



Ministerio
de Defensa
Nacional



Comando Conjunto
de las Fuerzas
Armadas



Ejército
Ecuatoriano



Instituto
Geográfico
Militar

Instituto Geográfico Militar
www.igm.gob.ec / www.geoportaligm.gob.ec

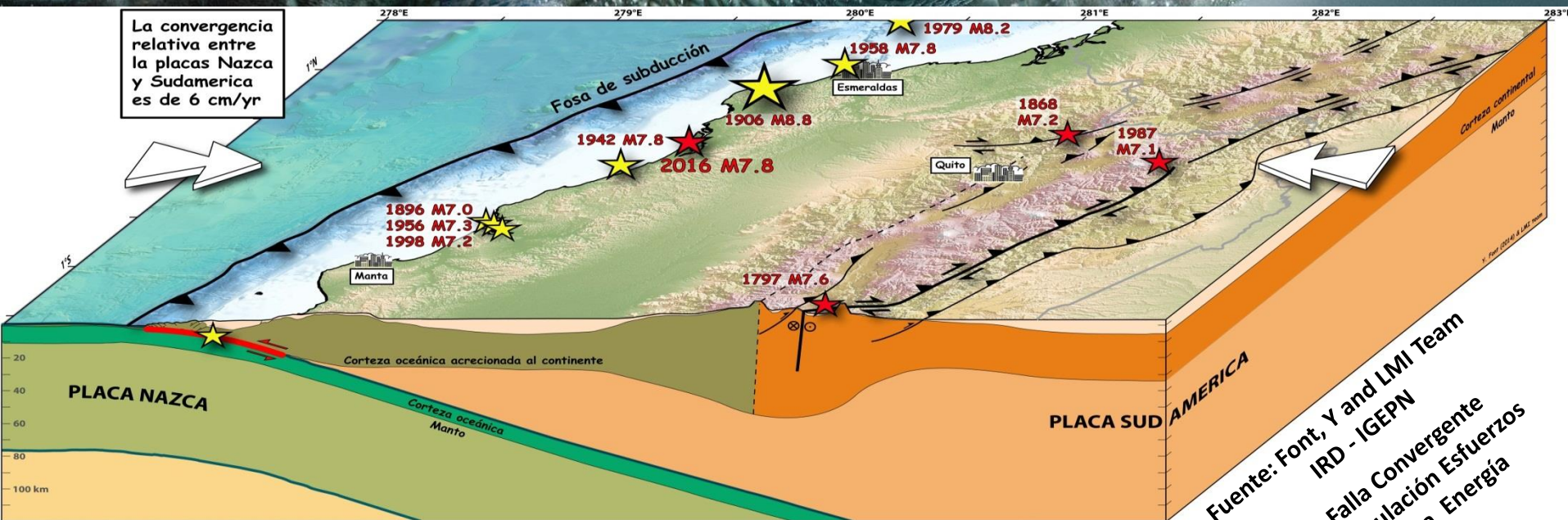


ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN Y ESTABILIDAD DEL SISTEMA NACIONAL DE REFERENCIA ESPACIAL SIRGAS ECUADOR, UN AÑO DESPÚES DEL TERREMOTO DE PEDERNALES

ING. DAVID A. CISNEROS R.
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
MENDOZA – NOVIEMBRE 2017

CONOCE NUESTRO ECUADOR
CLIC AQUÍ

TERREMOTO PEDERNALES, 16 ABRIL 2016, 18h58 HORA LOCAL



 Esquema de la zona de falla sísmogénica interplaca capaz de generar megaterremotos


 Terremotos corticales (M>7)

 Trazas de falla inversa (en la superficie)

 Trazas de falla transcurrente

El sismo del sábado 16 de abril (GPSWEEK1892) a las 18h58 (tiempo local) UTC 23h58, de magnitud 7.8 (Mw magnitud momento), cuyo hipocentro se ubicó frente a Pedernales (Manabí), a 20 km de profundidad, fue resultado del desplazamiento entre dos placas tectónicas: la placa de Nazca (placa oceánica) que se sumerge bajo la Sudamericana (placa continental). A este proceso se le conoce como subducción.

PRE-SISMO

PEEC 



REGME - IGM

FOTO AEREA IGM



POST-SISMO

PRE-SISMO



FOTO AEREA IGM



POST-SISMO





DIFERENCIA DE COORDENADAS ENTRE 16 ABRIL Y 17 DE ABRIL 2016

Nombre	INSTITUCION	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	Δ Posición (m) 1892-1893	DISTANCIA APROX. EPICENTRO KM
* PDNS	IGEPN-IRD	0,7348	-0,0897	0,0788	0,7403	25
* PEEC	IGM	0,7148	-0,0606	0,0818	0,7174	31
* ECEC	IGM	0,2042	0,0153	-0,0488	0,2048	96
ONEC	IGM	0,0965	-0,0689	-0,0067	0,1186	113
QVEC	IGM	0,0587	0,0132	-0,0359	0,0601	160
* QUEM	IGM	0,0546	0,0165	-0,0069	0,0571	191
* EPEC	IGM	0,0512	0,0083	-0,0088	0,0519	195
CXEC	IGM	0,0399	0,0104	-0,0202	0,0412	215
IBEC	IGM	0,0278	0,0102	0,0023	0,0296	222
ABEC	IGM	0,0260	0,0100	-0,0183	0,0278	237
CHEC	IGM	0,0238	0,0035	-0,0039	0,0241	268
CHIS	IGEPN-IRD	0,0212	0,0109	0,0363	0,0238	163
LPEC	IGM	0,0219	-0,0019	0,0069	0,0220	137
TNEC	IGM	0,0198	0,0043	-0,0088	0,0203	291
COEC	IGM	0,0159	0,0060	0,0025	0,0179	261
* RIOP	IGM	0,0153	0,0065	-0,0143	0,0186	271
* LJEC	IGM	-0,0008	-0,0139	-0,0034	0,0190	482



Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

"EN TERMINOS GEODESICOS" PREGUNTA, QUE HACER PARA RECUPERAR UN MRF DESTRUIDO POR UN TERREMOTO???

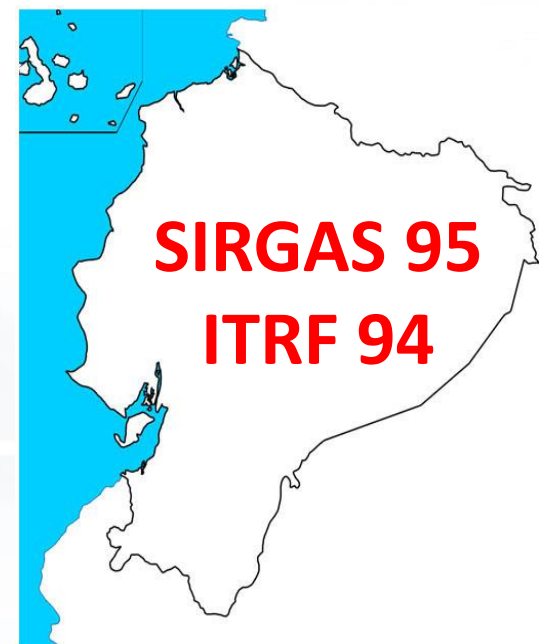
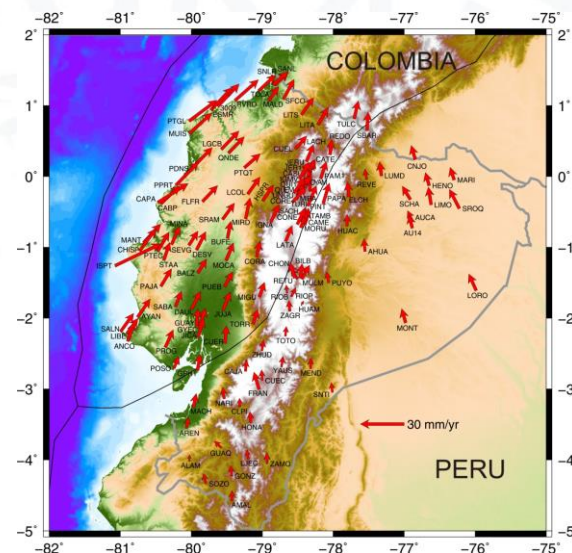
OBSERVACION GNSS EPOCAS DIFERENTES



ITRF VIGENTE ---- ITRF94

$$\begin{aligned}
 &T_x \ T_y \ T_z \ D \ R_x \ R_y \ R_z \\
 X(t) &= X(t_0) + (t-t_0) * V_x \\
 Y(t) &= Y(t_0) + (t-t_0) * V_y \\
 Z(t) &= Z(t_0) + (t-t_0) * V_z
 \end{aligned}$$

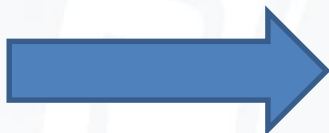
ITRF VIGENTE ---- ITRF 94





CÓMO LO RESOLVEMOS ????

SOLUCIÓN IGM_EC



- NUEVO PROCESAMIENTO Y AJUSTE
- NUEVO DATUM
- NUEVAS COORDENADAS X, Y, Z
- NUEVAS PRECISIONES ΔX , ΔY , ΔZ
- NUEVO ITRF
- NUEVA ÉPOCA DE REFERENCIA
- NUEVOS RESULTADOS
- NUEVAS INQUIETUDES





CÓMO LO RESOLVEMOS ????

DATOS / INFORMACIÓN DISPONIBLE

- 32 ESTACIONES GNSS REGME
- FILES RINEX 30 sec
- GPS L1/L2
- SP3, EOP, ION, CLCK, APR, STATION INFO

- 20 GPS WEEK 1895 – 1914
- ÉPOCA REFERENCIA 2016.4
- DOY $160/365 = 0.44$
- GPS WEEK 1900

- ESTACIONES IGS CORS 22
- ITRF 2008

SOFTWARE PROCESAMIENTO
GAMIT/GLOBK versión 10.5



ESTABILIZAR LA SOLUCIÓN FINAL ITRF VIGENTE

En GEODESIA



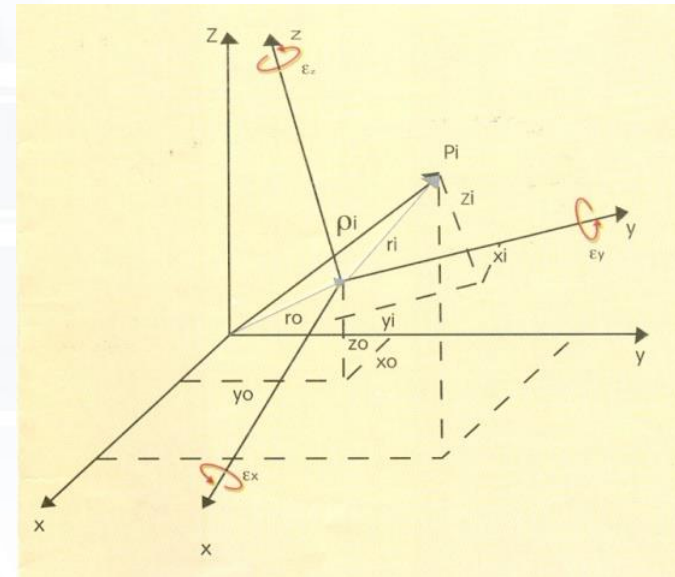
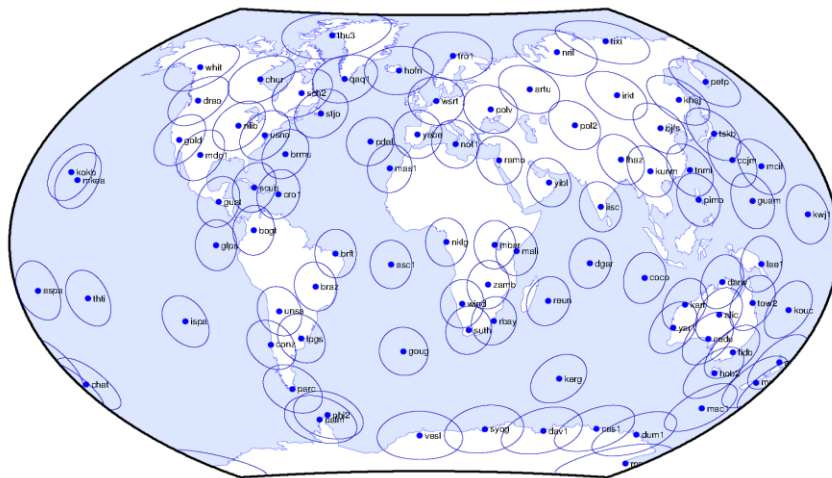
ESTABILIZACIÓN = MARCO DE REFERENCIA

14 parámetros son usados para estabilizar la solución dentro de un Marco de Referencia Global (por ejemplo ITRF2008, IGS08, etc), tomando como referencia estaciones IGS cercanas que no sufran efectos geodinámicos o estén afectadas por fenómenos geofísicos transitorios (cambios bruscos de la posición con respecto al movimiento lineal). Por tal razón la solución acumulada está bien definida dentro de un marco y época de referencia fija.

24 CORS IGS (semanas GPS 1895 – 1914)

Cuando existen velocidades hay que tomar en cuenta el Drift de los parámetros.

The 91 primary stations of the IGS08 core network





COORDENADAS OBTENIDAS DEL PROCESAMIENTO GPS - SOFTWARE GAMIT/GLOBK IGM

ITRF 2008, ÉPOCA DE REFERENCIA: 2016.4

ELIPSOIDE DE REFERENCIA GRS 80

SEMANA GPS 1900 (DOY 157 – 163) – JUNIO 5 - 11

REGME IGM

SITE	COORDENADAS GEOCENTRICAS CARTESIANAS							COORDENADAS GEOGRAFICAS								
	X	Y	Z	EPOCA	δ X	δ Y	δ Z	LATITUD			LONGITUD			h (m)		
								°	'	"	°	'	"			
FOEC	1435880.27	-6214490.33	-51232.875	2016.44	0.0009	0.002	0.0007	0	27	47.947	S	76	59	23.696	W	286.372
COEC	1349943.44	-6236876.44	79222.38	2016.44	0.0009	0.002	0.0007	0	42	57.845	N	77	47	13.146	W	3656.91
CHEC	1346610.31	-6235930.13	-37523.716	2016.44	0.0009	0.003	0.0007	0	20	21.361	S	77	48	52	W	1643.67
TNEC	1345987.99	-6234088.55	-109474.72	2016.44	0.0011	0.003	0.0008	0	59	24.068	S	77	48	59.102	W	546.967
PREC	1329685.25	-6236040.74	-188840.25	2016.44	0.0009	0.003	0.0007	1	42	28.144	S	77	57	47.93	W	904.299
IBEC	1313928.02	-6243506.44	38731.915	2016.44	0.0012	0.004	0.0009	0	21	0.5674	N	78	6	56.471	W	2246.2
MAEC	1312399.12	-6237499.85	-254805.71	2016.44	0.0009	0.003	0.0007	2	18	16.59	S	78	7	4.8574	W	1060.38
EPEC	1277936.93	-6251278.07	-34832.428	2016.44	0.0008	0.002	0.0006	0	18	53.604	S	78	26	46.763	W	2522.98
QUEM	1272483.42	-6252975.34	-26224.246	2016.4												
CXEC	1259454.41	-6254555.57	-103452.6	2016.4												
ABEC	1257908.33	-6254107.73	-140325.23	2016.4												
RIOP	1255144.95	-6253609.46	-182569.73	2016.4												

Week 1900: SIRGAS solution aligned to Igb08 (wrt igs16P1900) 07-JUL-16 13:03

LOCAL GEODETIC DATUM: Igb08

EPOCH: 2016-06-08 12:00:00

NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
1	AACR 40612M001	644009.02473	-6251064.26184	1093780.91690	A
3	ABCC 41939M001	1739438.00742	-6117252.47874	515065.05834	A
4	ABEC 42000M001	1259454.41	-6254555.57	-103452.6	A
6	ABPD 41940M001	174981.473	611831.494	51471.4815	A
8	ABPW 41940M001	1753507.20719	-6113239.04050	518210.57130	A
9	ABRA 41575M001	2423793.34863	-5367435.01137	-2449718.33730	A
18	ALAR 41653M001	5043729.02112	-3753105.00757	-1072966.84938	A
21	ALEC 42029M001	1233231.562	-625443.9450	-243534.49484	A
29	AMCO 41696M001	2652254.1229	-571739.95189	-538086.95690	A
30	AMHA 41646M002	2868133.09785	-5635932.91853	-828833.36200	A
33	AMPR 48071M001	3494888.88232	-5327414.60340	-290845.75099	A
34	AMTA 48068M001	27123.88077	59176.3327	-466606.53393	A
35	AMTE 48091M001	27104.5800	57146.3323	-3894.5686	A
36	AMUA 48070M001	31127.29466	55167.0650	34771.0615	A
37	ANO2 42231M001	1252397.33622	-6172147.35338	-1005195.09338	A
40	ANGO 41720M001	1501275.12771	-4817006.46073	-3887693.53145	A
42	ANTC 41713S001			3.28266	A
44	AP01 42226M001			3.96577	A
45	APLJ 48076M001			3.47049	A
47	APTO 41933S001			3.56424	A
48	AQ01 42229M001			0.33272	A
50	ARCA 41909S001			0.60239	A
52	AREQ 42202M005			4.14834	A
53	AREV 42202M005	1942826.25080	-5804070.35013	-1796894.14879	A

NIVEL DE ACUERDO

Me_X = 0.00279 m

Me_Y = 0.00215 m

Me_Z = 0.00077 m



SOLUCION SEMANAL SIRGAS sir16P1900.crd



Ministerio
de Defensa
Nacional



Comando Conjunto
de las Fuerzas
Armadas



Ejército
Ecuatoriano



Instituto
Geográfico
Militar

RESULTADOS = NUEVO MRF NACIONAL SIRGAS ECUADOR

**QUÉ HA SUCEDIDO UN AÑO DESPUÉS DEL
TERREMOTO (ABRIL 2016 – OCTUBRE 2017???)**

**CUÁL ES EL NIVEL DEFORMACIÓN Y ESTABILIDAD
EN TÉRMINOS DE LAS COORDENADAS OFICIALES ??**





Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano

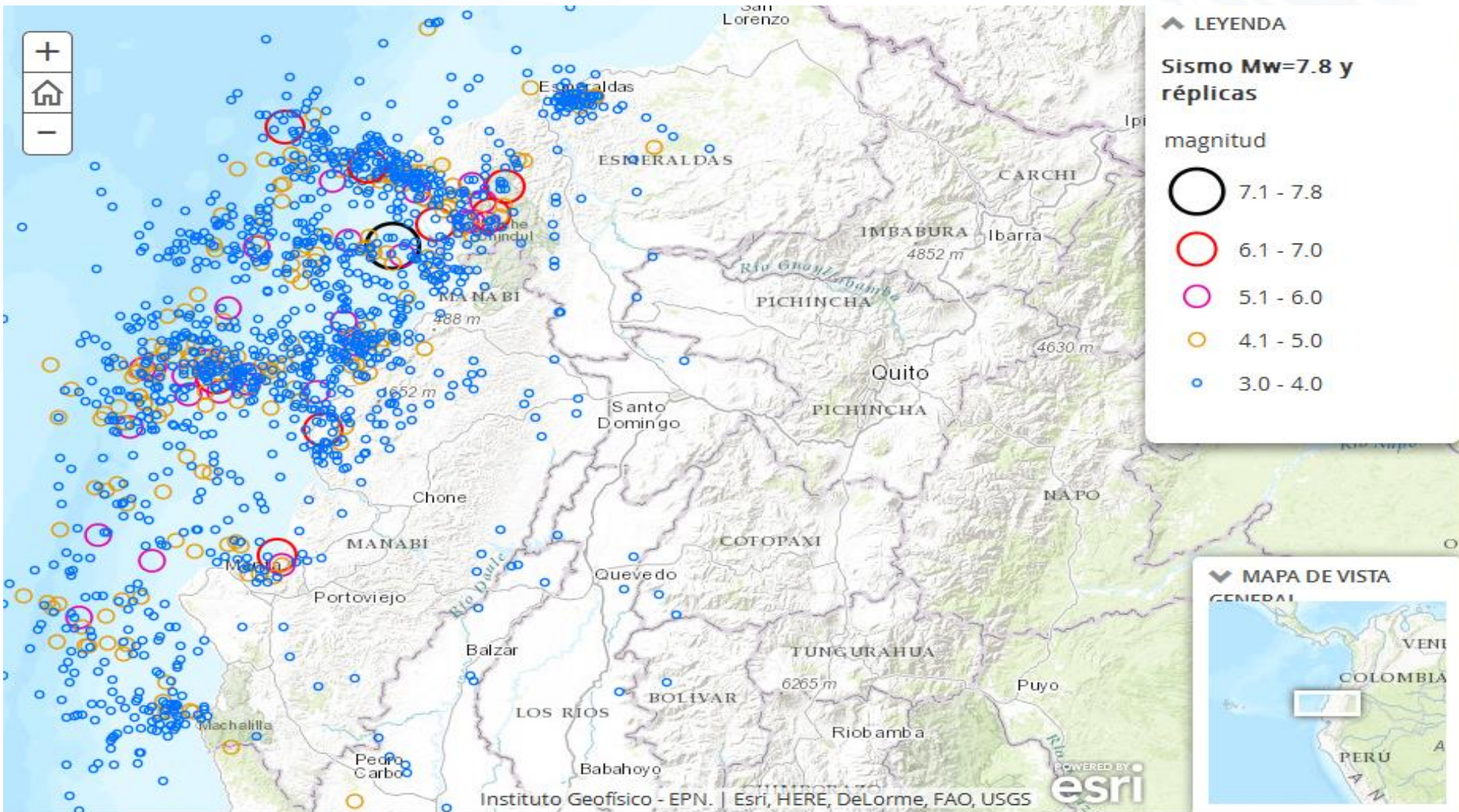


Instituto Geográfico Militar

TERREMOTO PEDERNALES

REPLICAS: Más de 3000, Octubre 2017

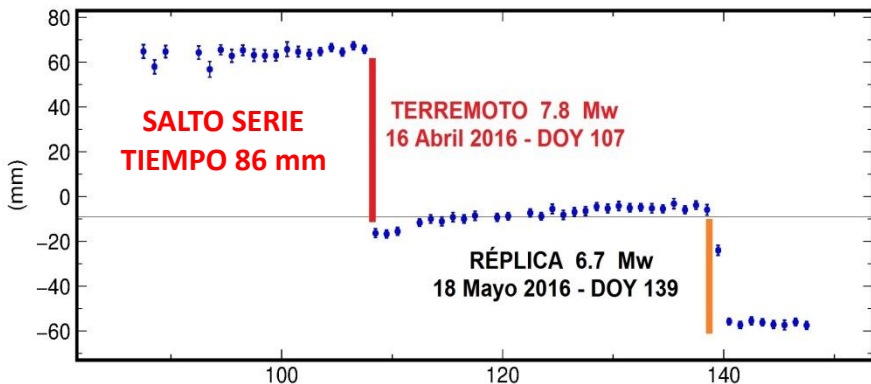
FUENTE: <http://www.igepn.edu.ec/mapas/mapa-evento-20160416.html>



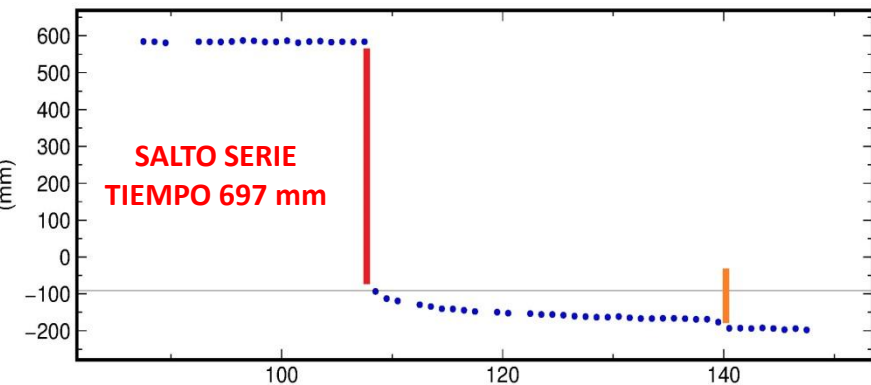
PDNS North Offset 12405.856 m
wmean(mm)= 5800.46 ± 0.26 nrms= 21.71 wrms= 41.7 mm # 56

PDNS

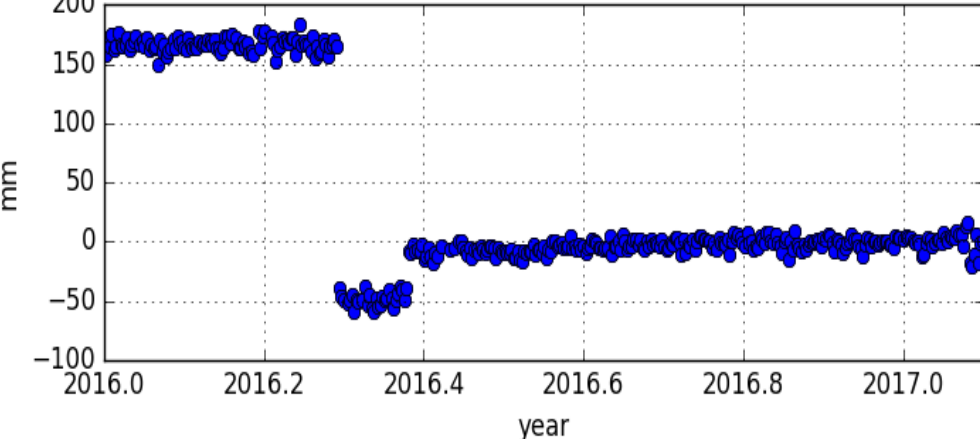
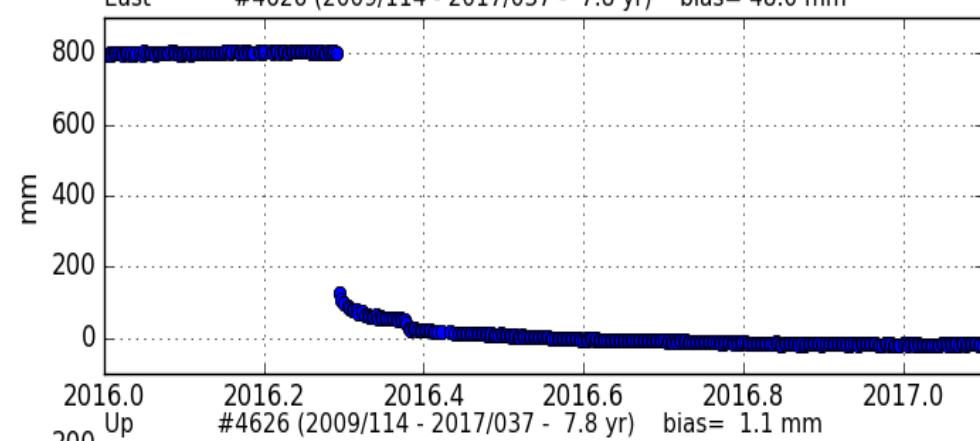
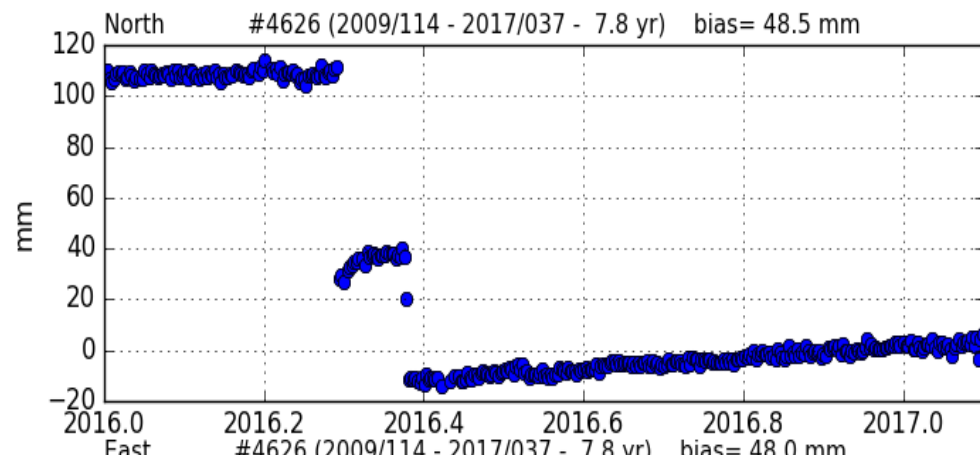
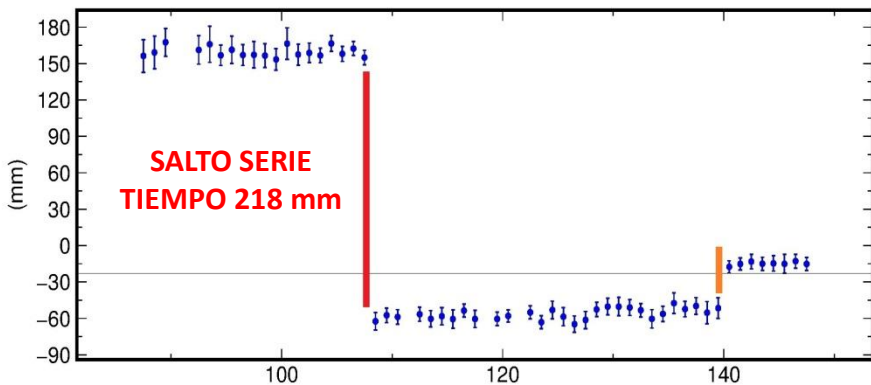
POST-SISMO



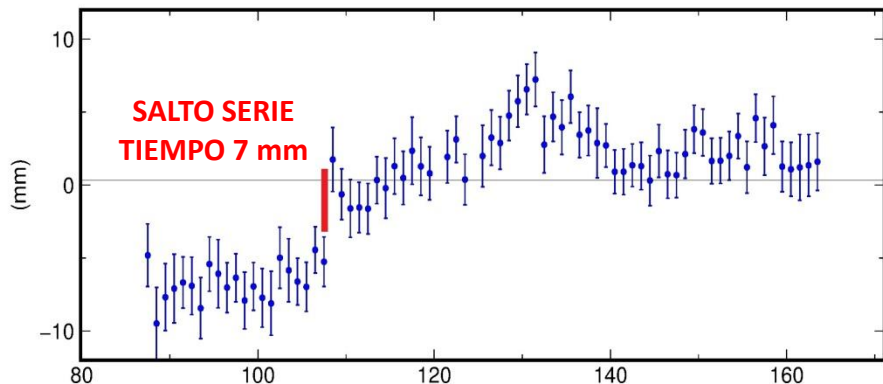
PDNS East Offset 31170399.273 m
wmean(mm)= 8780.40 ± 0.28 nrms= 146.78 wrms= 312.4 mm # 56



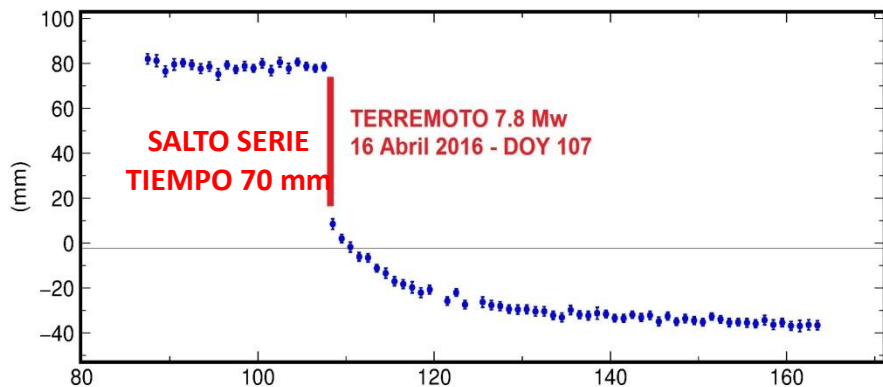
PDNS Up Offset 139.013 m
wmean(mm)= 8879.90 ± 0.91 nrms= 12.85 wrms= 87.5 mm # 56



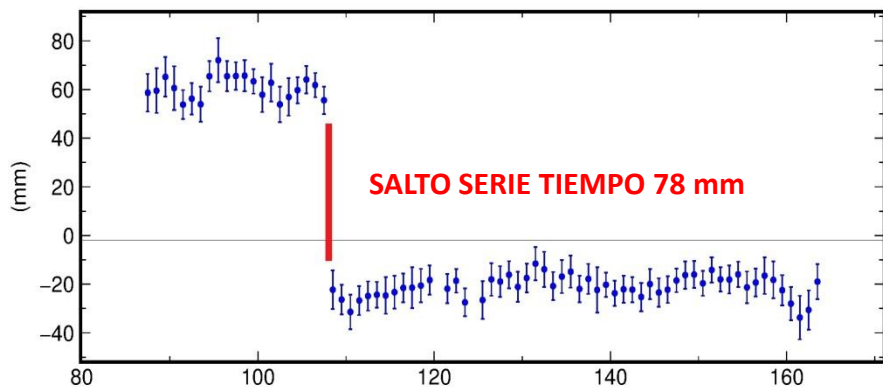
ONEC North Offset -77628.590 m
wmean(mm)= -8585.60 ± 0.21 nrms= 2.34 wrms= 4.2 mm # 75



ONEC East Offset 31155856.680 m
wmean(mm)= 6599.86 ± 0.22 nrms= 25.43 wrms= 48.1 mm # 75

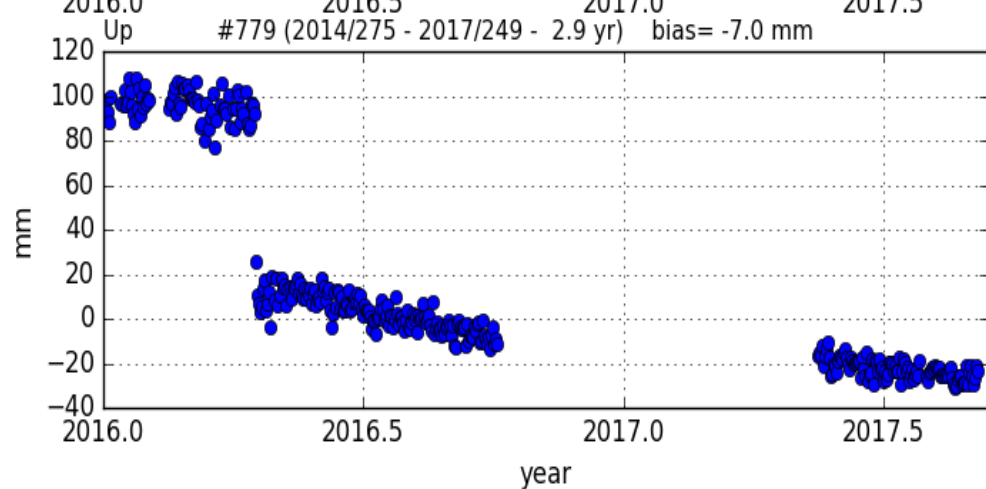
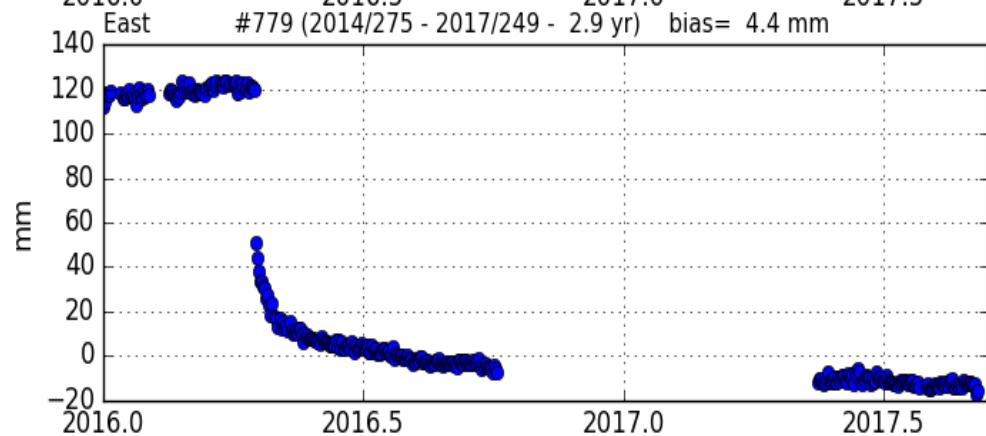
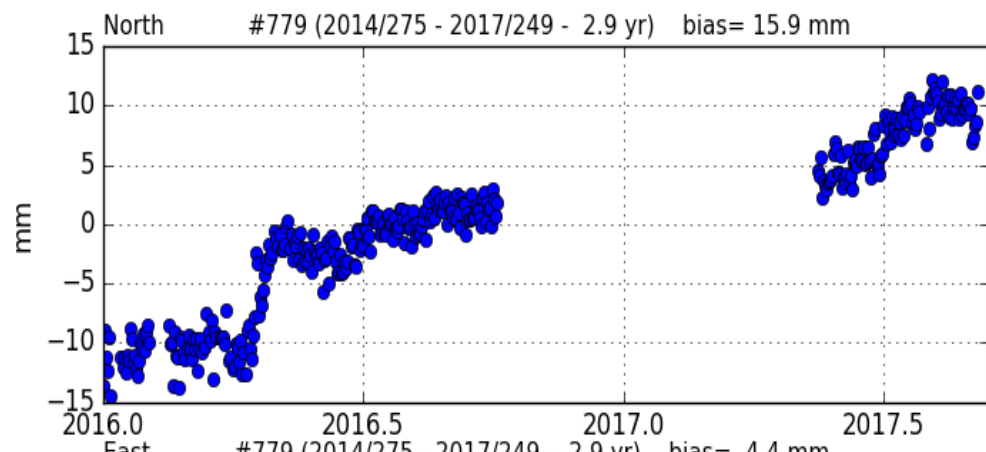


ONEC Up Offset 41.223 m
wmean(mm)= 1166.10 ± 0.71 nrms= 5.81 wrms= 36.0 mm # 75



ONEC

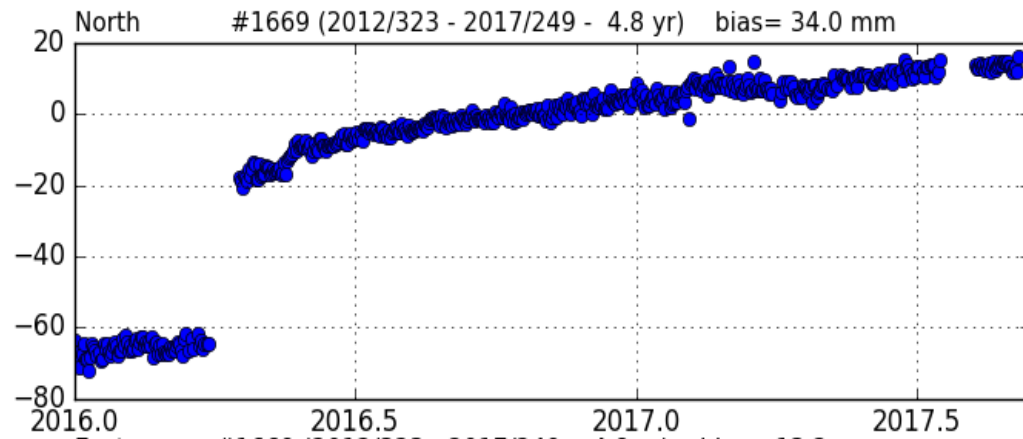
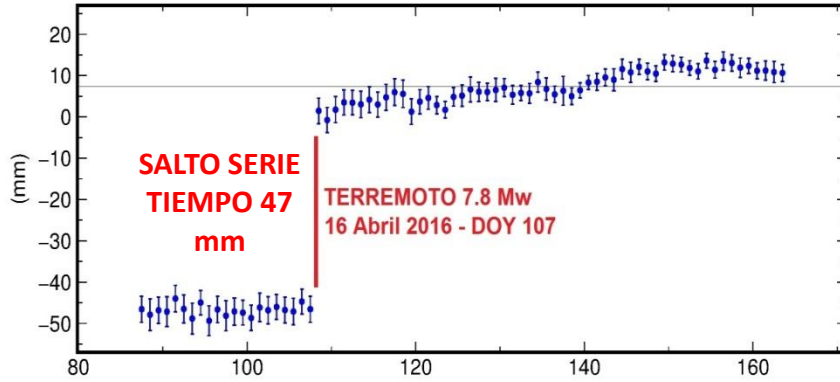
POST-SISMO



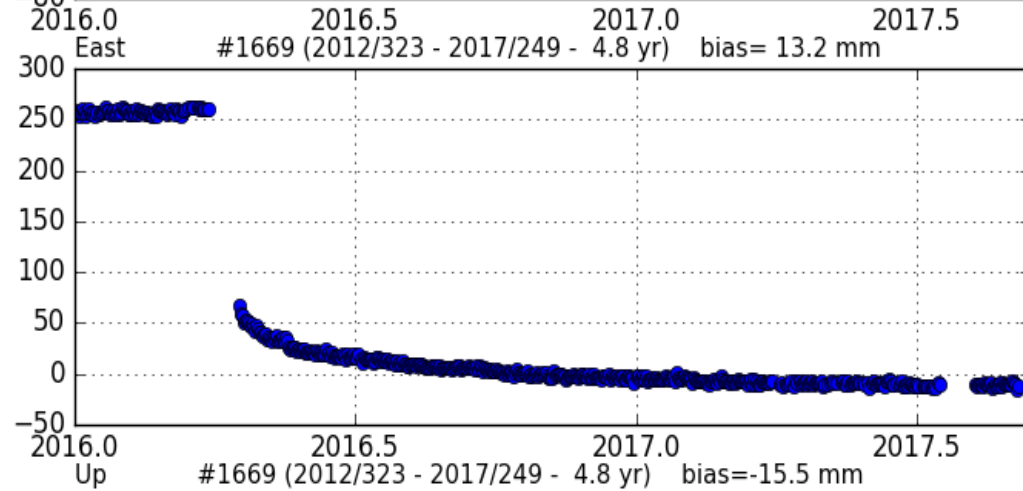
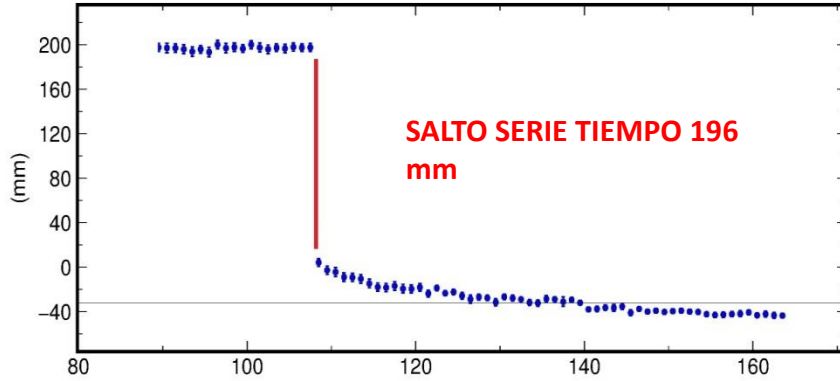
ECEC North Offset -30261.676 m
wmean(mm)=-1636.47 ± 0.28 nrms= 8.31 wrms= 20.3 mm # 77

ECEC

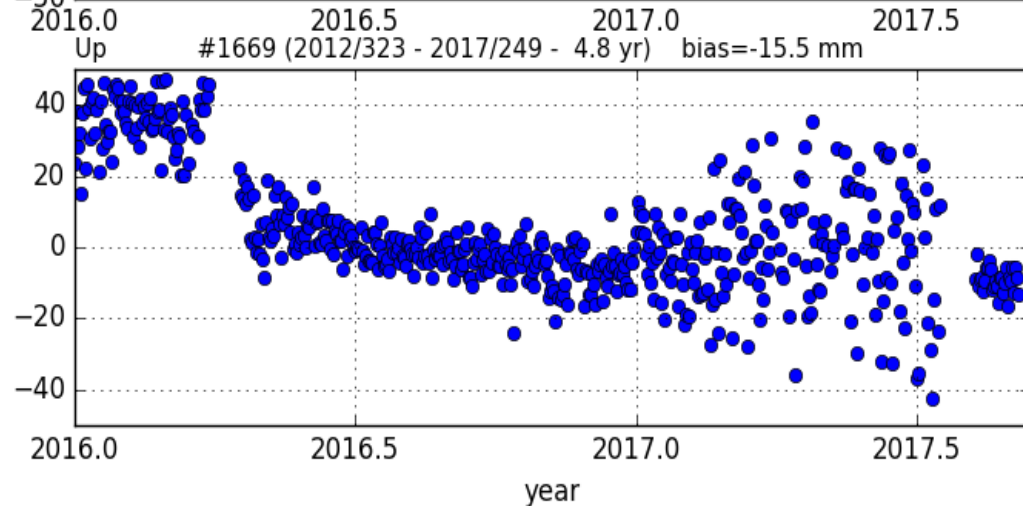
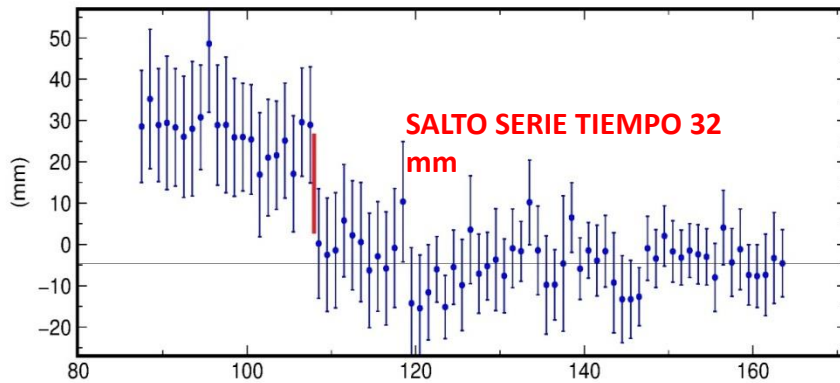
POST-SISMO



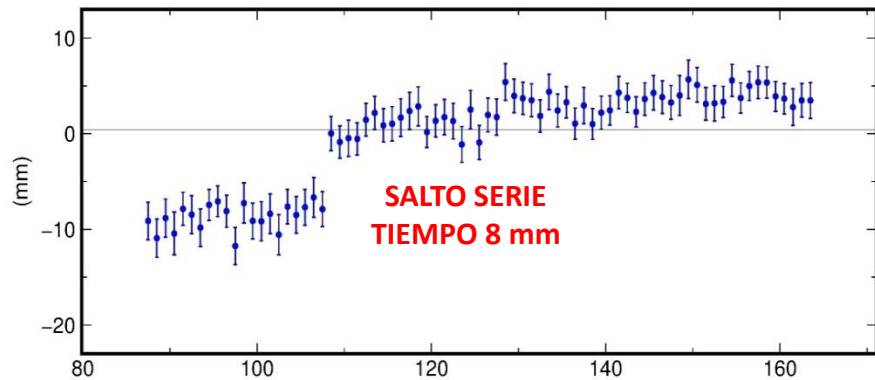
ECEC East Offset 31230122.237 m
wmean(mm)= 2071.10 ± 0.31 nrms= 29.65 wrms= 81.8 mm # 77



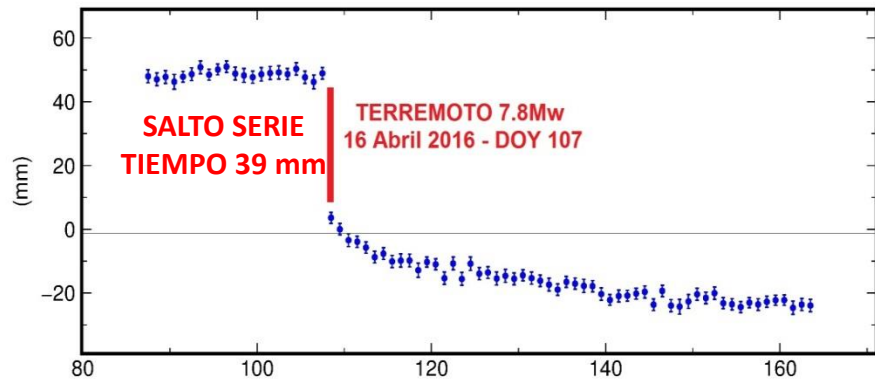
ECEC Up Offset 284.760 m
wmean(mm)= 4736.49 ± 1.14 nrms= 1.20 wrms= 12.0 mm # 77



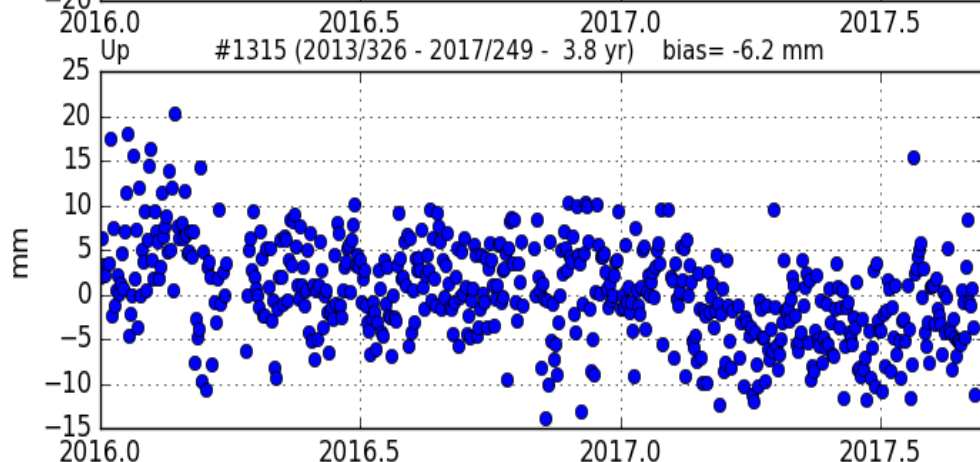
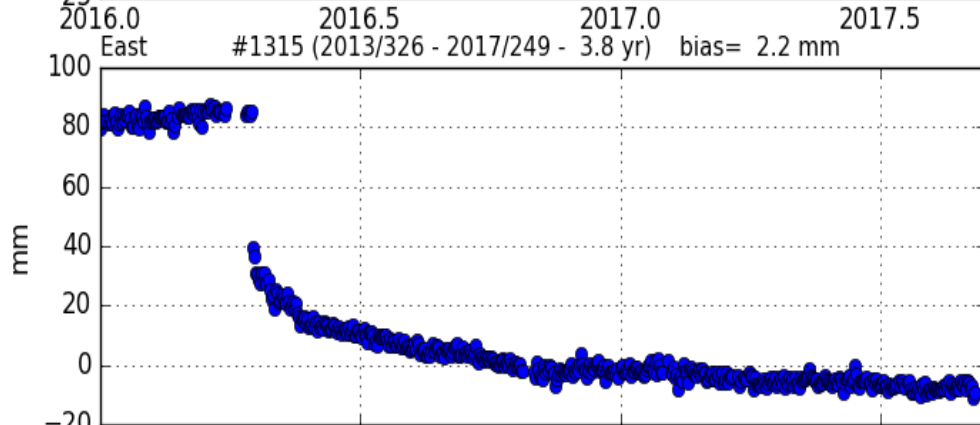
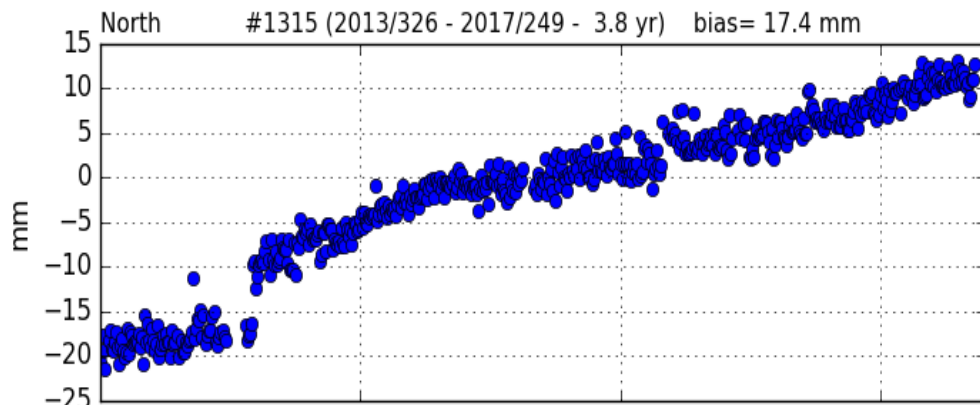
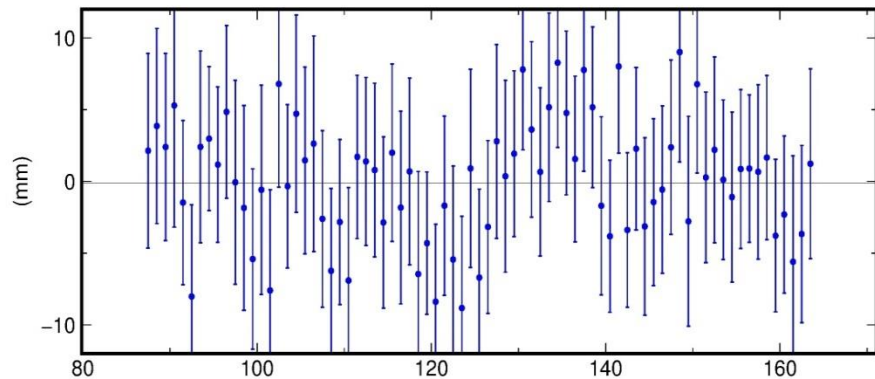
EPEC North Offset -35053.408 m
 wmean(mm) = -3398.82 ± 0.20 nrms= 2.87 wrms= 5.1 mm # 77



EPEC East Offset 31341937.344 m
 wmean(mm) = 7297.59 ± 0.21 nrms= 15.57 wrms= 29.1 mm # 77



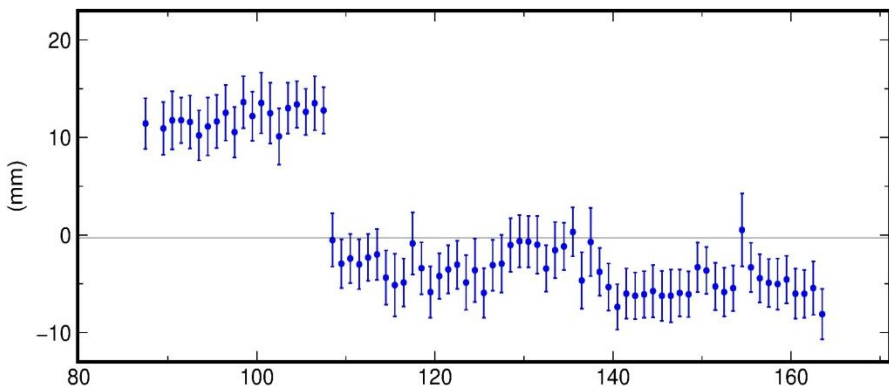
EPEC Up Offset 2522.979 m
 wmean(mm) = 2977.01 ± 0.70 nrms= 0.68 wrms= 4.1 mm # 77



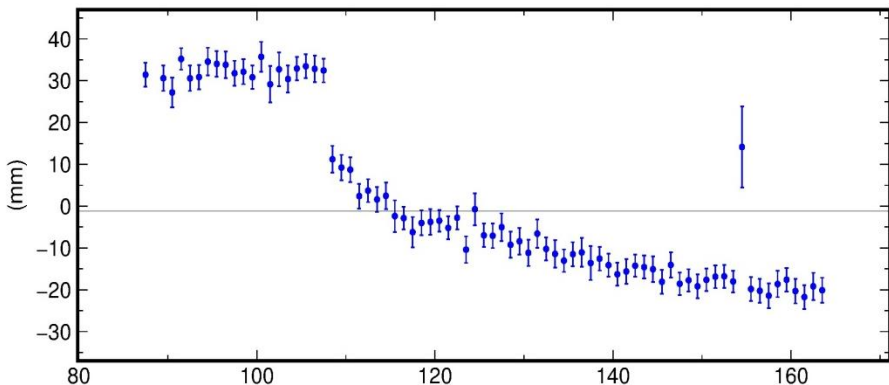
ESMR North Offset 104044.670 m
wmean(mm)= 4659.23 ± 0.30 nrms= 2.79 wrms= 7.3 mm # 76

ESMR

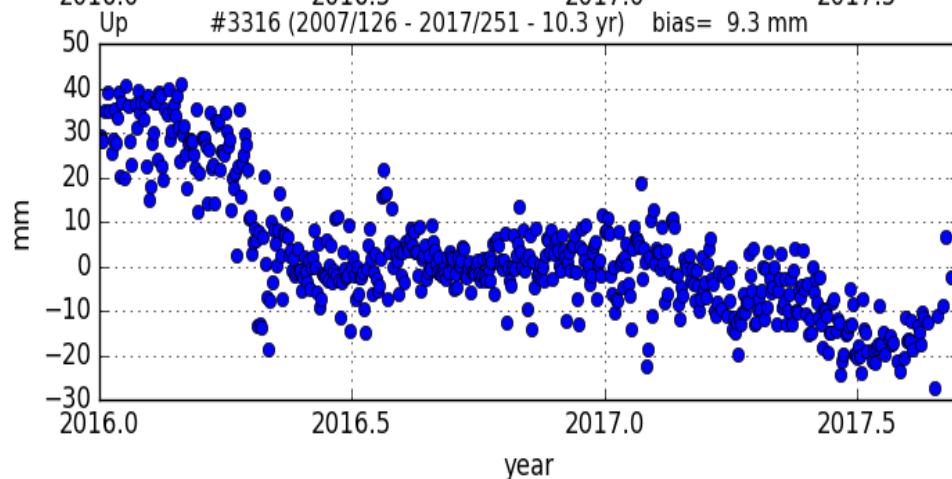
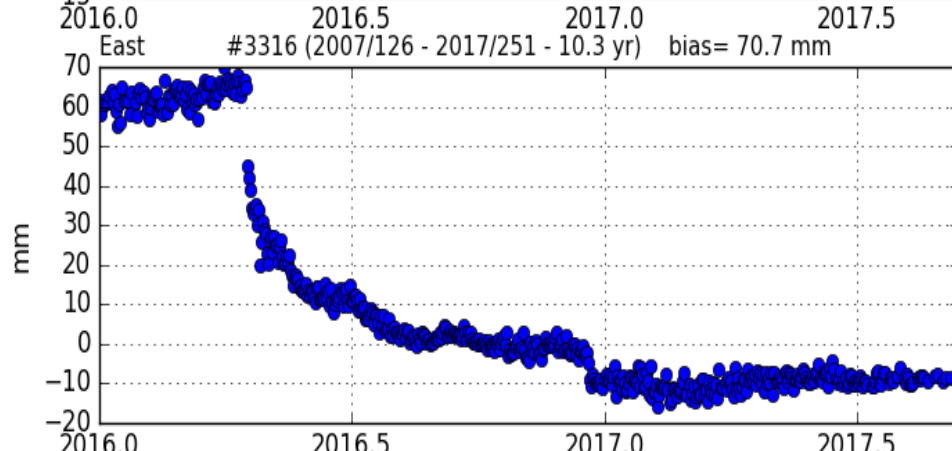
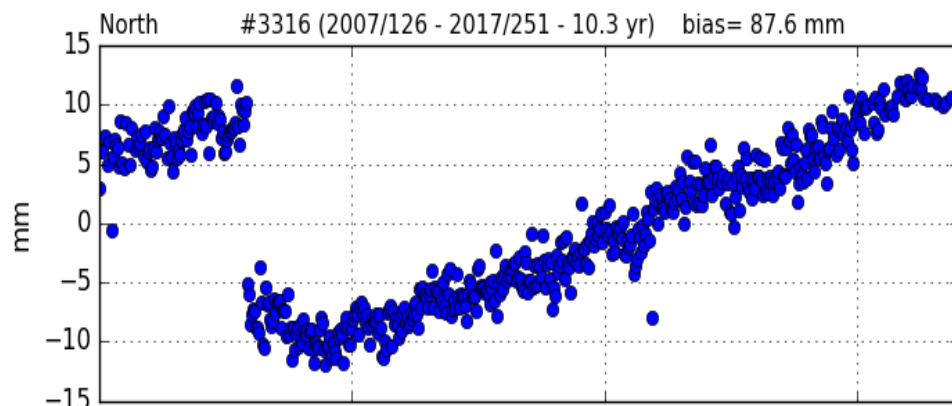
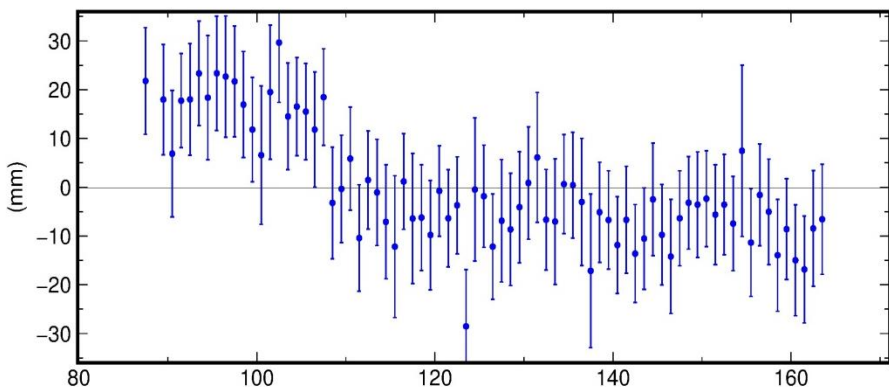
POST-SISMO



ESMR East Offset 31195997.380 m
wmean(mm)= 7349.27 ± 0.34 nrms= 6.68 wrms= 20.1 mm # 76



ESMR Up Offset 251.675 m
wmean(mm)= 1653.79 ± 1.27 nrms= 1.07 wrms= 11.9 mm # 76

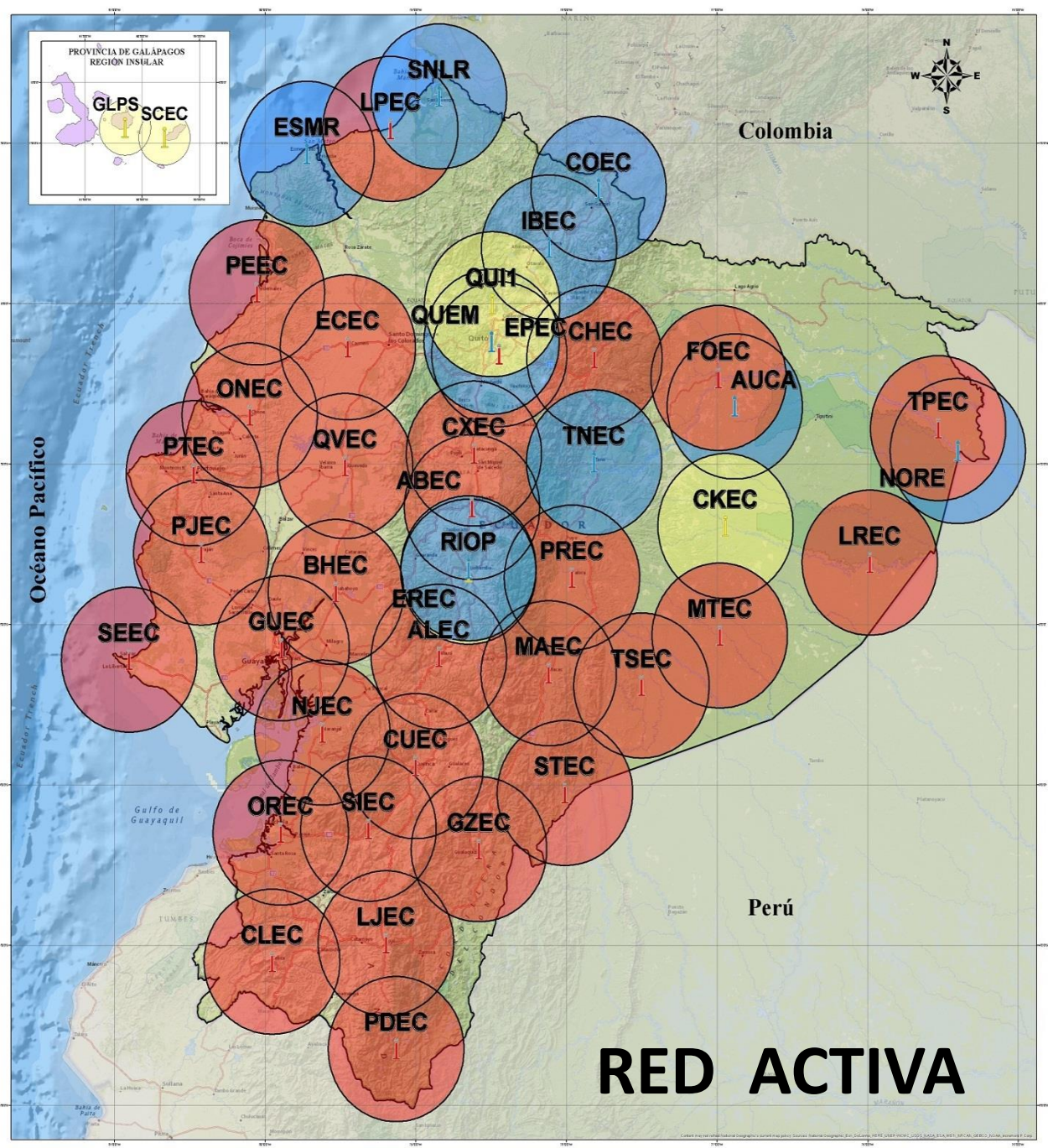




ESTABILIDAD SIRGAS ECUADOR

		SIRGAS ECUADOR, ITRF 2008, ÉPOCA 2016.4					SIRGAS ECUADOR, ITRF 2014, ÉPOCA 2017.4		
STATION	GPS WEEK	ESTE	NORTE	h ELIPSOIDAL	GPS WEEK	ESTE	NORTE	h ELIPSOIDAL	
ONEC	1900	599976.575	9922912.354	41.141	1945	599976.562	9922912.357	41.12	
ECEC	1900	672287.174	9 969 941.94	284.726	1945	672287.156	9969941.955	284.728	
EPEC	1900	784250.812	9965160.359	2522.975	1945	784250.797	9965160.365	2522.976	
ESMR	1900	641938.458	103332.669	251.644	1945	641938.447	103332.681	251.643	
FOEC	1900	278534.581	9948758.266	286.372	1945	278534.575	9948758.272	286.37	

1 AÑO DESPUÉS SISMO			
STATION	ΔE	ΔN	Δh
ONEC	0.013	-0.003	0.021
ECEC	0.018	-0.015	-0.002
EPEC	0.015	-0.006	-0.001
ESMR	0.011	-0.012	0.001
FOEC	0.006	-0.006	0.002



RED ACTIVA

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR



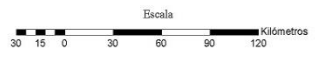
**ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO
RADIO DE COBERTURA 50 Km.**



**FECHA DE CORTE: ABRIL 2015
TOTAL REGME: 45 EMC
RADIO DE COBERTURA: 50 KM.
PROVINCIAS:
TUNGURAHUA, PASTAZA, BOLIVAR
TOTAL 13 EMC
LREC, CKEC, MTEC, TSEC, PREC, TNEC, ALEC,
EREC, RIOP, ABEC, CXEC, QVEC, BHEC**

Legenda
REGME 2015

- OTRAS INSTITUCIONES
- IGM
- IGEPI





Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

REGME - VSAT

STEC - SANTIAGO





Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

REGME - VSAT

STEC - SANTIAGO

ANTENA LEICA
AT504 GG



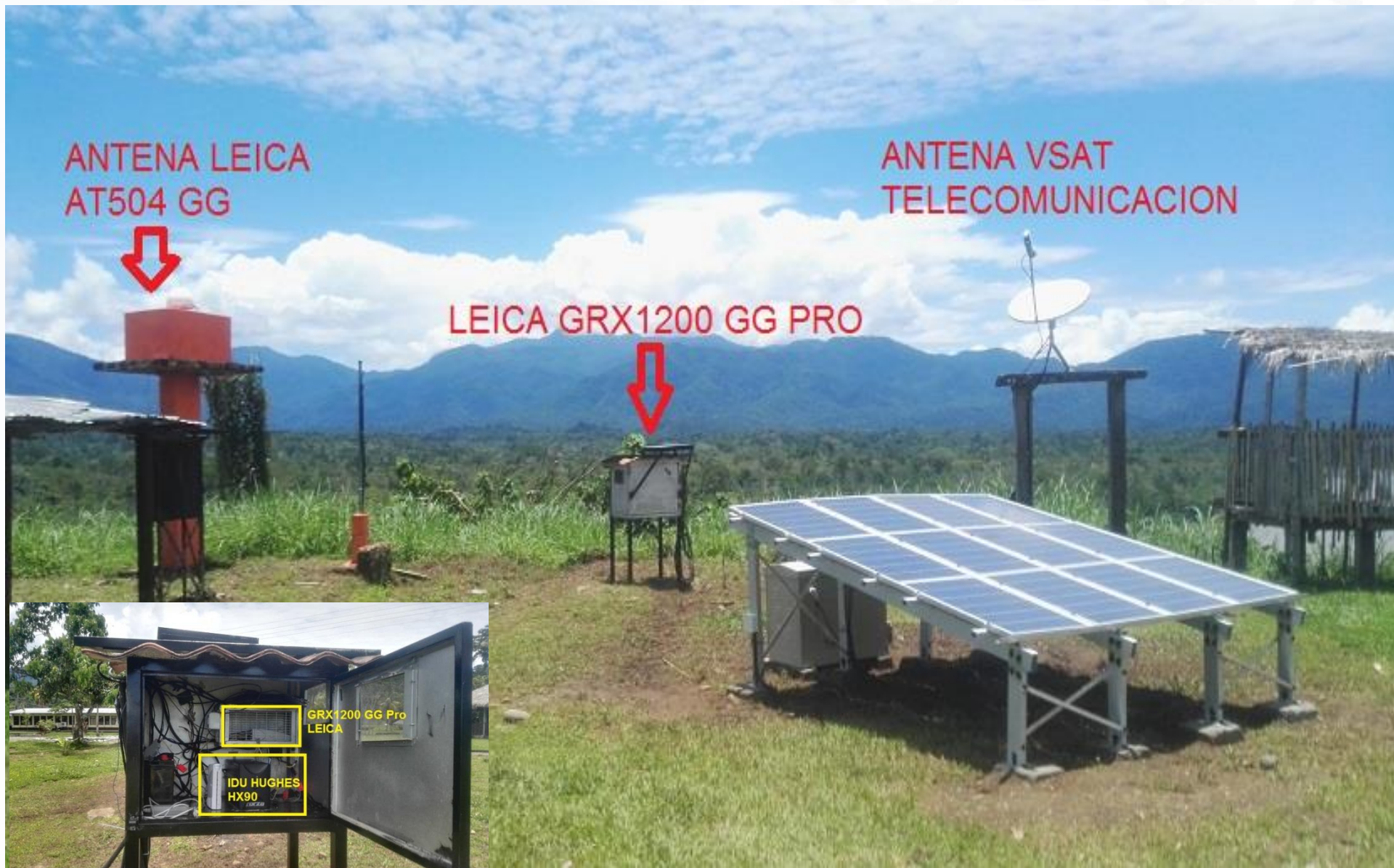
ANTENA VSAT
TELECOMUNICACION

LEICA GRX1200 GG PRO



GRX1200 GG Pro
LEICA

IDU HUGHES
HX90





Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

REGME - VSAT

GALÁPAGOS – SAN CRISTÓBAL





Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



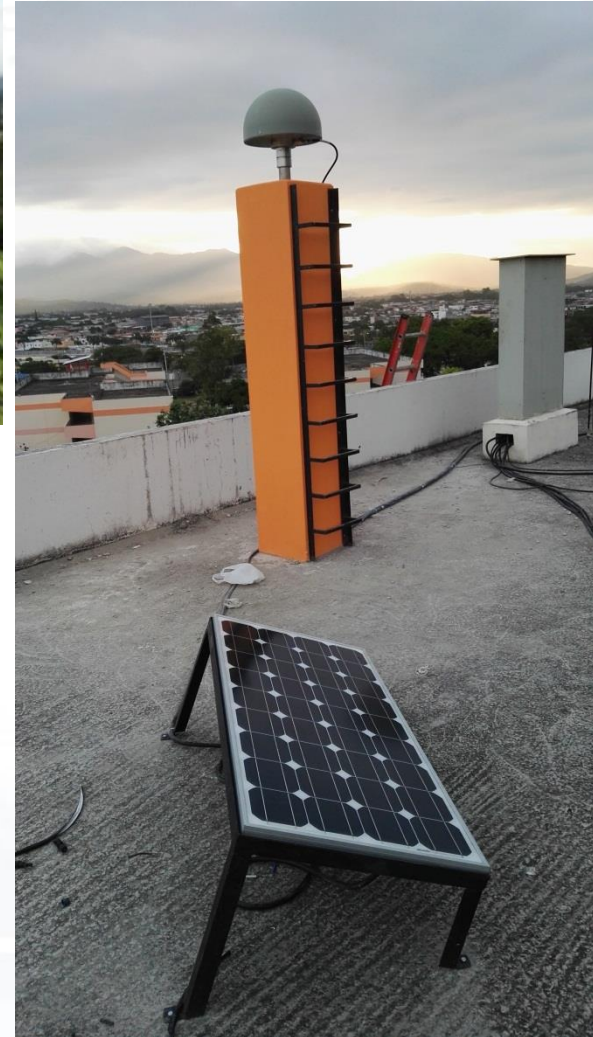
Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

REGME - VSAT

POEC - PORTOVIEJO





Ministerio
de Defensa
Nacional



Comando Conjunto
de las Fuerzas
Armadas



Ejército
Ecuatoriano



Instituto
Geográfico
Militar



Gracias por su gentil atención.

ING. DAVID A. CISNEROS R.
REGME – CEPGE – IGM

david.cisneros@mail.igm.gob.ec
Telf: 023 975 100, ext. 2013

www.igm.gob.ec
www.geoportaligm.gob.ec

MENDOZA – NOVIEMBRE 2017

