



Càlcul de coordenades del marc CatNet

SPGIC

versió 1.4
05/12/2014



Propietat Intel·lectual

La informació continguda en el present document ha estat elaborada per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Aquest document es troba sota l'empara legal de la Llei de la Propietat Intel·lectual i no pot ser reproduït ni transmès, parcialment o totalment, sota cap format ni mitjà, electrònic o mecànic, incloent-hi la fotocòpia i l'enregistrament, o mitjançant l'emmagatzemament i la recuperació d'informació, sense l'autorització escrita de l'ICGC.



Índex

Glossari	1
1 Objectiu	1
2 Procediment	1
2.1 Dades per a una sessió diària.....	1
2.1.1 Observacions GNSS	1
2.1.2 Arxius de coordenades inicials i velocitats	1
2.1.3 Arxius d'antenes	2
2.1.4 Arxius d'efemèrides, rellotges dels satèl·lits i paràmetres de rotació de la Terra.....	2
2.1.5 Altres arxius.....	2
2.2 Càlcul de les sessions diàries	2
2.3 Càlcul combinat: resultats i anàlisi	3
Annex	4



Glossari

CODE: Center for Orbit Determination in Europe

DoY: Day of Year

EUREF: European REference Frame subcomission of IAG

FES: Finite Element Solution

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

IAG: International Association of Geodesy

ICGC: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

IGS: International GNSS Service

IGS(yy): Marc de referència de IGS (de l'any 'yy')

ITRF(yy): International Terrestrial Reference Frame (de l'any 'yy')

QIF: Quasi Ionosphere Free

RINEX: Receiver Independent EXchange



1 Objectiu

Aquest document descriu el procediment seguit per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) per a calcular les coordenades precises de les 16 estacions de la xarxa CatNet i, d'aquesta manera, establir el marc de referència materialitzat per aquesta xarxa. Així mateix, també es pot entendre com el procediment que cal seguir per a la determinació de les coordenades d'una altra xarxa, que es volen expressar en el mateix sistema i marc de referència que materialitza la xarxa CatNet, cadascuna amb la seva precisió.

2 Procediment

El càlcul de les coordenades es realitza en base a 4 sessions diàries i independents entre elles. Una sessió diària consta d'observacions contínues durant 24h, amb observacions enregistrades cada 30 segons. Quan es disposa d'aquestes dades, es duen a terme 4 càlculs independents de les coordenades de les estacions de tota la xarxa, un per cada sessió, obtenint 4 conjunts de coordenades per a cadascuna de les estacions.

A continuació es detallen les dades auxiliars necessàries, el procediment de càlcul de cadascuna de les quatre sessions individuals i la metodologia per a combinar aquests quatre resultats en una única solució final. Aquest flux de procés i les dades requerides segueixen les recomanacions d'EUREF per al càlcul precís de coordenades, en base al document [Guidelines for the EPN Analysis Centres](#).

2.1 Dades per a una sessió diària

En aquest apartat es descriuen les dades que són necessàries per tal de dur a terme el càlcul d'una sessió diària, de les 4 que formen part del procés complet.

2.1.1 Observacions GNSS

Es requereixen els arxius RINEX de totes les estacions de la xarxa per a la que es volen calcular les coordenades, de les 0:00:00 a les 23:59:30 amb dades a 30 segons, per a un DoY concret.

Es requereixen també els arxius RINEX d'almenys 4 estacions EUREF que, alhora, pertanyin a la xarxa IGS. Les dades RINEX d'aquestes estacions han de coincidir amb la finestra d'observació de les dades de la xarxa a calcular, és a dir, seran dades del dia DoY i de durada 24h, des de les 0:00:00 a les 23:59:30 amb dades a 30 segons.

Es recomanable escollir estacions IGS "*reference frame*", és a dir, que han intervingut en la generació del marc de referència ITRFyy vigent en la època d'observació. És important que la capçalera de tots els arxius RINEX que s'emprin contingui la informació oportuna, sobretot pel que fa al tipus d'antena i receptor emprats i, també, a l'alçada de l'antena.

2.1.2 Arxius de coordenades inicials i velocitats

El càlcul de la sessió es realitza dins el marc vigent IGSyy, ja que és el marc oficial IGS i està alineat al marc ITRFyy. L'època de càlcul és la de les observacions i, per tant, les coordenades de les estacions EUREF-IGS que intervenen en el càlcul hauran d'estar expressades en el



marc IGSyy, en l'època de les observacions. Les velocitats emprades són les publicades per EUREF en aquest marc.

2.1.3 Arxius d'antenes

S'empen els arxius de calibratges absoluts de les antenes (tant terrestres com dels satèl·lits) publicats per l'IGS i coherents amb el marc IGSyy. Aquest arxiu està disponible a <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/station/general/>.

En cas de disposar d'una calibració absoluta individual d'alguna de les antenes de les estacions, s'utilitza aquesta en substitució de la calibració per tipus esmentada anteriorment.

2.1.4 Arxius d'efemèrides, rellotges dels satèl·lits i paràmetres de rotació de la Terra

S'utilitzen els productes finals de l'IGS, en relació a les efemèrides i correccions dels rellotges dels satèl·lits, així com dels paràmetres de rotació de la Terra. Aquests són els productes de més precisió publicats per l'IGS per a l'època d'observació, i expressats en el marc IGSyy. Aquests arxius estan disponibles a <ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/product/>. També es poden emprar els productes finals publicats per algun dels centres d'anàlisi de l'IGS, com per exemple, el CODE.

2.1.5 Altres arxius

En cas de càlcul de línies de base superiors als 200 km de longitud (aproximadament), cal introduir en el càlcul els models ionosfèrics finals calculats per l'IGS, o per algun dels seus centres d'anàlisi.

Cal emprar correccions per a les mareas oceàniques sobre les estacions, en acord amb el model FES2004.

2.2 Càlcul de les sessions diàries

El procés dels càlculs diaris segueix el següent ordre¹:

- Transformació de les coordenades de totes les estacions a IGSyy època DoY (que serà la època de referència del càlcul).
- Verificació de la informació de les antenes, receptors i alçada d'antenes de les diferents estacions.
- Determinació de les derives dels rellotges dels receptors utilitzant les observacions de codi GPS de cada estació.
- Formació de les línies de base entre les estacions que conformen la xarxa, emprant la metodologia adient per al cas concret que es dugui a terme.
- Detecció i correcció dels "cycle slips" de les observacions de fase.

¹ Descripció en base al programari científic "Bernese GNSS software v5.2" i per al càlcul de les coordenades precises de les estacions CATNET.



- Determinació de les ambigüitats de fase utilitzant l'estratègia oportuna (p.ex.: QIF) en funció de la línia de base (observables disponibles, durada de les observacions) i els models ionosfèrics de CODE, per augmentar el nombre d'ambigüitats resoltes.
- Estimació de les coordenades, generada per compensació de mínims quadrats de les equacions d'observació. En aquest mateix ajust s'estimen paràmetres troposfèrics del retard zenital en intervals de 1h per a cada estació, utilitzant la "*mapping function*" Dry-Niell i també paràmetres de gradient horitzontal.
- En l'ajust anterior s'apliquen condicions de mínim constrenyiment sobre les coordenades de les estacions IGS, per tal de definir el datum de la campanya.

El conjunt del procés aplica uns determinats controls de qualitat sobre les dades d'entrada i, en cas necessari, descarta automàticament les estacions problemàtiques (per exemple en cas d'inconsistència en la informació de la capçalera RINEX, observacions amb poca continuïtat o excés d'observacions grolleres). A més, en els processos que impliquen un càlcul de paràmetres, es comprova la fiabilitat del resultat (ja sigui en càlcul d'ambigüitats, d'errors de rellotge o de coordenades).

2.3 Càlcul combinat: resultats i anàlisi

Les equacions normals resultants dels càlculs de totes les sessions diàries es combinen, posteriorment, per a obtenir la solució combinada de totes les sessions i tota la xarxa. Les coordenades finals són les corresponents a aquest càlcul combinat.

Les coordenades finals estaran expressades en IGSy (és a dir, en ITRFy) època DoY. Si es desitja obtenir-les en qualsevol altra marc de referència cal fer-ho mitjançant el procediment descrit la darrera versió de la memo de C.Boucher and Z. Altamimi, disponible a <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>.

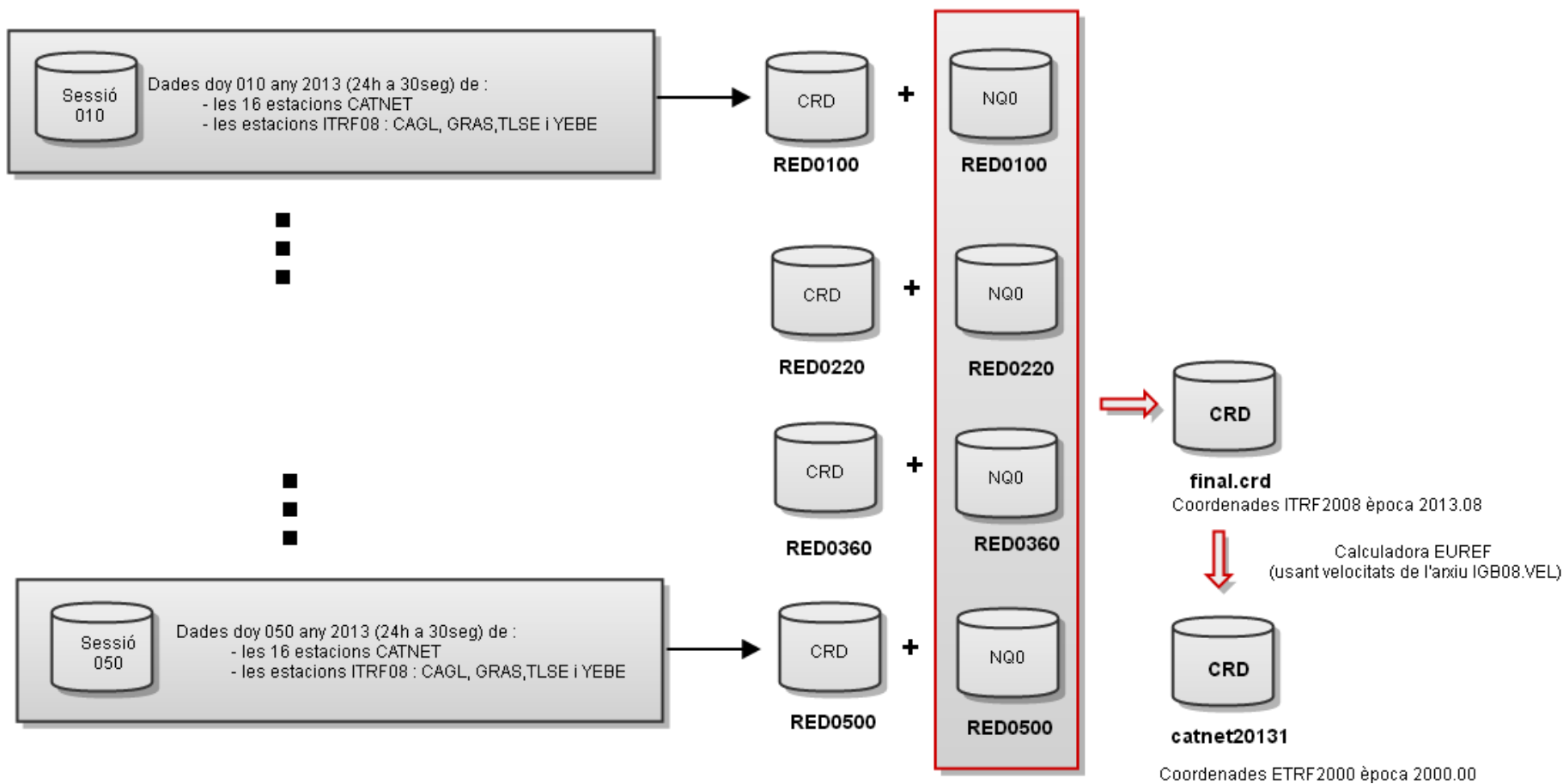
La precisió de les coordenades s'estima a partir de l'anàlisi dels errors mitjà quadràtics obtinguts en comparar cadascuna de les solucions diàries amb la combinada final. Així doncs, la desviació estàndard de les coordenades resultants es calcula com la desviació estàndard dels residus entre les coordenades finals i les resultants de cada sessió. Si el residu d'alguna de les 4 sessions està més allunyat de 3σ , es descarta aquesta sessió del càlcul del resultat final.



Annex

A mode d'exemple, a continuació es mostra un gràfic descriptiu del càlcul del marc CATNET realitzat l'any 2013:

Campanya Bernese CATNET13





Cal tenir en compte que:

- La nomenclatura REDDoY0 només indica que és un resultat del càlcul realitzat, després d'efectuar una reducció de paràmetres, per no generar arxius d'equacions normals excessivament grans.
- Els arxius .CRD es corresponen a arxius amb les coordenades resultants del càlcul de cadascuna de les sessions.
- Els arxius .NQ0 es corresponen a arxius que contenen les equacions normals de cadascuna de les sessions i que són necessaris per a fer la combinació de totes les sessions, per a obtenir l'arxiu de coordenades final.

El gràfic anterior exemplifica el flux de treball dut a terme per a generar el marc CATNET20131. Així, per a aquest procés s'han calculat amb Bernese v5.0 les següents 4 sessions: el dia 010 (10-Gener-2013), el dia 022 (22-Gener-2013), el dia 036 (5-Febrer-2013) i el dia 050 (19-Febrer-2013), cadascuna d'elles independentment.

D'aquests càlculs n'ha resultat un arxiu de coordenades i un d'equacions normals per a cada sessió, i són aquests últims els que s'empren per a la combinació de sessions que permet obtenir les coordenades finals. Aquestes coordenades estan expressades en ITRF2008, que és el marc ITRF vigent el 2013, i en l'època de les observacions (2013.08 en mitjana).

Com que l'ICGC expressa les seves coordenades en ETRF2000 època 2000.0 segons recomanació d'EUREF, l'últim pas consisteix a aplicar la transformació oficial oportuna sobre les coordenades finals.