	3423515715445	3423515719496	3434800	3421300	543		

2021	12	6	0	0	0.0000000	GPS	TIME OF FIRST OBS	END OF HEADER
21	12	6	0	0	0.0000000	0 28G03R12R11R24R02R21G04G21G01R23G09G17G08R08G27R01G16R22G22G07E21E26E07E13E33E27E01E19		
124051823.376	6	96663852.52544	23606297.422			23606305.656		
39.900		25.300						
123826035.301	6	96309208.066	6	23180470.531	23180469.742	23180471.027		
40.200		40.200						
122665149.231	6	95406292.376	7	22955091.852	22955091.656	22955091.434		
40.800		42.200						
122176916.216	6	95026541.572	6	22847694.094	22847693.227	22847697.695		
41.400		41.200						
116759205.181	7	90812744.294	7	21880625.711	21880625.773	21880628.496		
44.800		44.200						
131499545.789	5	102277486.944	5	24573825.703	24573823.555	24573822.684		
33.100		35.600						
108194631.115	8	84307588.91147	20588758.953			20588764.367		
48.400		43.600						
108566797.692	7	84597695.60646	20659573.344			20659576.977		
47.200		41.000						

Archivos con Compresión Hatanaka

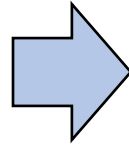
Archivos Comando CRX2RNX



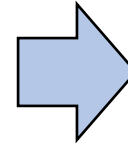
# Tratamiento de Datos GNSS



GFZRNX



Archivos de Observación RINEX



```
1 ECHO OFF
2 gfzrnx -finp ALEC0010.22o -fout ALEC0010.20 -satsys G --version_out 2
3 gfzrnx -finp ABEC0010.22o -fout ABEC0010.20 -satsys G --version_out 2
4 gfzrnx -finp BHEC0010.22o -fout BHEC0010.20 -satsys G --version_out 2
5 gfzrnx -finp CEEC0010.22o -fout CEEC0010.20 -satsys G --version_out 2
6 gfzrnx -finp CXEC0010.22o -fout CXEC0010.20 -satsys G --version_out 2
7 gfzrnx -finp CUEC0010.22o -fout CUEC0010.20 -satsys G --version_out 2
```

File Name	Date	Size	Observation Type
ABEC0010.22O	13/6/2022 16:48	7.697 KB	MIXTA
ABEC0010.22O	9/5/2022 21:10	3.994 KB	GPS

File	79	480	480	480	480
E01	480	480	480	480	480
E02	1571	1571	1571	1571	1571
E03	1589	1589	1589	1589	1589

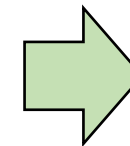
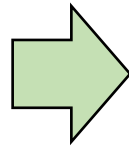
  

File	31	1146	1146	1146	1130	1146	1146
G01	1146	1146	1146	1130	1146	1146	1146
G02	1250	1250	1250	1249	1249	1249	1249
G03	1241	1241	1241	1237	1241	1241	1241

ARCHIVO CON OBSERVACIÓN MIXTA      ARCHIVO CON OBSERVACIÓN GPS



# Tratamiento de Datos GNSS



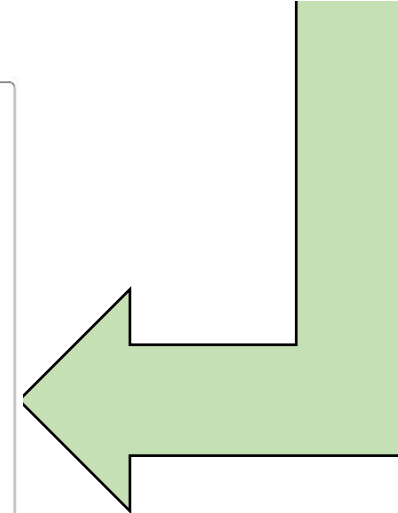
```
1 @ECHO OFF
2 gzip -d *.exp.Z
3 gzip -d *.sp3.Z
4
5 sed -i "s/12 31 18 0 0.00000000 192 ORBIT/1 1 0 0 0.00000000 96/" igu21906_18.sp3
6 sed -i "s/## 2190/## 2191/" igu21906_18.sp3
7 sed -i "s/900.00000000 59579 0.75000000000000/900.00000000 59580 0.000000000000/" igu21906_18.sp3
8 sed -i "s/ P P/ /" igu21906_18.sp3
9 sed -i "23,814d" igu21906_18.sp3
10 sed -i "3191,5566d" igu21906_18.sp3
11
12 ren igu21906_18.sp3 IGU21906.SP3
```

```
#CP2022 1 24 18 0 0.00000000 192 ORBIT IGB14 HLM IGS
## 2194 151200.00000000 900.00000000 59603 0.75000000000000
+ 31 G01G02G03G04G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17
+ G18G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30G31G32 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 0 0 0 0
++ 4 3 4 3 3 3 3 4 3 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
++ 3 4 3 4 4 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 3 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 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
%# G cc GPS ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%# cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%f 1.2500000 1.025000000 0.000000000000 0.0000000000000000
%f 0.0000000 0.000000000 0.0000000000 0.0000000000000000
* 2022 1 25 18 0 0.00000000
PG01 -11388.835484 -13317.897530 -20343.412523 448.106093 9 7 6 209 P F
PG02 -12086.358006 14649.995297 19290.576849 -649.492474 7 8 6 221 P F
PG03 -12846.235975 -23260.918295 -1663.692367 -92.855721 11 9 13 225 P F
PG04 -4120.749028 18512.276750 18564.055711 999999.999999 9 5 10 P F
PG05 1542.959791 21540.491870 15199.581206 -69.141890 7 6 7 227 P F
PG06 -24696.430871 5825.457934 8041.304876 181.448539 4 7 7 249 P F
PG07 -24288.313042 -6482.288594 9685.102299 305.003162 7 6 7 218 P F
```

Archivo de Órbita Ultrarrápida \_18.sp3

```
#CP2022 1 25 0 0 0.00000000 96 ORBIT IGB14 HLM IGS
## 2194 151200.00000000 900.00000000 59604 0.00000000000000
+ 31 G01G02G03G04G05G06G07G08G09G10G11G12G13G14G15G16G17
+ G18G19G20G21G22G23G24G25G26G27G28G29G30G31G32 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 0 0 0 0
++ 4 3 4 3 3 3 3 4 3 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
++ 3 4 3 4 4 3 3 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
++ 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 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
%# G cc GPS ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%# cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%f 1.2500000 1.025000000 0.0000000000 0.0000000000000000
%f 0.0000000 0.000000000 0.0000000000 0.0000000000000000
* 2022 1 25 18 0 0.00000000
PG01 -11388.835484 -13317.897530 -20343.412523 448.106093 9 7 6 209 P F
PG02 -12086.358006 14649.995297 19290.576849 -649.492474 7 8 6 221 P F
PG03 -12846.235975 -23260.918295 -1663.692367 -92.855721 11 9 13 225 P F
PG04 -4120.749028 18512.276750 18564.055711 999999.999999 9 5 10 P F
PG05 1542.959791 21540.491870 15199.581206 -69.141890 7 6 7 227 P F
PG06 -24696.430871 5825.457934 8041.304876 181.448539 4 7 7 249 P F
PG07 -24288.313042 -6482.288594 9685.102299 305.003162 7 6 7 218 P F
```

Archivo de Órbita Ultrarrápida con el Comando SED

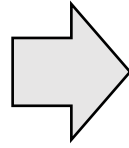




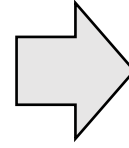
# Tratamiento de Datos GNSS



**COPY**  
(Concatenar)



Coeficientes para la  
función de Mapeo de  
Viena



```
1 @ECHO OFF
2
3 copy VMFG_20220102.H00+VMFG_20220102.H04+VMFG_20220102.H12+VMFG_20220102.H18+VMFG_20220103.H00 VMF21910.GRD
4 copy VMFG_20220103.H00+VMFG_20220103.H04+VMFG_20220103.H12+VMFG_20220103.H18+VMFG_20220104.H00 VMF21911.GRD
5 copy VMFG_20220104.H00+VMFG_20220104.H04+VMFG_20220104.H12+VMFG_20220104.H18+VMFG_20220105.H00 VMF21912.GRD
6 copy VMFG_20220105.H00+VMFG_20220105.H04+VMFG_20220105.H12+VMFG_20220105.H18+VMFG_20220106.H00 VMF21913.GRD
7 copy VMFG_20220106.H00+VMFG_20220106.H04+VMFG_20220106.H12+VMFG_20220106.H18+VMFG_20220107.H00 VMF21914.GRD
8 copy VMFG_20220107.H00+VMFG_20220107.H04+VMFG_20220107.H12+VMFG_20220107.H18+VMFG_20220108.H00 VMF21915.GRD
9 copy VMFG_20220108.H00+VMFG_20220108.H04+VMFG_20220108.H12+VMFG_20220108.H18+VMFG_20220109.H00 VMF21916.GRD
10
```

VMFG\_20220101.H00 2022-01-02 18:00 653K  
VMFG\_20220101.H06 2022-01-02 18:00 653K  
VMFG\_20220101.H12 2022-01-02 18:00 653K  
VMFG\_20220101.H18 2022-01-02 18:00 653K

Version: 1.0  
Source: J. Boehm, TU Vienna (created: 2022-01-02)  
Data\_types: VMF1 (lat lon ah au zhd zsd)  
Epoch: 2022 01 01 00 00 0.0

Version: 1.0  
Source: J. Boehm, TU Vienna (created: 2022-01-02)  
Data\_types: VMF1 (lat lon ah au zhd zsd)  
Epoch: 2022 01 01 00 00 0.0

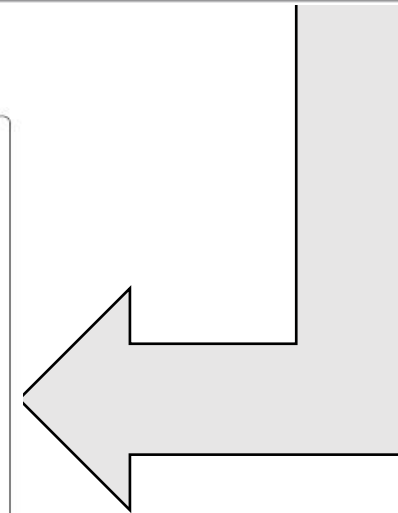
Version: 1.0  
Source: J. Boehm, TU Vienna (created: 2022-01-02)  
Data\_types: VMF1 (lat lon ah au zhd zsd)  
Epoch: 2022 01 01 00 00 0.0

Version: 1.0  
Source: J. Boehm, TU Vienna (created: 2022-01-02)  
Data\_types: VMF1 (lat lon ah au zhd zsd)  
Epoch: 2022 01 01 00 00 0.0

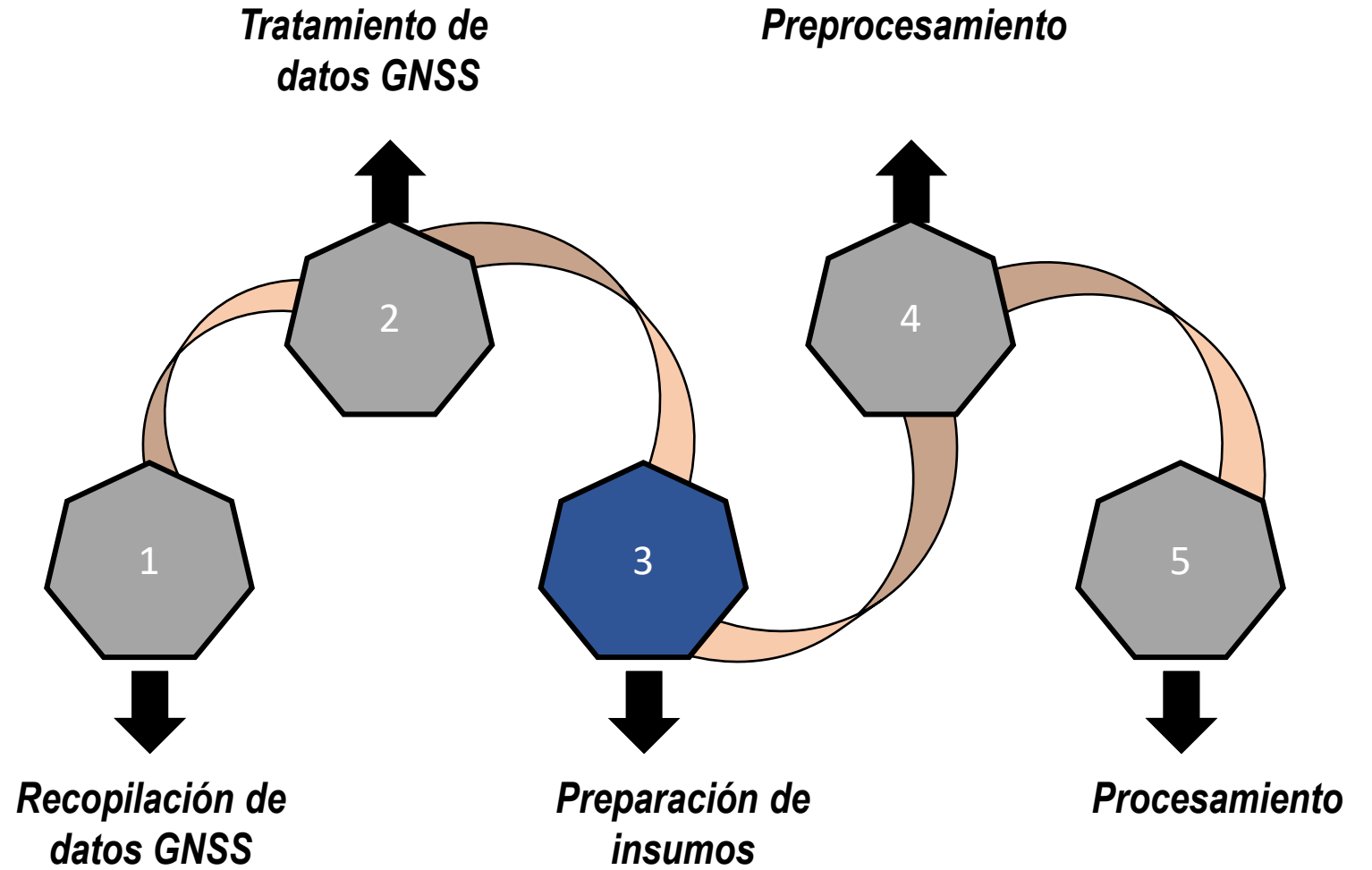
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
VMF21906.GRD	26/4/2022 20:50	Archivo GRD	3.265 KB

Archivos de los Coeficiente VMF  
Concatenados con el Comando COPY

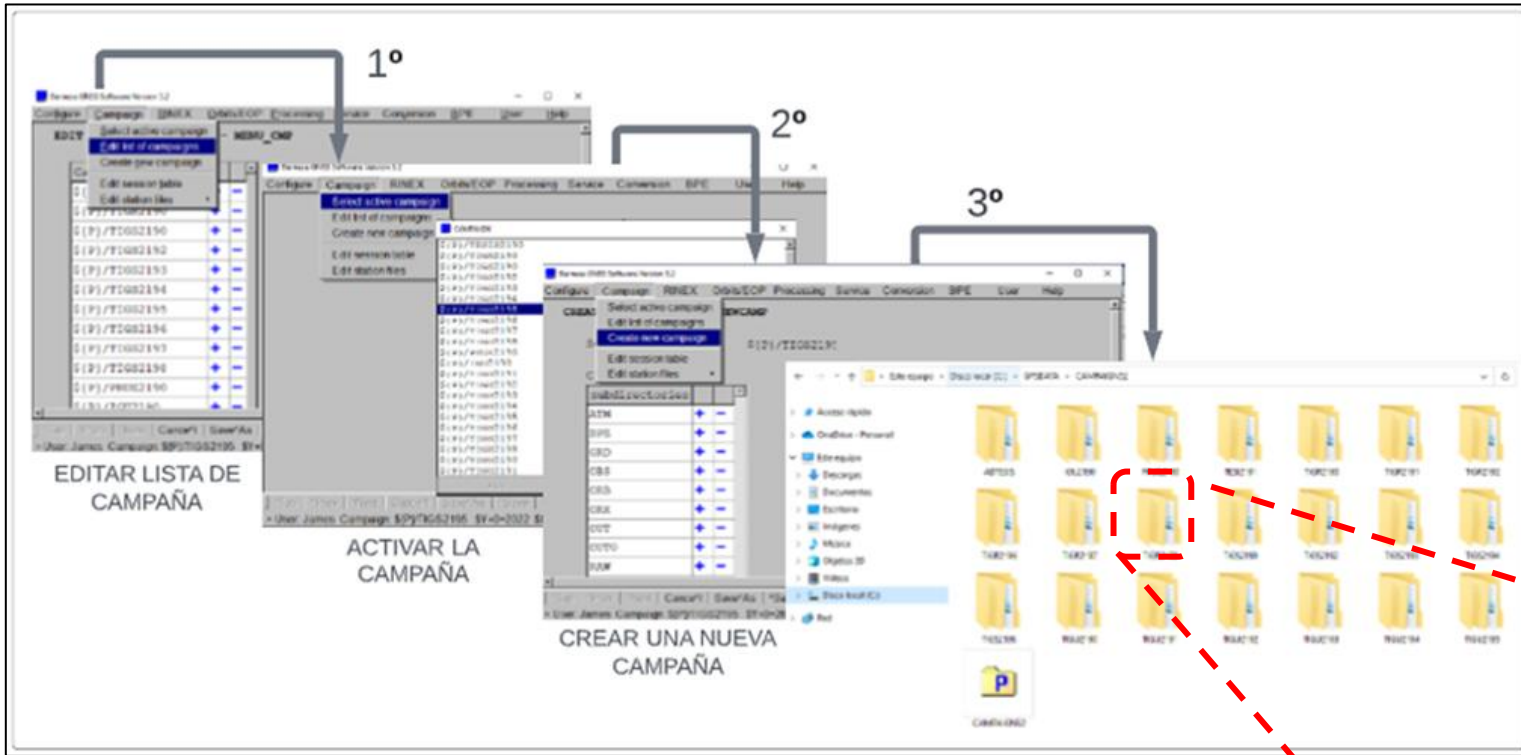
Archivos de los Coeficientes VMF



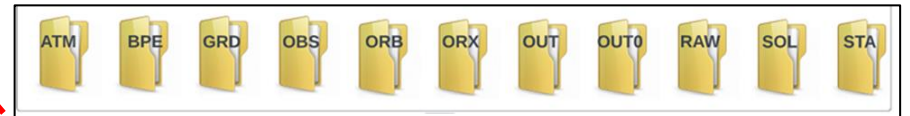
# Etapas



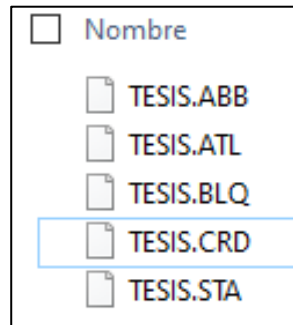
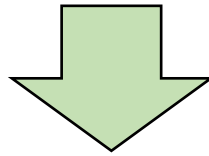
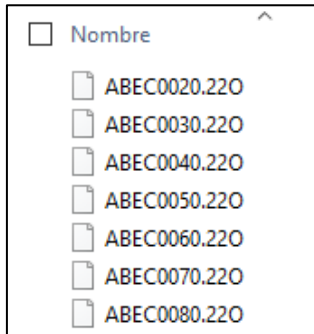
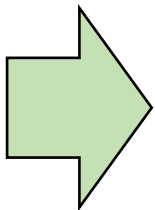
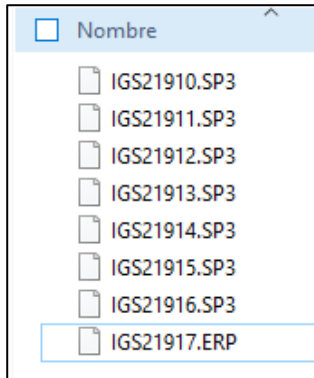
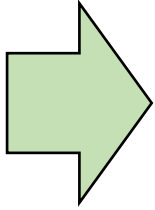
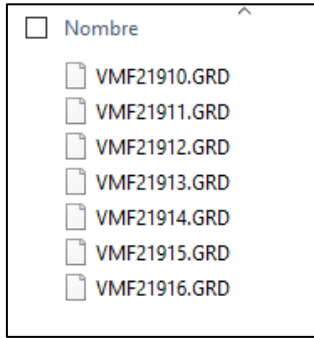
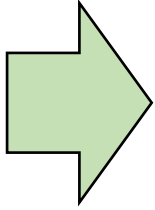
# Preparación de Insumos



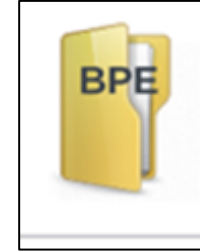
El procesamiento del software Bernese está orientado a campañas, todos los archivos de entrada y resultados se escriben en subcarpetas de la carpeta de la campaña



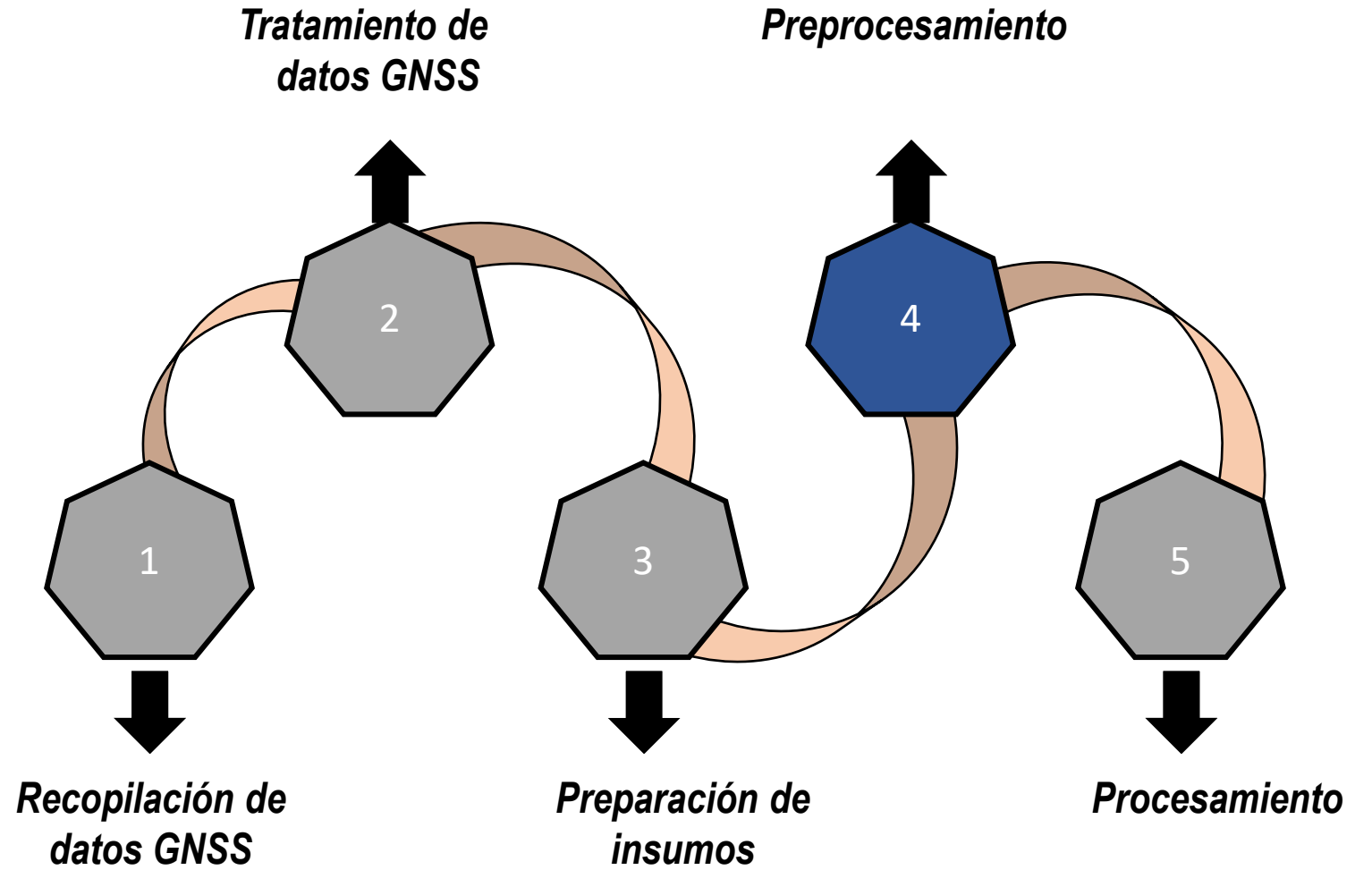
# Preparación de Insumos



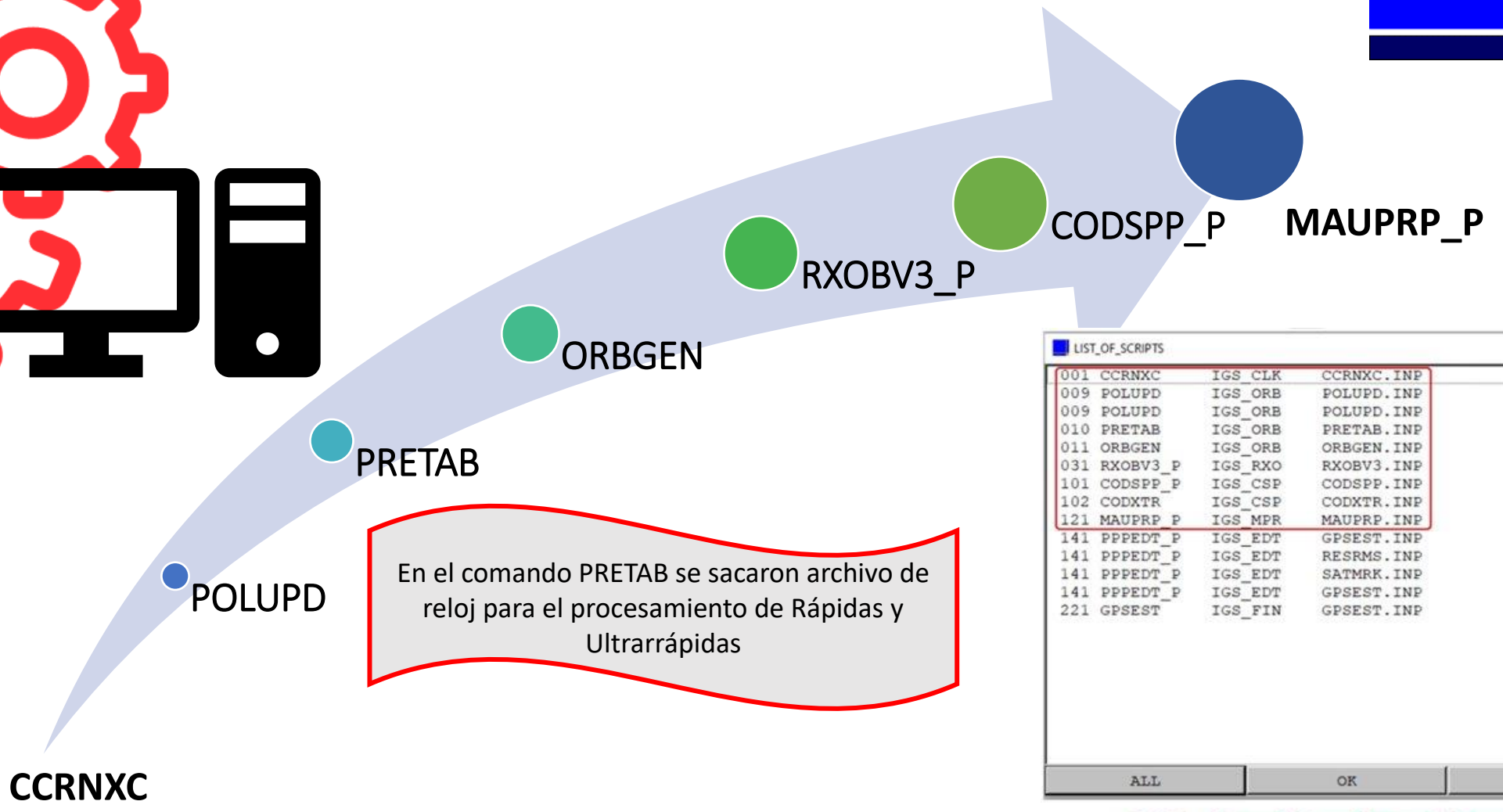
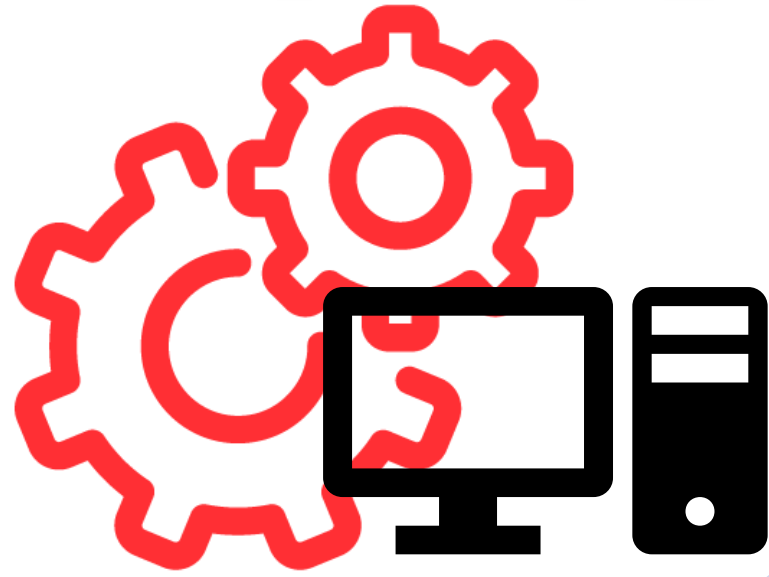
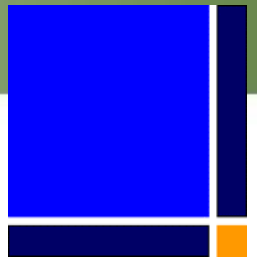
Se generan archivos en estas carpetas durante y al final del procesamiento



# Etapas



# Preprocesamiento



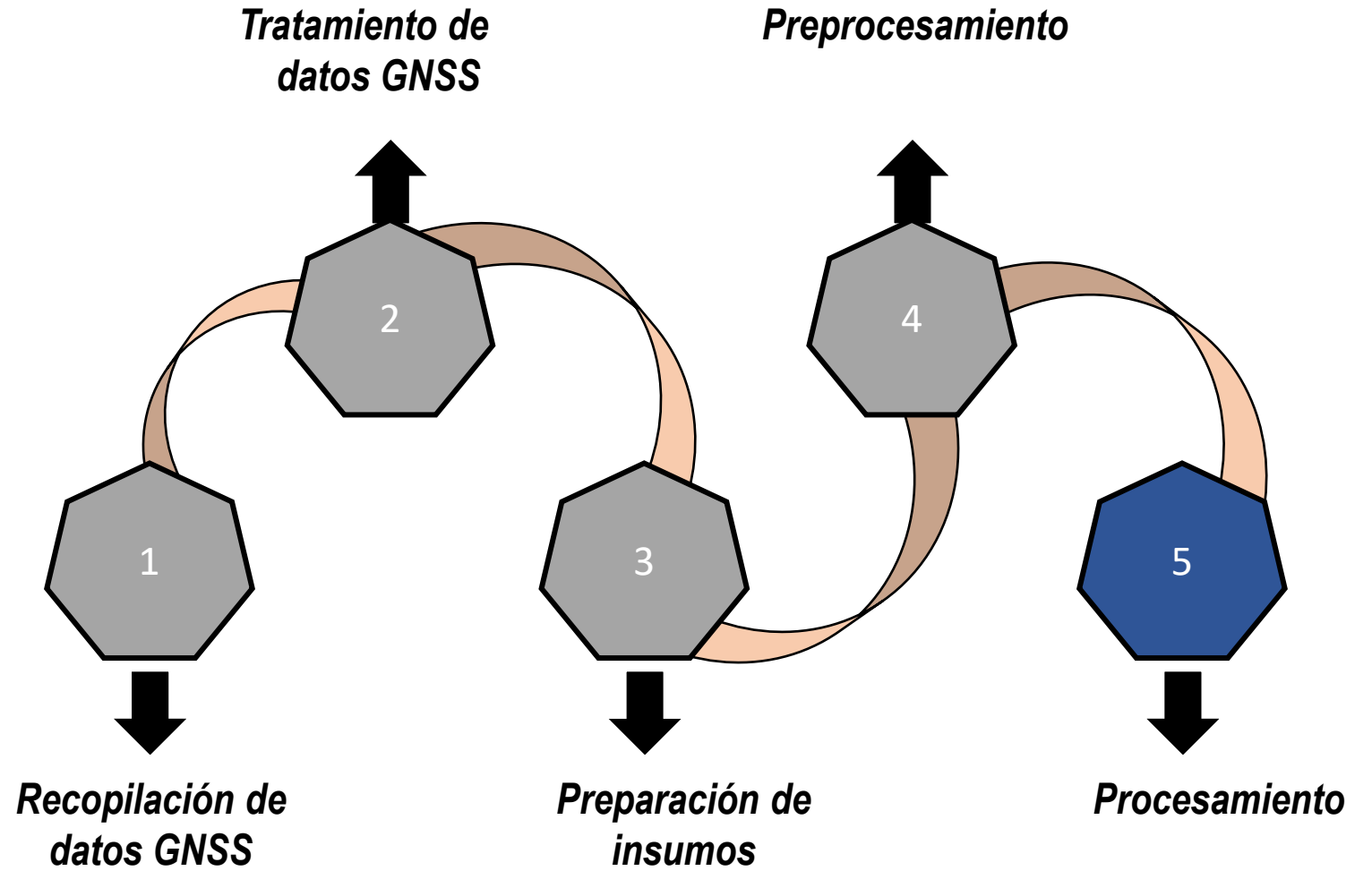
En el comando PRETAB se sacaron archivo de reloj para el procesamiento de Rápidas y Ultrarrápidas

LIST\_OF\_SCRIPTS

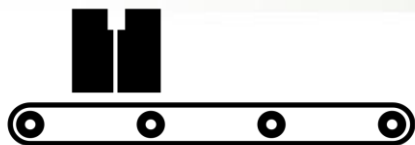
001	CCRNXC	IGS_CLK	CCRNXC.INP
009	POLUPD	IGS_ORB	POLUPD.INP
009	POLUPD	IGS_ORB	POLUPD.INP
010	PRETAB	IGS_ORB	PRETAB.INP
011	ORBGEN	IGS_ORB	ORBGEN.INP
031	RXOBV3_P	IGS_RXO	RXOBV3.INP
101	CODSPP_P	IGS_CSP	CODSPP.INP
102	CODXTR	IGS_CSP	CODXTR.INP
121	MAUPRP_P	IGS_MPR	MAUPRP.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT	GPSEST.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT	RESRMS.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT	SATMRK.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT	GPSEST.INP
221	GPSEST	IGS_FIN	GPSEST.INP

ALL OK Cancel

# Etapas



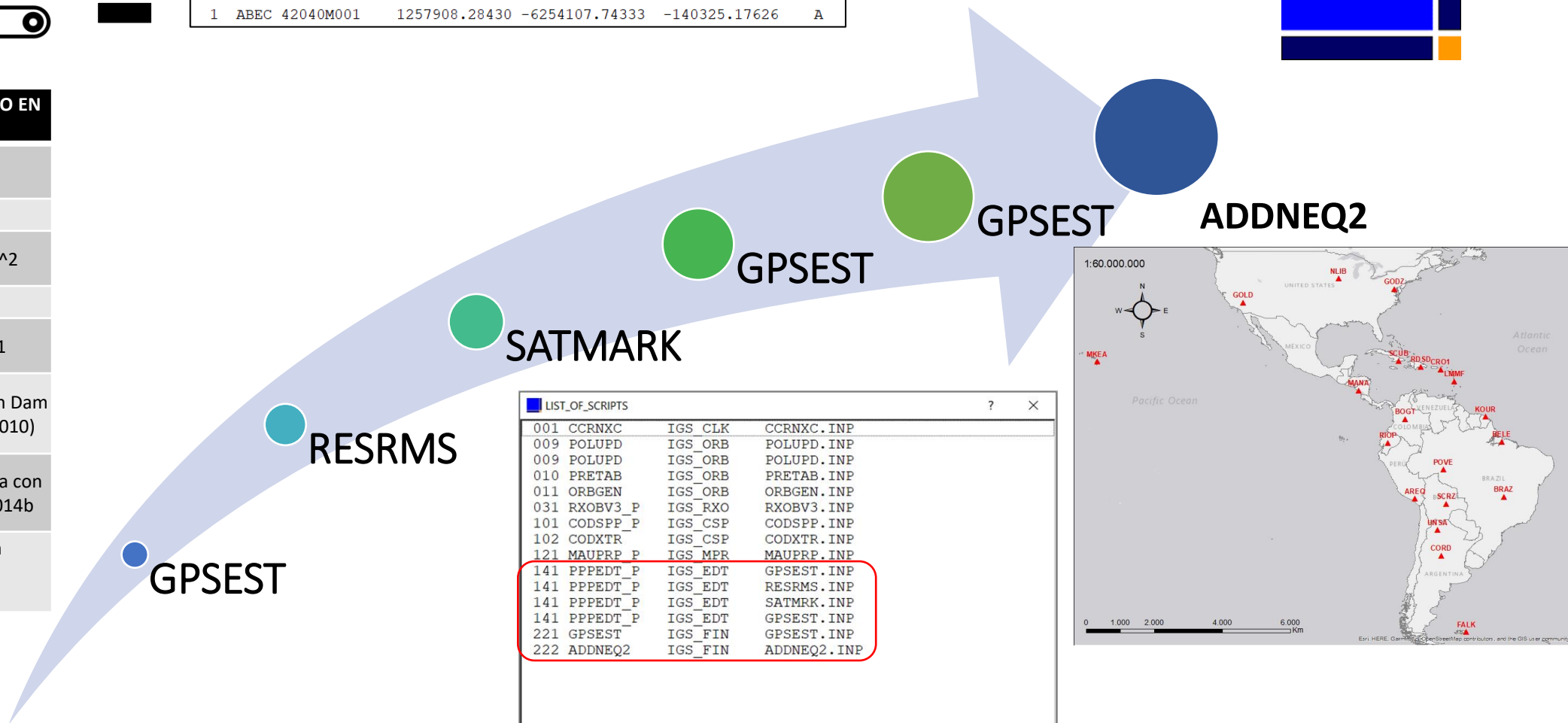
# Procesamiento



NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
1	ABEC 42040M001	1257908.28430	-6254107.74333	-140325.17626	A

## PARÁMETROS DE PROCESAMIENTO EN EL BERNESE

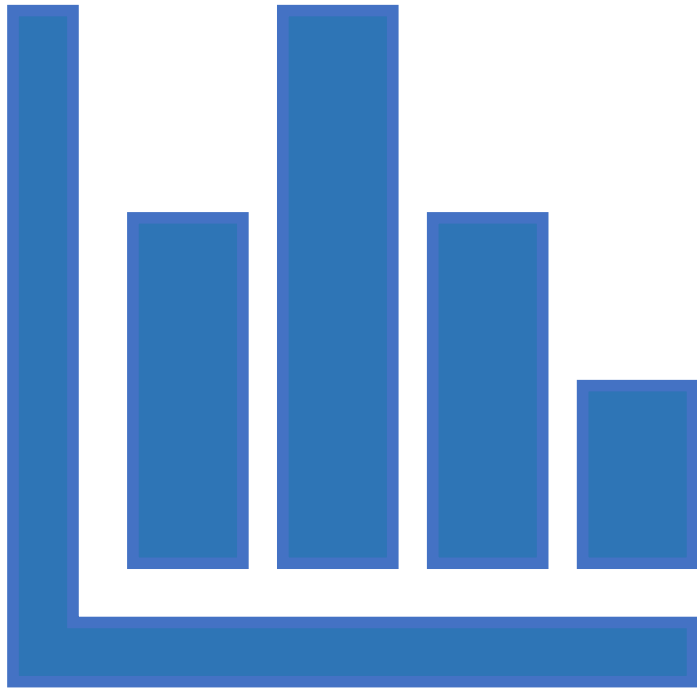
Observaciones con una taza de muestreo	30s
Mascara de elevación	3°
Peso de las observaciones	$\cos(z)^2$
Reducción ionosférica	L3
Reducción por atmósfera neutra	VMF1
Carga atmosférica (efecto marial)	según Van Dam y Rey (2010)
Carga oceánica	modelada con el FES2014b
Demás efectos tratados según Convenciones del IERS 2010	



LIST_OF_SCRIPTS		
001	CCRNXC	IGS_CLK CCRNXC.INP
009	POLUPD	IGS_ORB POLUPD.INP
009	POLUPD	IGS_ORB POLUPD.INP
010	PRETAB	IGS_ORB PRETAB.INP
011	ORBGEN	IGS_ORB ORBGEN.INP
031	RXOBV3_P	IGS_RXO RXOBV3.INP
101	CODSPP_P	IGS_CSP CODSPP.INP
102	CODXTR	IGS_CSP CODXTR.INP
121	MAUPRE_P	IGS_MPR MAUPRP.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT GPSEST.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT RESRMS.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT SATMRK.INP
141	PPPEDT_P	IGS_EDT GPSEST.INP
221	GPSEST	IGS_FIN GPSEST.INP
222	ADDNEQ2	IGS_FIN ADDNEQ2.INP







# Análisis de Resultados

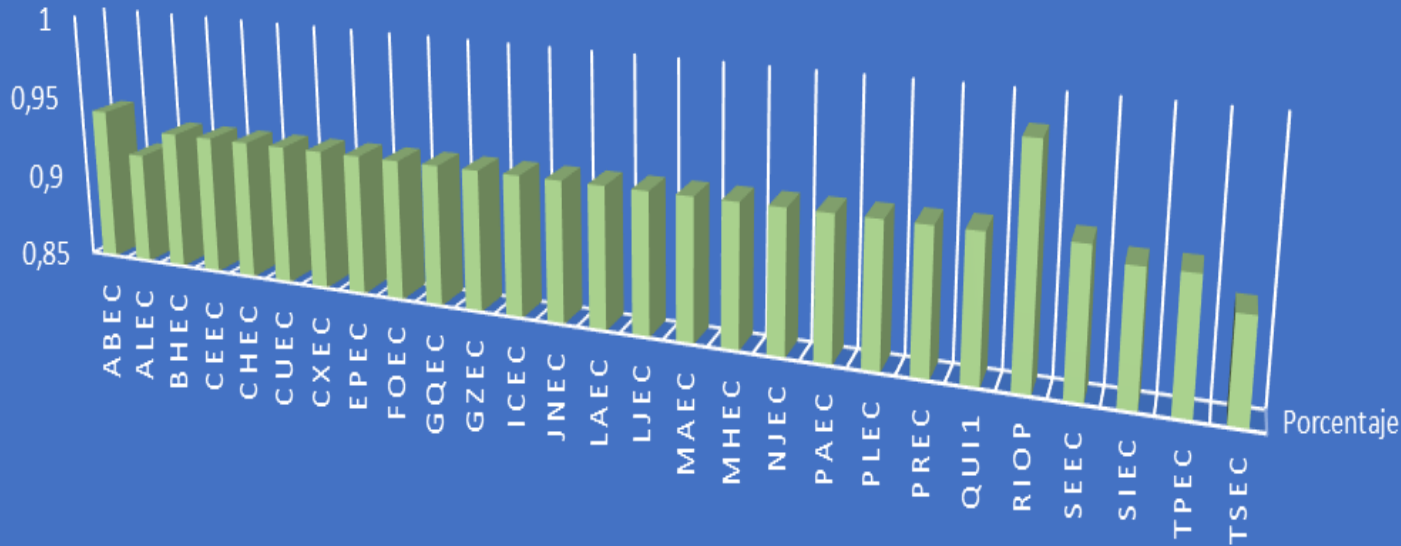


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



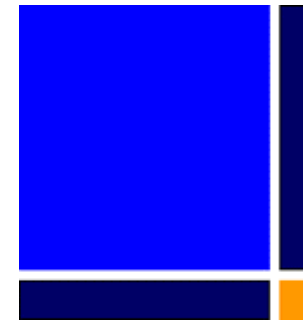
# Disponibilidad de Datos REGME

## PORCENTAJE DE RECOPIACIÓN DE ARCHIVOS DE OBSERVACIÓN RINEX



(IGM, 2019)

Componente Horizontal:  $\pm 5\text{cm}$



(Dach, et al., 2007)

Planimetría:  $\pm 1.5\text{cm}$

Altimetría:  $\pm 3\text{ cm}$



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Comparación con SIRGAS

EPEC									
SEMANA GPS	EFEMÉRIDES FINALES PROCESADOS			SOLUCIÓN SIRGAS			DIFERENCIAS		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta X(\text{mm})$	$\Delta Y(\text{mm})$	$\Delta Z(\text{mm})$
2190	1277936,90387	-6251278,06921	-34832,36768	1277936,90394	-6251278,07100	-34832,36847	0,07	1,79	0,79
2191	1277936,90423	-6251278,06659	-34832,36536	1277936,90438	-6251278,07476	-34832,36683	0,15	8,17	1,47
2192	1277936,90485	-6251278,06754	-34832,36237	1277936,90307	-6251278,07184	-34832,36631	1,78	4,30	3,94
2193	1277936,90666	-6251278,07379	-34832,36258	1277936,90210	-6251278,07009	-34832,36702	4,56	3,70	4,44
2194	1277936,90304	-6251278,07174	-34832,36366	1277936,90396	-6251278,07261	-34832,36628	0,92	0,87	2,62
2195	1277936,89745	-6251278,06883	-34832,36612	1277936,90308	-6251278,06990	-34832,36702	5,63	1,07	0,90
2196	1277936,89336	-6251278,07270	-34832,36706	1277936,90367	-6251278,07151	-34832,36670	10,31	1,19	0,36
2197	1277936,89208	-6251278,07568	-34832,36957	1277936,90255	-6251278,06966	-34832,36680	10,47	6,02	2,77
2198	1277936,89261	-6251278,06896	-34832,36863	1277936,90343	-6251278,07158	-34832,36701	10,82	2,62	1,62
2199	1277936,89519	-6251278,06680	-34832,36916	1277936,90252	-6251278,06692	-34832,36759	7,33	0,12	1,57
2200	1277936,89603	-6251278,06725	-34832,36980	1277936,90320	-6251278,06901	-34832,36781	7,17	1,76	1,99
2201	1277936,90059	-6251278,06693	-34832,37096	1277936,90262	-6251278,06471	-34832,36860	2,03	2,22	2,36
2202	1277936,90519	-6251278,06886	-34832,36907	1277936,90373	-6251278,06573	-34832,36765	1,46	3,13	1,42
2203	1277936,90482	-6251278,06355	-34832,36887	1277936,90403	-6251278,06533	-34832,36769	0,79	1,78	1,18
2204	1277936,90048	-6251278,06064	-34832,36839	1277936,90245	-6251278,06263	-34832,36720	1,97	1,99	1,19
2205	1277936,90285	-6251278,05544	-34832,36868	1277936,90421	-6251278,06893	-34832,36665	1,36	13,49	2,03
2206	1277936,90242	-6251278,04788	-34832,37023	1277936,90373	-6251278,06696	-34832,36658	1,31	19,08	3,65
2207	1277936,90329	-6251278,04876	-34832,36856	1277936,90458	-6251278,06664	-34832,36688	1,29	17,88	1,68

Para el procesamiento (finales, rápidas y ultrarrápidas), se comparó con las soluciones semanales que otorga SIRGAS, se calculando las diferencias.

Para una mejor ubicación en el espacio se cambiaron a las coordenadas topocéntricas



# Obtención de Coordenadas ENU



Command Window

```
Geodesia
Para Cartesianas a Enu\n

Coordendas Cartesianas (Xo,Yo,Zo)
Column 1

1435880.22328
1435880.22829
1435880.23741
1435880.2421
1435880.24447
1435880.23283
1435880.22856
1435880.22975
1435880.22991
1435880.23661
1435880.23649
1435880.23422
1435880.23959
1435880.24236
1435880.23904
1435880.23904
1435880.24091
1435880.2401
1120058.09493
1120058.10374
1120058.11102
1120058.11444
```

Editor - C:\James\TESIS\calcu\_enu.m

```
1 - clc
2 - close all
3 - format longG
4 - disp('Geodesia ');
5 - disp('Para Cartesianas a Enu\n');
6 - fprintf('\n')
7 - a=6378137;
8 - f=1/298.257223563;
9 - e=2*f*f^2;
10 - %Datos
11 - A=load('BERNESE.txt');
12 - % X=input('Ingrese X: \n');
13 - % Y=input('Ingrese Y: \n');
14 - % Z=input('Ingrese Z: \n');
15 - disp('Coordendas Cartesianas (Xo,Yo,Zo)');
16 - B=load('SIRGAS.txt');
17 -
18 -
19 - % Xo=input('Ingrese Xo: \n');
20 - % Yo=input('Ingrese Yo: \n');
21 - % Zo=input('Ingrese Zo: \n');
22 - disp(A);
23 - disp(B);
24 - X=A(:,1);
25 - Y=A(:,2);
26 - Z=A(:,3);
27 - Xo=B(:,1);
```

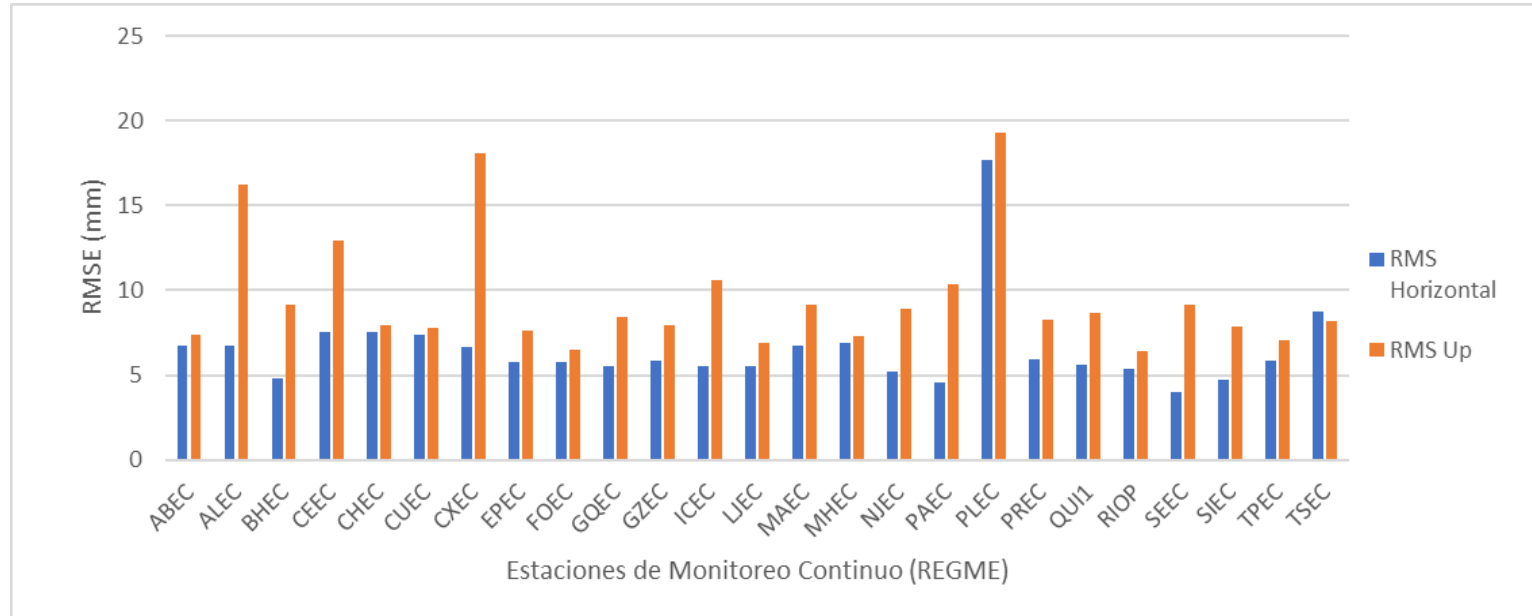
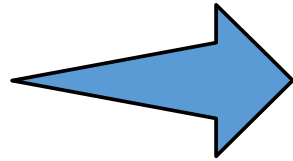


SEMANA	ENU EPEC		
GPS	E	N	U
2190	0,290	0,780	-1,772
2191	1,489	1,426	-8,042
2192	2,605	3,919	-3,878
2193	3,727	4,465	4,514
2194	-0,727	2,614	-1,051
2195	-5,302	0,888	-2,181
2196	-10,339	-0,365	-0,897
2197	-11,464	-2,749	3,816
2198	-10,076	-1,646	-4,725
2199	-7,157	-1,579	-1,577
2200	-6,672	-2,007	-3,149
2201	-2,434	-2,350	1,781
2202	0,804	-1,402	3,367
2203	1,131	-1,189	-1,579
2204	-1,532	-1,203	-2,338
2205	1,369	-2,104	-13,478
2206	2,538	-3,754	-18,935
2207	2,317	-1,778	-17,767
	4,998	2,313	6,780



# RMS de Efemérides Finales Procesadas

N°	Estación	RMS Horizontal	RMS Up
1	ABEC	6,698	7,402
2	ALEC	6,734	16,196
3	BHEC	4,835	9,147
4	CEEC	7,541	12,923
5	CHEC	7,527	7,940
6	CUEC	7,403	7,763
7	CXEC	6,639	18,087
8	EPEC	5,800	7,592
9	FOEC	5,762	6,452
10	GQEC	5,485	8,401
11	GZEC	5,856	7,970
12	ICEC	5,505	10,629
13	LJEC	5,562	6,866
14	MAEC	6,763	9,129
15	MHEC	6,879	7,303
16	NJEC	5,229	8,918
17	PAEC	4,527	10,390
18	PLEC	17,701	19,249
19	PREC	5,910	8,286
20	QUI1	5,596	8,656
21	RIOP	5,336	6,413
22	SEEC	4,033	9,138
23	SIEC	4,720	7,882
24	TPEC	5,860	7,033
25	TSEC	8,731	8,177

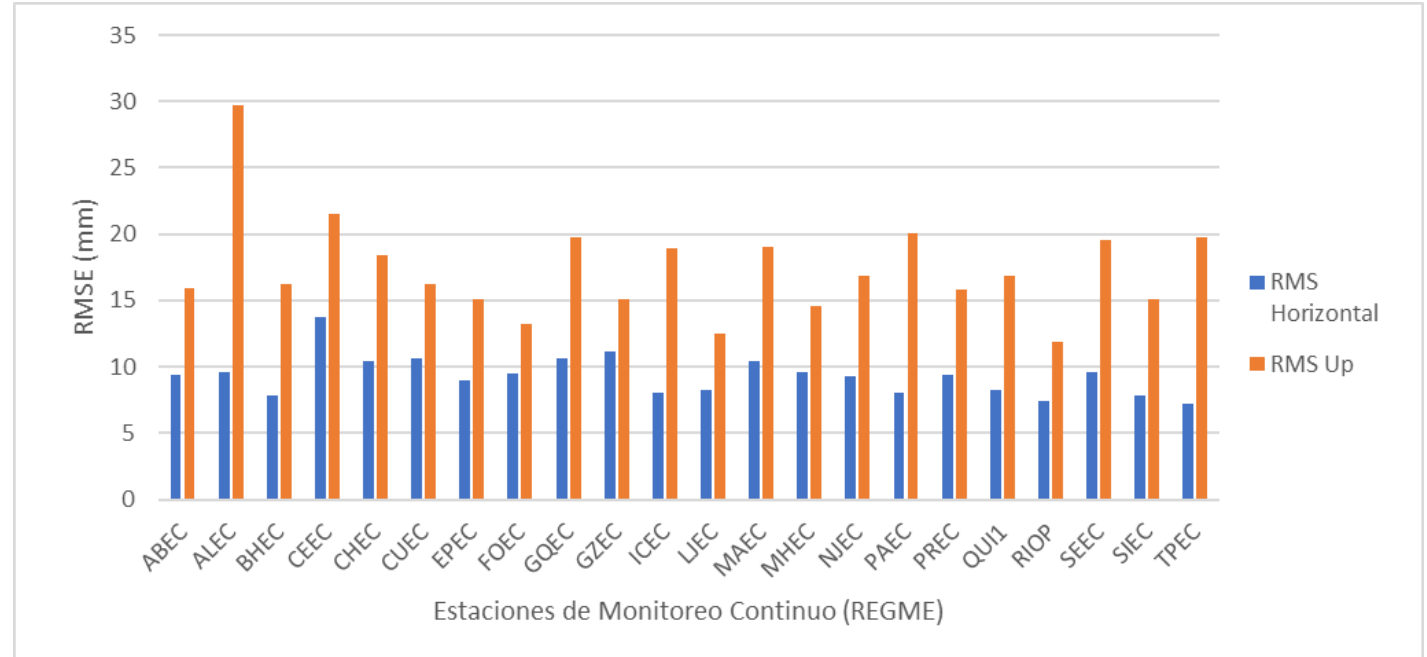
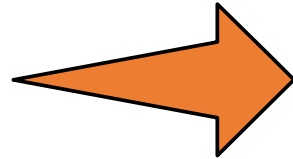


	RMS Horizontal	RMS Up
Valor Medio	6,505	9,518
Desviación estándar	2,570	3,466



# RMS de Efemérides Rápidas Procesadas

N°	Estación	RMS Horizontal	RMS Up
1	ABEC	9,435	15,892
2	ALEC	9,547	29,719
3	BHEC	7,831	16,225
4	CEEC	13,696	21,500
5	CHEC	10,380	18,371
6	CUEC	10,592	16,252
7	CXEC	108,411	55,541
8	EPEC	8,944	15,073
9	FOEC	9,478	13,188
10	GOEC	10,588	19,806
11	GZEC	11,131	15,091
12	ICEC	7,991	18,944
13	LJEC	8,248	12,531
14	MAEC	10,383	19,017
15	MHEC	9,583	14,530
16	NJEC	9,232	16,849
17	PAEC	8,029	20,047
18	PLEC	662,702	623,135
19	PREC	9,407	15,795
20	QUI1	8,267	16,842
21	RIOP	7,407	11,865
22	SEEC	9,585	19,578
23	SIEC	7,832	15,054
24	TPEC	7,249	19,794
25	TSEC	256,647	244,678

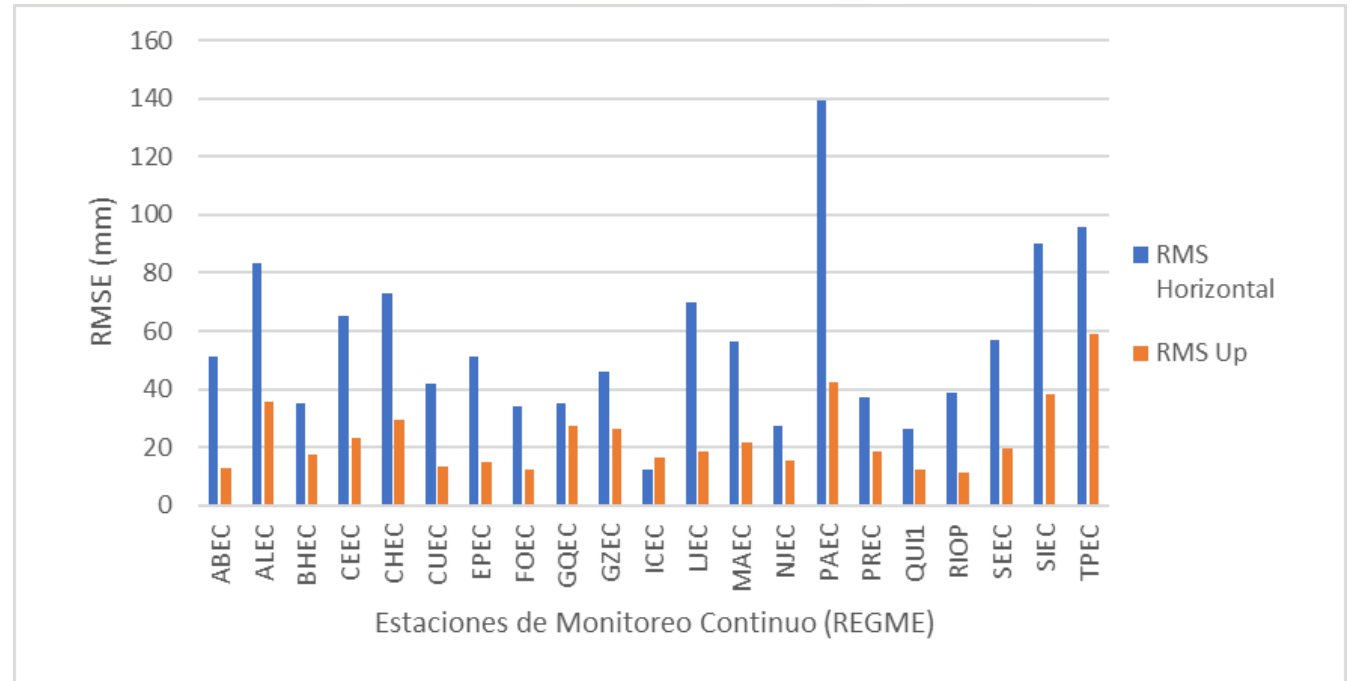
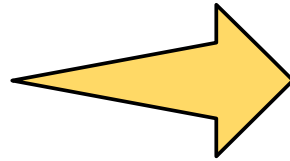


	RMS Horizontal	RMS Up
Valor Medio	49,304	52,213
Desviación estándar	138,139	127,480



# RMS de Efemérides Ultrarrápidas Procesadas

N°	Estación	RMS Horizontal	RMS Up
1	ABEC	51,097	12,665
2	ALEC	83,086	35,462
3	BHEC	35,085	17,386
4	CEEC	65,171	23,429
5	CHEC	72,785	29,302
6	CUEC	41,777	13,177
7	CXEC	242,828	75,829
8	EPEC	50,941	15,016
9	FOEC	34,156	12,079
10	GQEC	35,228	27,274
11	GZEC	45,759	26,111
12	ICEC	12,242	16,664
13	LJEC	69,891	18,658
14	MAEC	56,121	21,658
15	MHEC	308,805	27,815
16	NJEC	27,353	15,512
17	PAEC	139,277	42,117
18	PLEC	757,576	665,849
19	PREC	36,947	18,327
20	QUI1	26,424	12,453
21	RIOP	38,964	11,457
22	SEEC	56,973	19,658
23	SIEC	89,829	38,157
24	TPEC	95,942	59,157
25	TSEC	374,046	183,151



	RMS Horizontal	RMS Up
Valor Medio	113,932	57,535
Desviación estándar	161,401	131,472

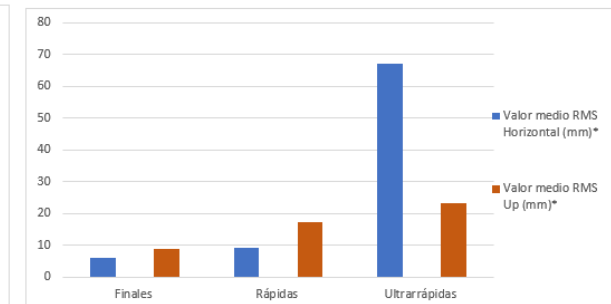
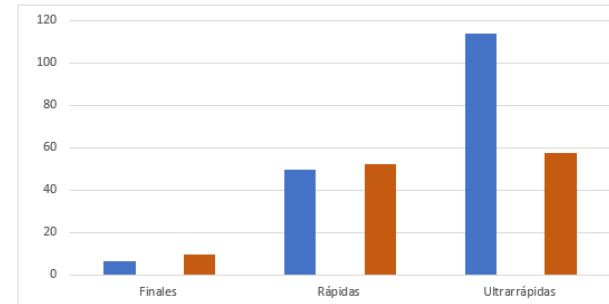


# Tiempo de cada procesamiento

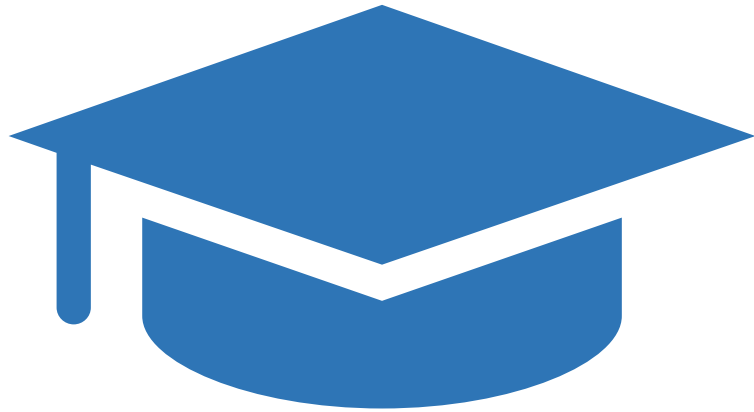
	Efemérides Precisas		
	Finales	Rápidas	Ultrarrápidas
Tiempo máximo de publicación	16 días	48 horas	7 horas
Tiempo mínimo de publicación	13 días	24 horas	6 horas
Tiempo máximo de recopilación/preparación otros insumos	72 horas		
Tiempo máximo de procesamiento	45 horas	50 horas	50 horas
Tiempo mínimo de procesamiento	28 horas	35 horas	35 horas
Tiempo máximo de entrega de las soluciones semanales	21 días	7 días	7 días

# Precisiones de cada procesamiento

	Efemérides Precisas		
	Finales	Rápidas	Ultrarrápidas
Valor medio RMS Horizontal (mm)	6,505	49,304	113,932
Valor medio RMS Up (mm)	9,518	52,213	57,535
Valor medio RMS Horizontal (mm)*	5,889	9,311	66,993
Valor medio RMS Up (mm)*	8,747	17,362	23,343







# Conclusiones y Recomendaciones



# Conclusiones y Recomendaciones

## Conclusiones

Para la obtención de datos ninguna de las estaciones cumplió con los días totales de recolección, aumentando el error general de precisión por falta de información.

Dentro del análisis del RMS, en el cual se compararon las soluciones semanales procesadas con la soluciones semanales oficiales de SIRGAS se obtuvieron los siguientes resultados: soluciones semanales con efemérides IGS  $< 1$  cm, soluciones semanales con efemérides IGR  $< 5$  cm (excluyendo CXEC, PLEC y TSEC) y las soluciones semanales con efemérides IGU  $> 5$ .

Debido a estos resultados se concluye que el procesamiento con efemérides y productos de reloj finales generan coordenadas de mayor precisión mientras que el procesamiento con efemérides rápidas genera soluciones más o menos similares, pero con mayor disponibilidad y flexibilidad en cuanto a tiempos de descarga y procesamiento de datos.



# Conclusiones y Recomendaciones



## Conclusiones

Dado los resultados de las estaciones de CXEC, PLEC y TSEC se concluye que los insumos de dichas estaciones se encuentran con irregularidades puesto a que generan valores atípicos.

---

Las estaciones de monitoreo continuo JNEC y LAEC de la REGME, no se pudieron comparar con las soluciones semanales que otorga SIRGAS, debido a que SIRGAS no proceso ninguna de las 18 semanas que se planificaron para esta investigación.

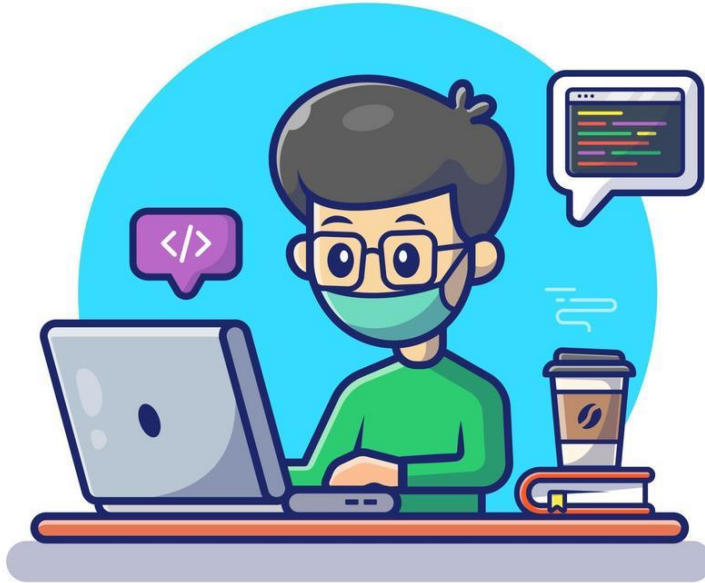
---

Cabe resaltar que el software científico Bernese versión 5.2 es un software de procesamiento de datos GNSS de alta gama dado su fácil manejo (amigable con el usuario) y su exigencia con los insumos (inputs).

---



# Conclusiones y Recomendaciones



## **Recomendaciones**

Se recomienda realizar el mismo estudio utilizando diferentes tipos de software GNSS, de preferencia software libre, como GAMIT/GLOBK y GipsyX. Con la finalidad de verificar y/o mejorar los tiempos de procesamiento y precisión

---

Recomendamos utilizar como base el proyecto de investigación presente para realizar un Servicio de posicionamiento GNSS en línea del Ecuador, siendo la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” proveedor de dicho servicio.

---

Por último, respaldar la información es una opción segura y necesario al momento de realizar estudios como éste, ya que en el momento de procesar la información o ejecutar scripts de tratamiento GNSS se modifican los insumos de manera irreversible.





*Gracias*





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**Tema:**

**"OBTENCIÓN DE SOLUCIONES SEMANALES DE LAS ESTACIONES  
ACTIVAS DE MONITOREO CONTINUO DE LA RED REGME, EN EL  
PERÍODO CONTINUO DE ENERO-ABRIL DEL 2022"**

**Autores:**

Cervantes Domínguez Fernando David

Imbaquingo Cadena James Steward

**Directora del Proyecto:**

Ing. Marco Luna, PhD.

**Director Encargado de Carrera:**

Ing. Alexander Robayo, MSc.

**Docente Evaluador:**

Ing. Cesar Leiva, MSc.

**Secretaria académica:**

Abg. Michelle Benavides.

