



I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*

# Avances en la Actualización del Sistema de Referencia SIRGAS-ECUADOR

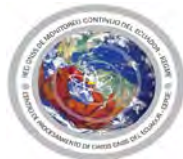
PROCESO DE GEODESIA IGM  
CEPGE – REGME

DAVID A. CISNEROS R.

SIMPOSIO SIRGAS  
BOLIVIA – NOVIEMBRE 2014

[www.igm.gov.ec](http://www.igm.gov.ec)

[www.geoportaligm.gov.ec](http://www.geoportaligm.gov.ec)



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



ecuador  
con la vida





I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*



# Por qué es necesario actualizar el RF Nacional ??

## Componente Horizontal



Ministerio de Defensa Nacional

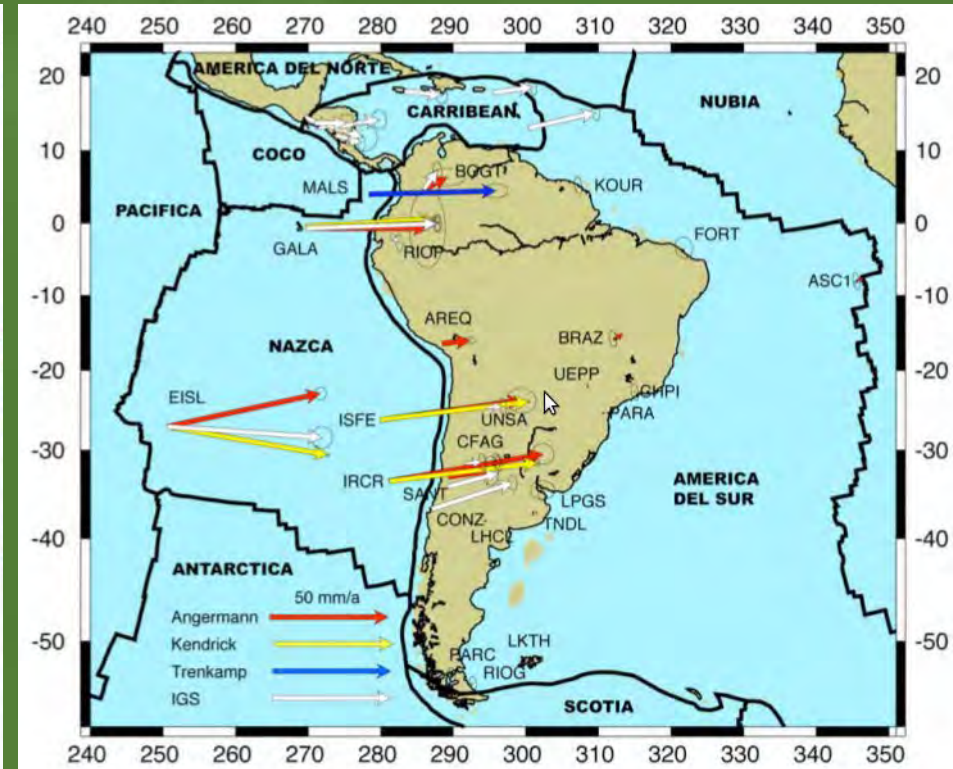


ecuador  
ama la vida

# CINEMÁTICA DE PLACAS LITOSFÉRICAS

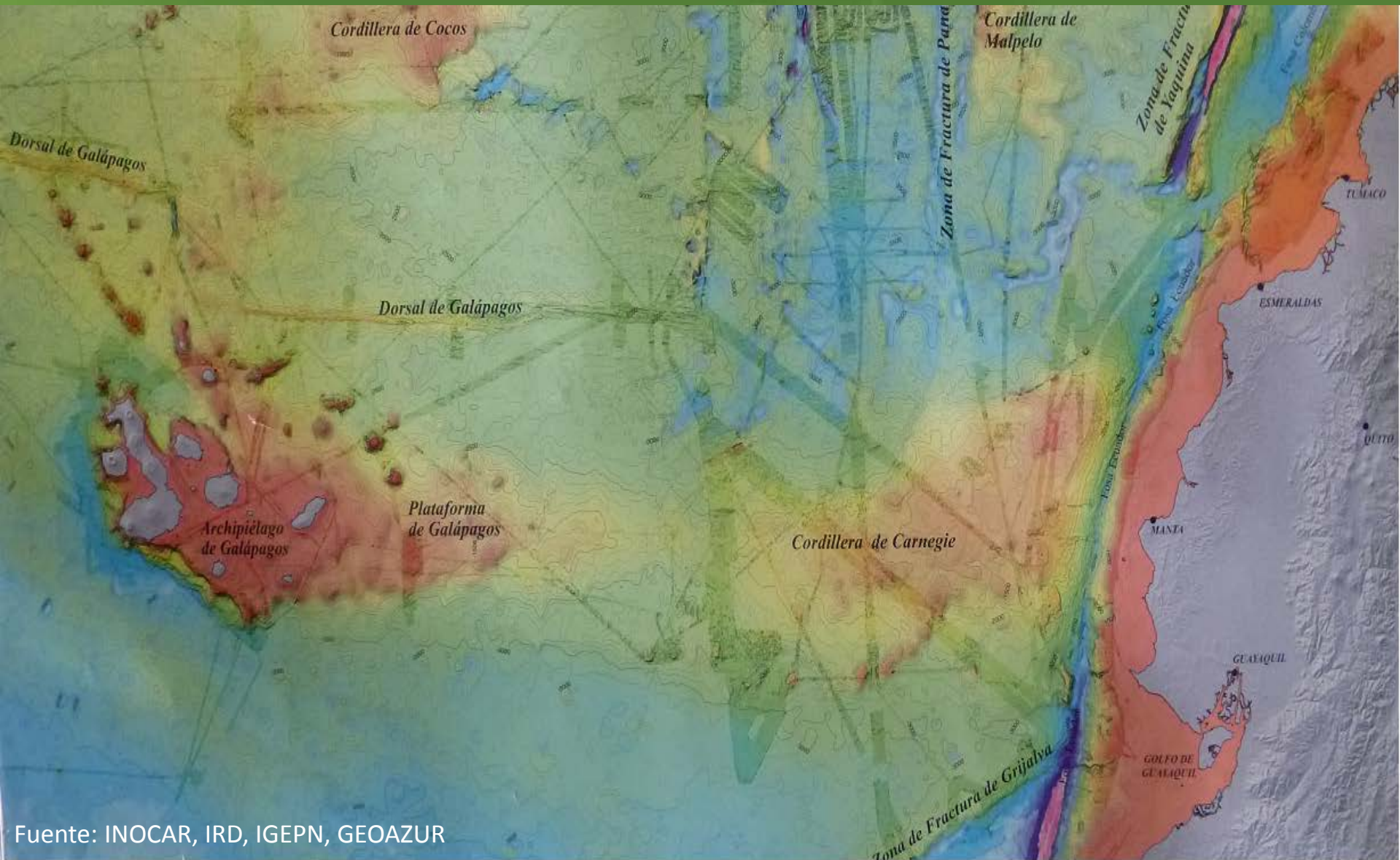
TODO EN LA TIERRA SE MUEVE....

Causa y Efecto que contribuye con el proceso de deformación del Marco de Referencia, producto de varios agentes , eventos y fenómenos de carácter físico a lo largo del tiempo.

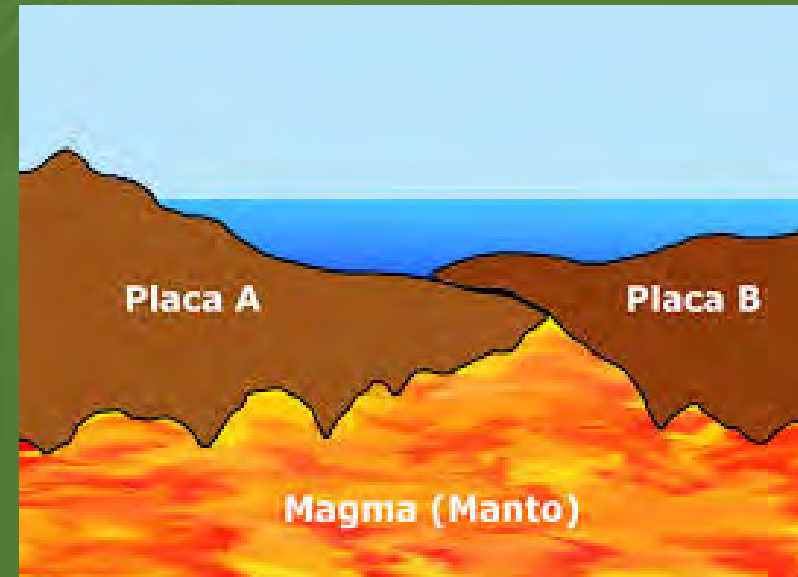
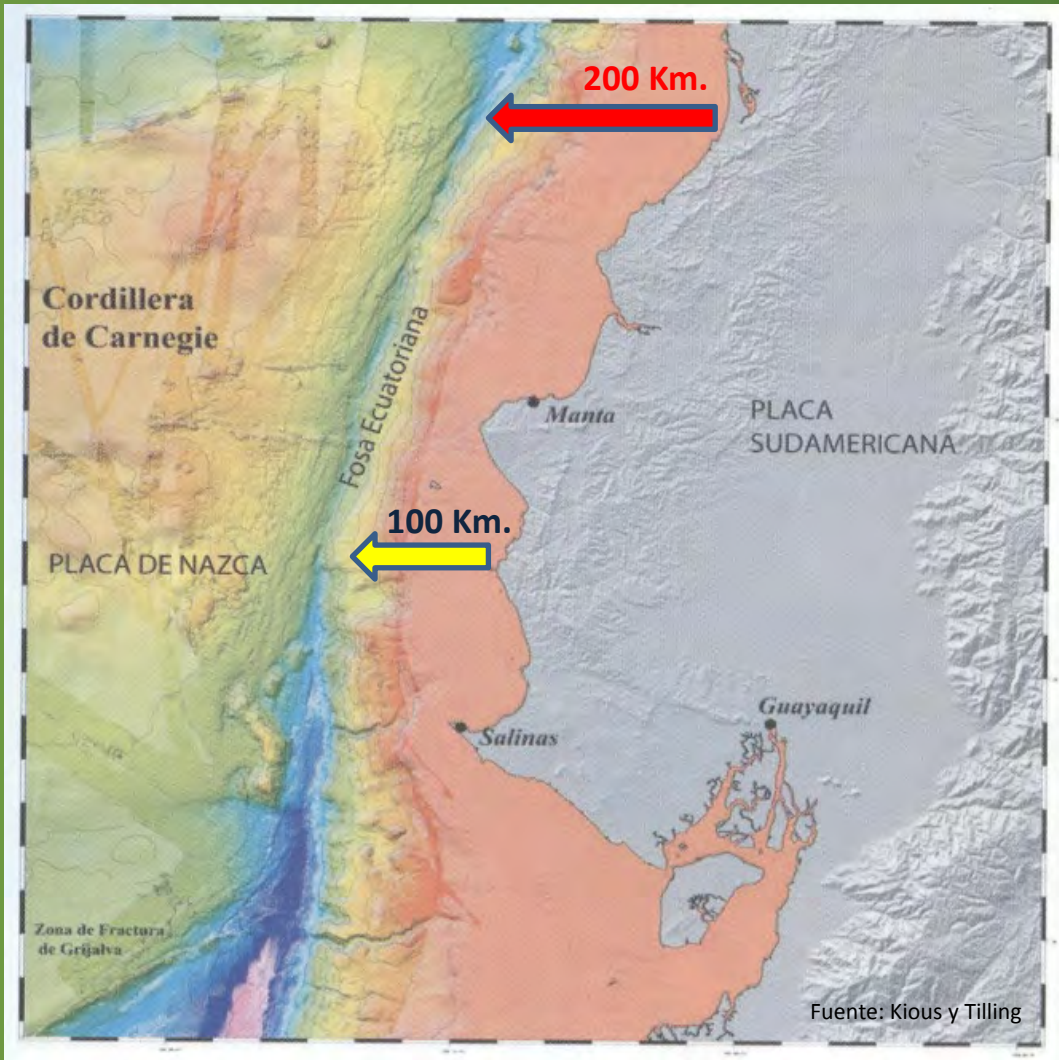


Fuente: Kious y Tilling

# CINEMÁTICA DE PLACAS LITOSFÉRICAS – PERFIL ECUADOR NAZCA (Oceánica) – SUDAMERICA (Continental)

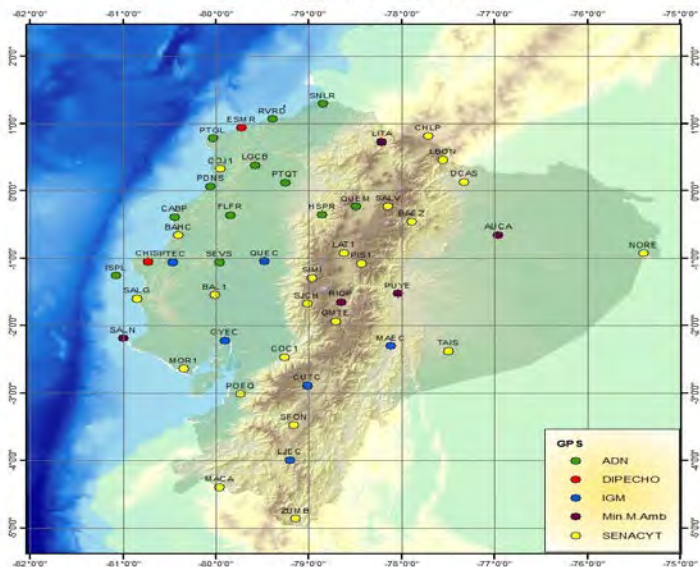


# CINEMÁTICA DE PLACAS LITOSFÉRICAS – PERFIL ECUADOR



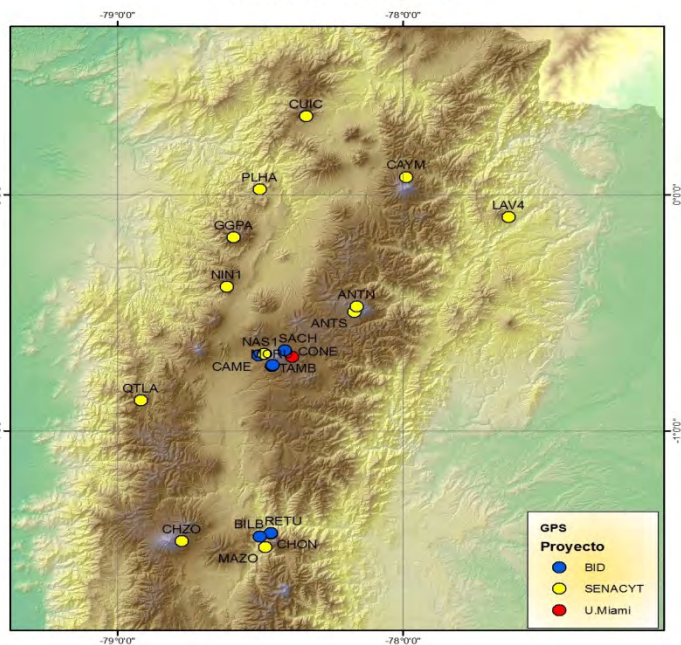
La Placa Submarina de Nazca converge con la Placa Continental de Sudamérica en la Fosa de Subducción, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 100 – 200 Km de la costa continental.

**RED GPS - TECTÓNICA**  
**Instituto Geofísico**  
**noviembre 19, 2010**

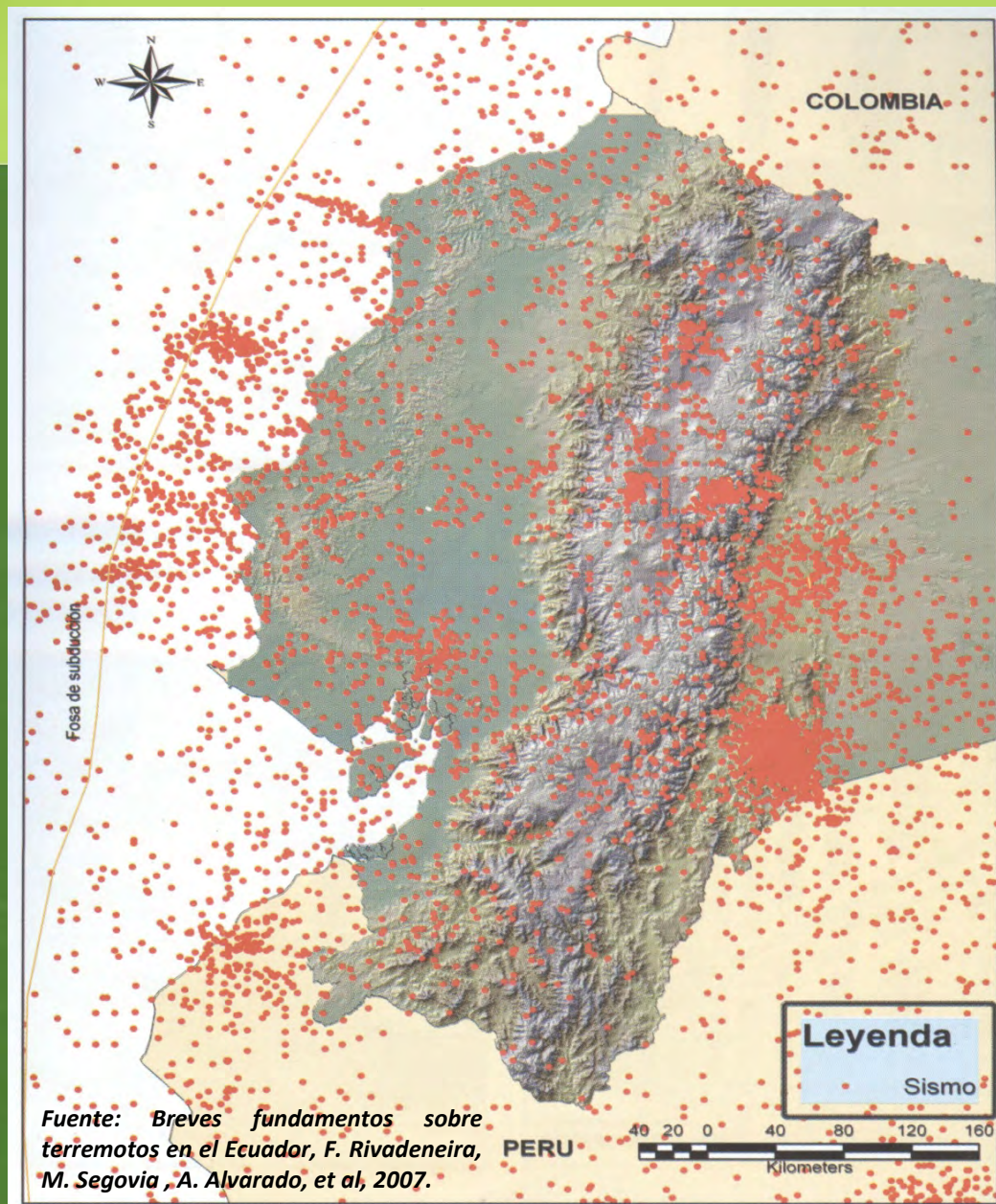


**RED GPS - VOLCÁNICA**  
**Instituto Geofísico**  
**noviembre 19, 2010**

Fuente: IGEPN

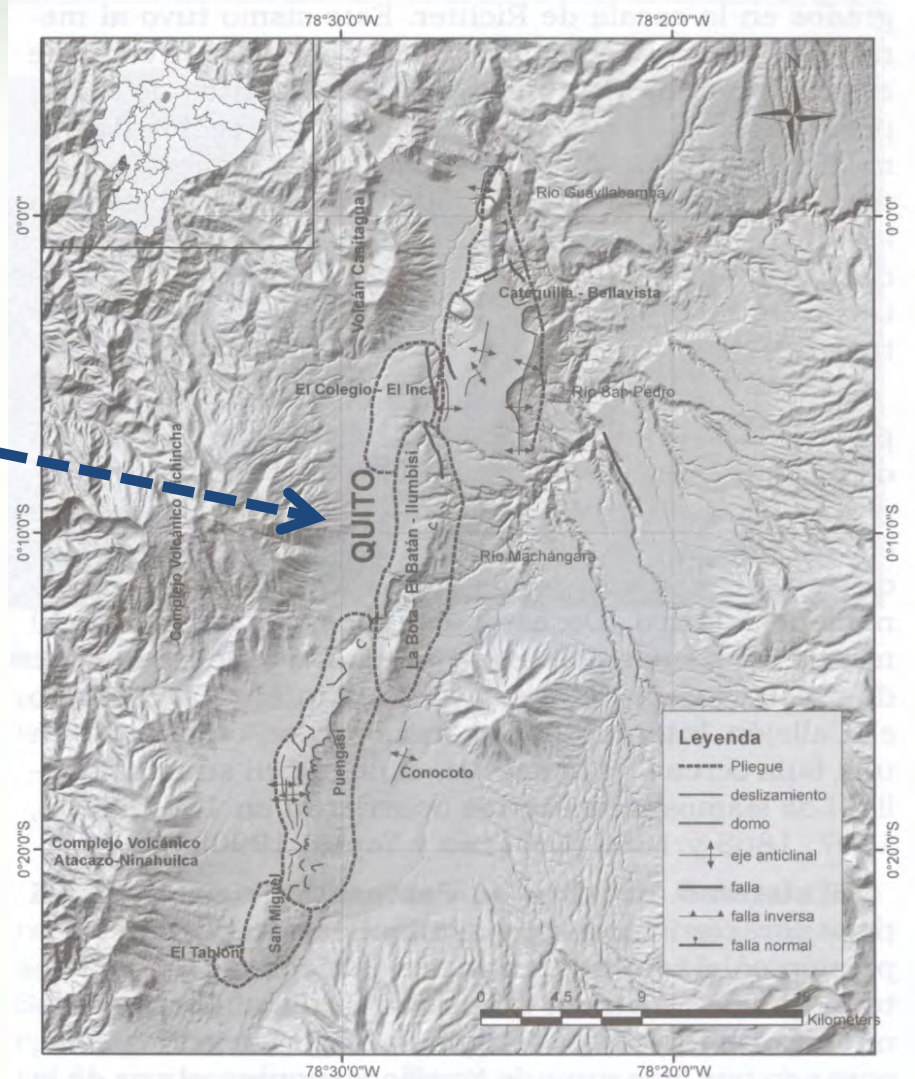
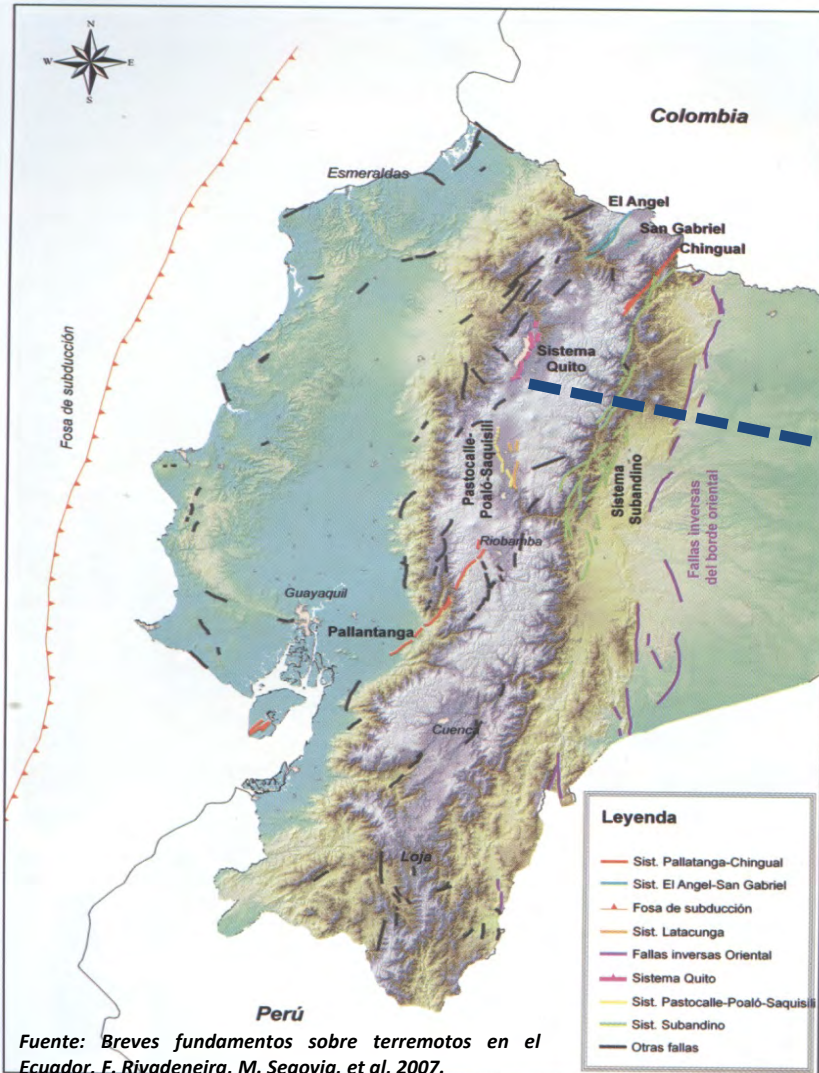


# FENÓMENOS GEOFÍSICOS



Fuente: *Breves fundamentos sobre terremotos en el Ecuador, F. Rivadeneira, M. Segovia, A. Alvarado, et al, 2007.*

# SISTEMA DE FALLAS



Fuente: Breves fundamentos sobre terremotos en el Ecuador, F. Rivadeneira, M. Segovia, et al, 2007.



I N S T I T U T O

*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



## SISTEMA DE FALLAS







INSTITUTO  
*Geográfico Militar*



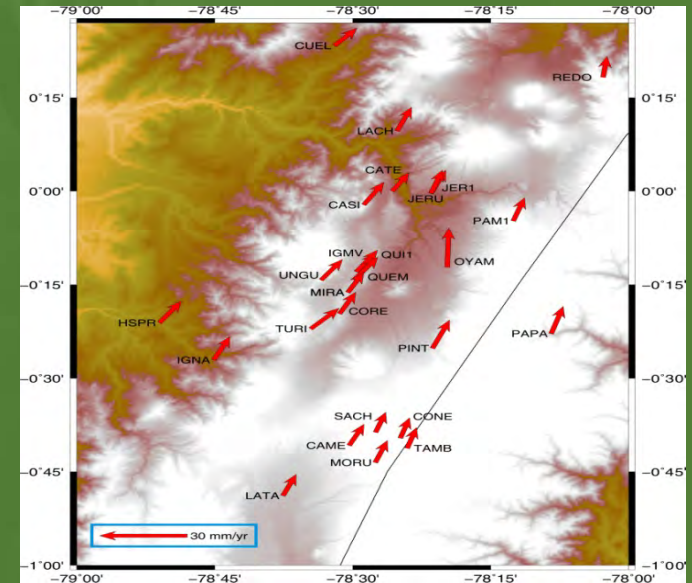
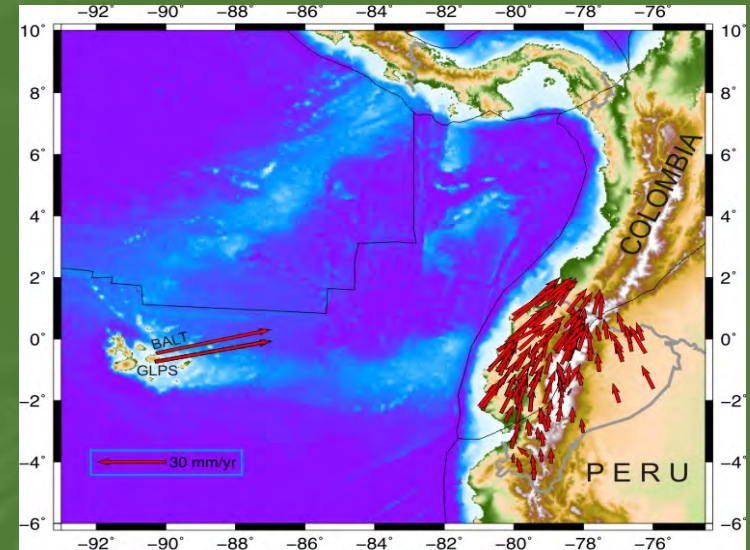
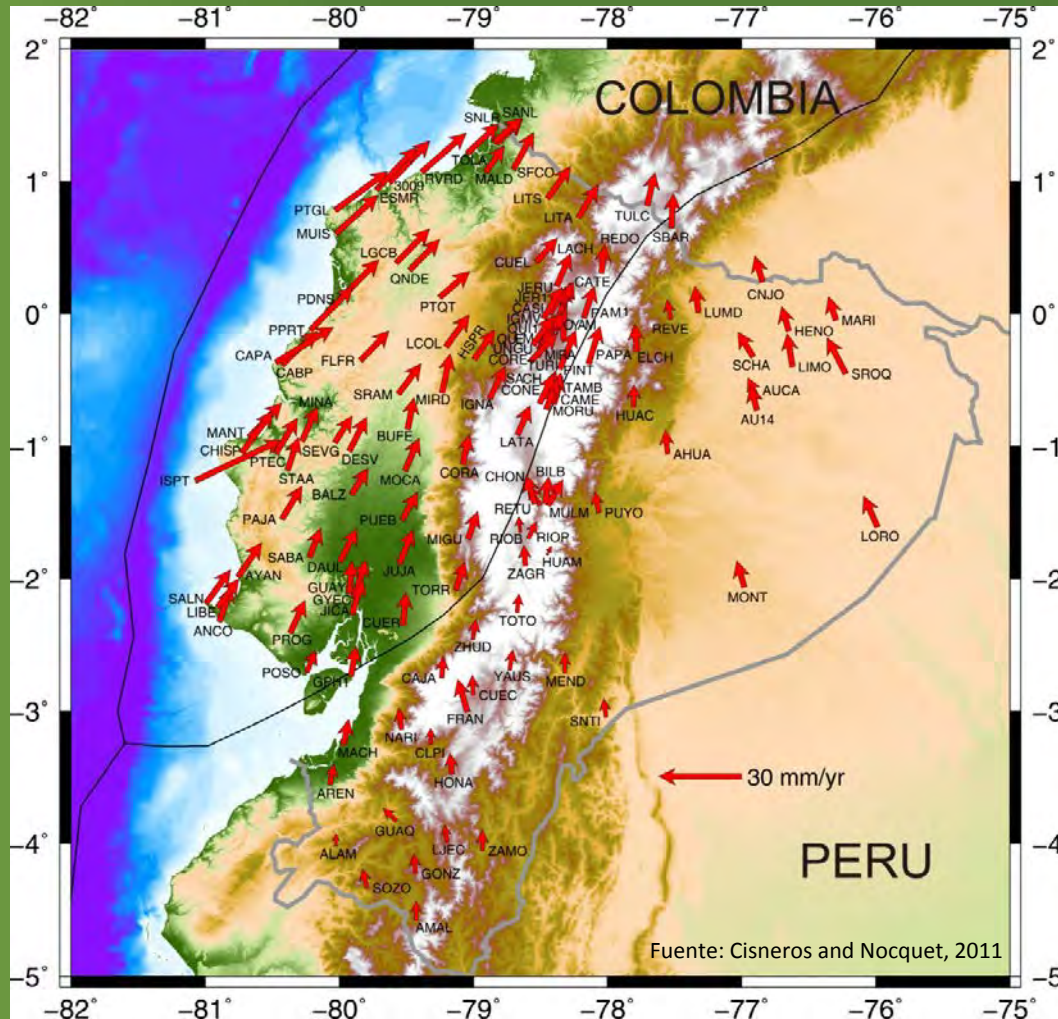
Ministerio  
de Defensa  
Nacional



# DEFORMACIÓN LOCAL



# CINEMÁTICA DE PLACAS LITOSFÉRICAS – PERFIL ECUADOR



Fuente: Cisneros and Nocquet, 2011

Desplazamientos: GALAPAGOS: 5cm/ año

COSTA: 2 – 3 cm / año. SIERRA ANDINA: 1.5 cm / año. ORIENTE-AMAZONIA: 1.1 cm / año.



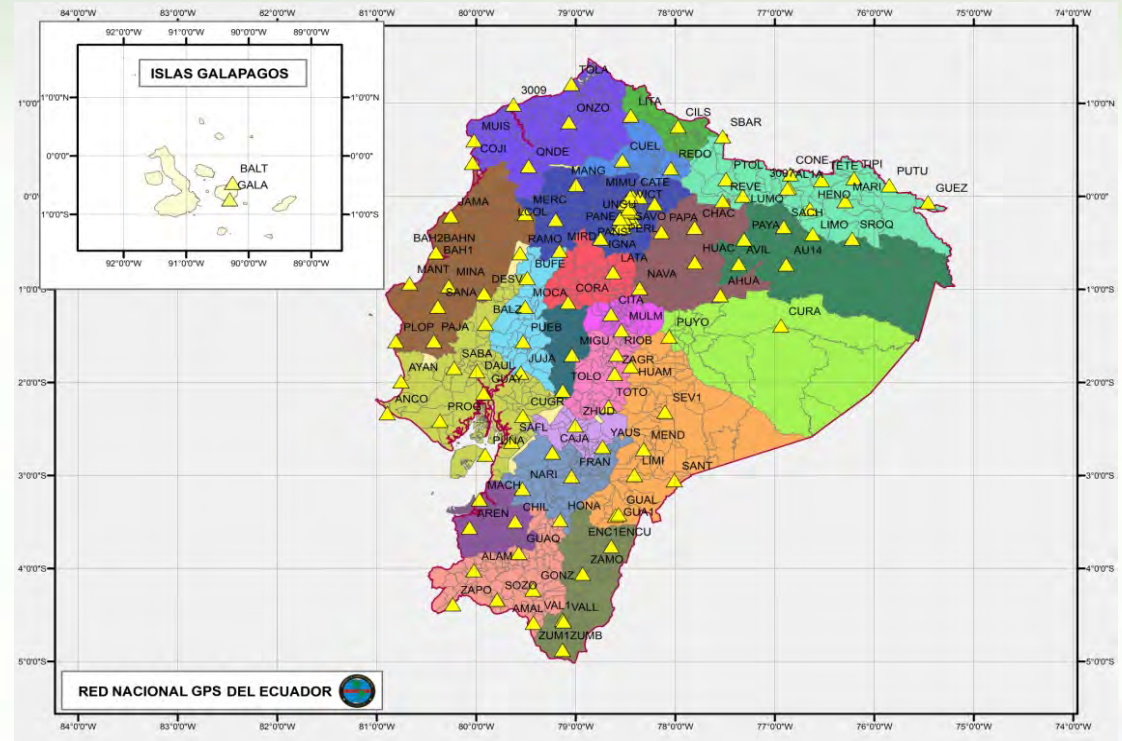
INSTITUTO  
*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



# INVENTARIO RED NACIONAL GPS ECUADOR – RENAGE



**MATERIALIZACIÓN RENAGE: 1993**

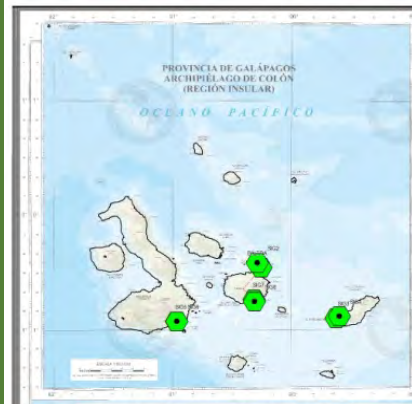
**TOTAL MOJONES SITES: 135**

**DENSIFICACIÓN GPS: 1994 – 1996 – 1998**

**AJUSTE ITRF, EPOCH: ITRF 94, 1995.5**

**DESTRUIDOS / DESAPARECIDOS 2014: 52 MOJONES**

# MANTENIMIENTO RED NACIONAL GPS ECUADOR - RENAGE

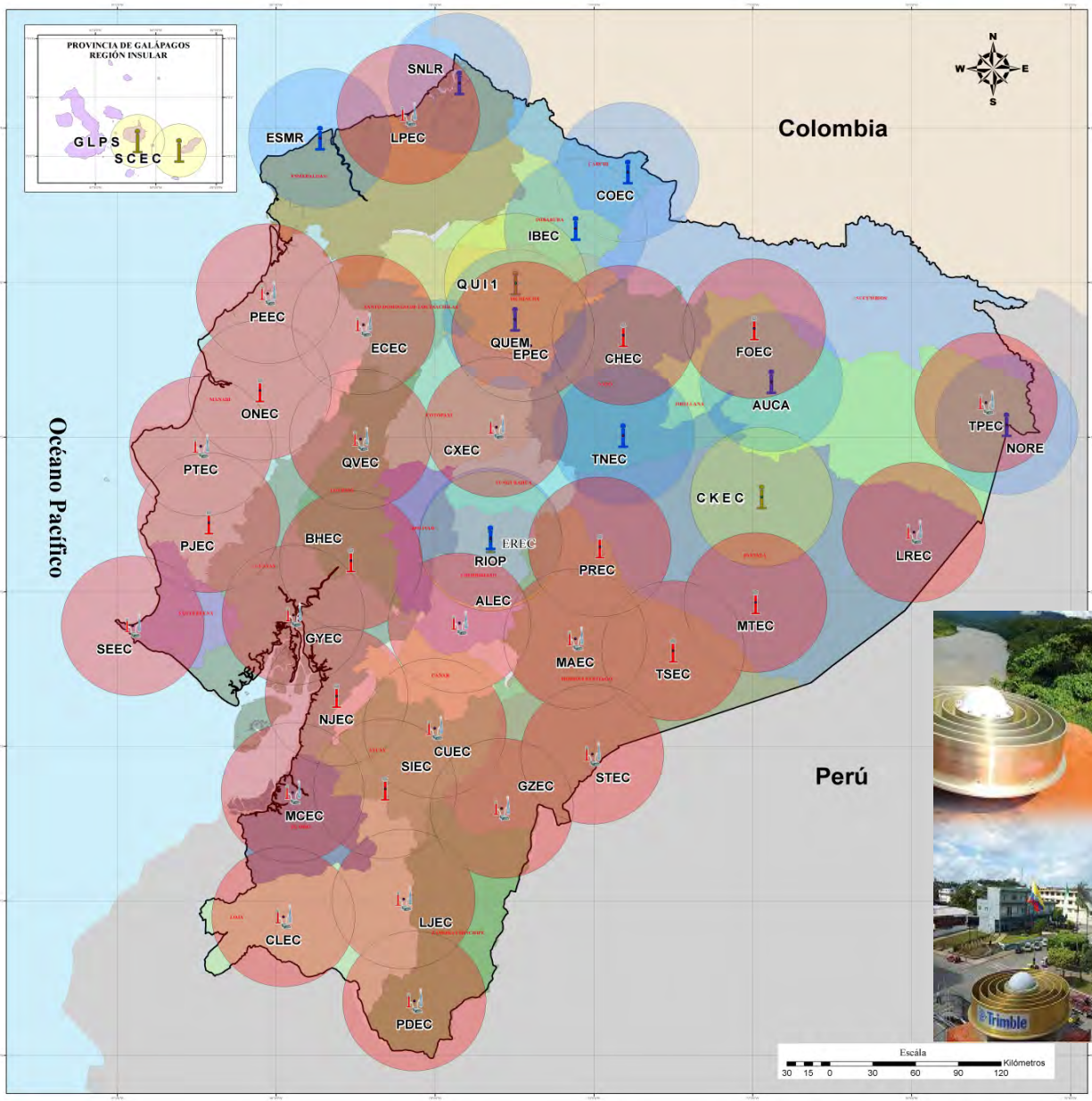


05 10 2014



MANTENIMIENTO RENAGE: 2013 - 2014  
 TOTAL MOJONES SITES: 144  
 RECUPERADOS 2014: 83 MOJONES  
 DENSIFICACIÓN GPS: 2014 – 2015  
 AJUSTE : ITRF VIGENTE  
 EPOCH: 2015.0

# RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR - REGME



REGME FECHA DE CORTE:  
NOVIEMBRE 2014  
EMC: 45 ESTACIONES  
(10 EMC NUEVAS 2014)

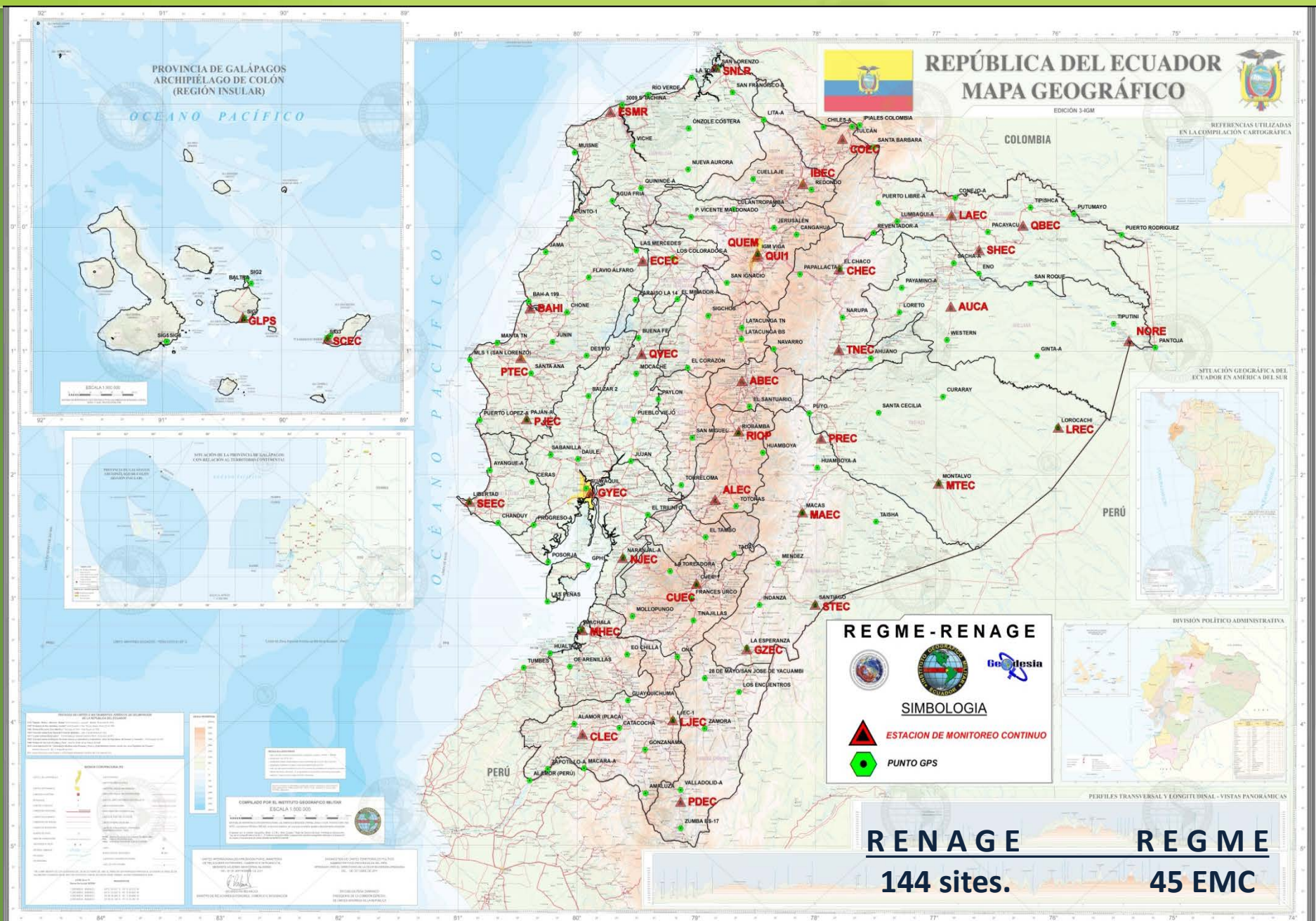


REGMET FECHA DE CORTE:  
NOVIEMBRE 2014  
MET4A: 22 SENSORES

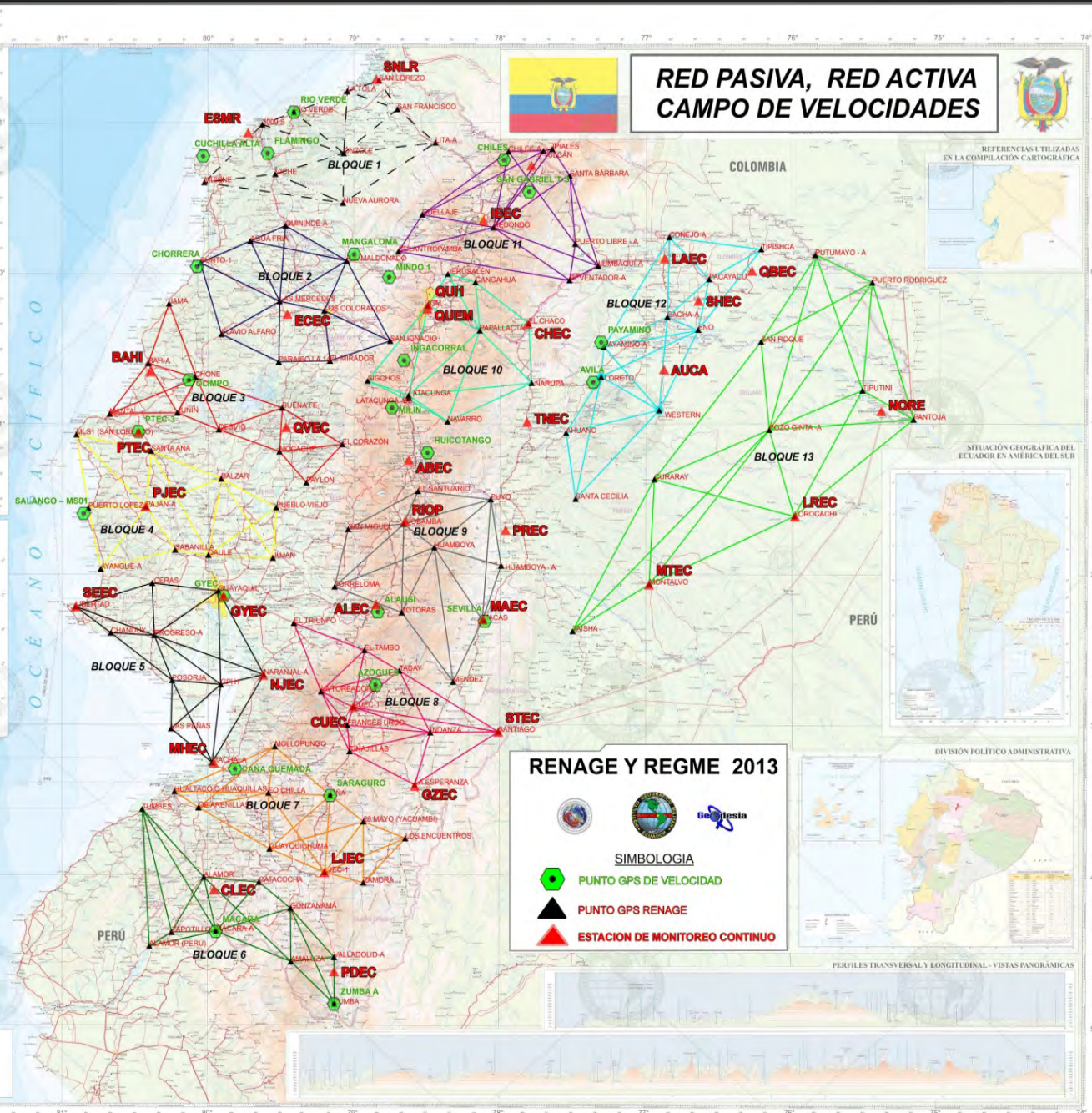
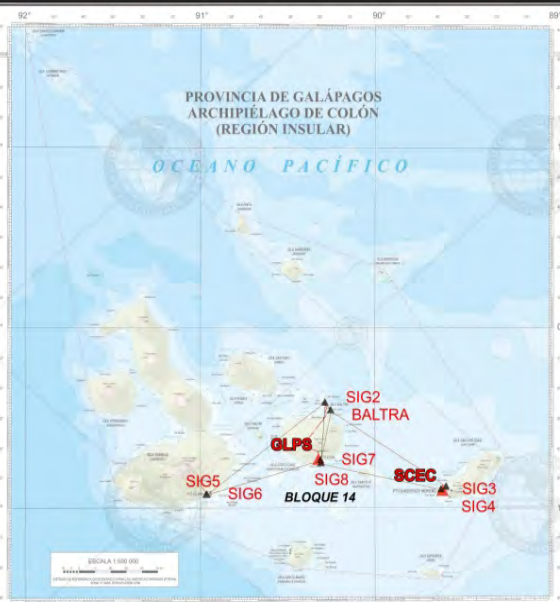


# DISEÑO DE LA NUEVA RED GEODÉSICA SIRGAS – ECUADOR

## RENAGE + REGME



# ESTRATEGIA ADOPTADA PARA LA CAMPAÑA GPS



**RENAGE** 144 sites.  
**REGME** 45 EMC

**14 BLOQUES GPS (10 / 1)**  
**2 VERTICES GPS PERU (ALAMOR – TUMBES)**  
**1 VERTICE GPS COLOMBIA (IPIALES AEROP)**

**RENAGE Y REGME 2013**

**SIMBOLOGIA**

- PUNTO GPS DE VELOCIDAD
- PUNTO GPS RENAGE
- ESTACION DE MONITOREO CONTINUO



I N S T I T U T O

*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



## ESTRATEGIA ADOPTADA PARA LA CAMPAÑA GPS

### TÉCNICA ADQUISICIÓN DATOS

**Método Survey:** Estático Diferencial

**Intervalo de Grabación:** 30 sec.

**Orientación de la Antena:** Norte Verdadero

**Ángulo de Corte:** 0° Grados

**Constelación:** GPS + GLONASS

### REGISTRO INFORMACIÓN IN SITU

**Formulario Físico Registro de Campo:**

Fecha obs, tiempo, equipos, altura, obstrucciones, lluvias, vientos, temperatura.

**Formulario digital registro de campo**

**Fotografías:** placa, mojón, equipos, panorámica  
Monografía ubicación del vértice GPS.

### PERIODO ADQUISICIÓN DATOS

**Cada Site RF:** 48 hrs continuas

**Cada EMC:** 48 hrs continuas

**Cada Site VEC:** 24 hrs continuas

**Formato hora:** UTC

Inicio y fin del día GPS/juliano

**Altura de Antena:** 2 medidas inicio – final

**Ranuras:** 3 medidas diferentes ranuras

**Inclinada:** Plano Inferior Antena (bottom)

**Vertical:** ARP antena

**Magnitud:** metros - pulgadas

### MEDIDAS DE CONTINGENCIA

-**Garantizar fluido eléctrico:** paneles solares, baterías, inversores, etc.

-**Si la antena se mueve/derriba:** off rx, volver a instalar y continuar con el rastreo, registrar fecha y hora evento.

-**Sincronización relojes operadores**

-**Tomar las medidas de altura** de la antena en horas de luz solar jamás en la noche.

- **Encender equipos** 10 min antes y apagar 10 minutos después.





I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



## ESTRATEGIA ADOPTADA PARA LA CAMPAÑA GPS

### EQUIPOS GEODÉSICOS - RECEPTORES

TRIMBLE NET RS: 2

TRIMBLE R5: 4

TRIMBLE 5700: 2

TRIMBLE NET R5: 3

TRIMBLE 4700: 2 Backup

### ACESORIOS

TARJETAS DE MEMORIA 2GB

VARAS MÉTRICAS TRIMBLE

PANELES SOLARES

BATERÍAS LIBRE MANTENIMIENTO

PLOMADAS ÓPTICAS

TRIBRACH /BASE NIVELANTE TRIMBLE

CABLES, INVERSORES SUPRESORES ENERGÍA

TRÍPODES, BRÚJULAS

EQUIPO DE CAMPING (CARPAS, SLEEPING BAG)

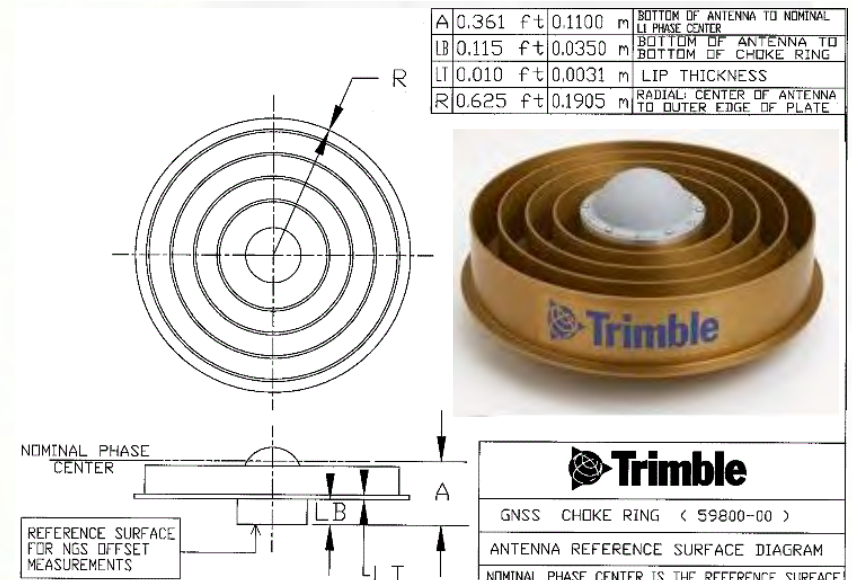
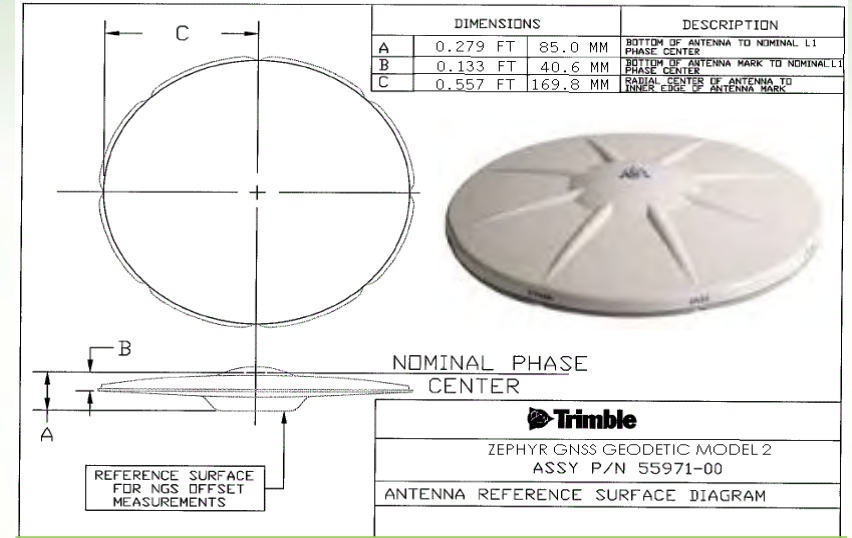
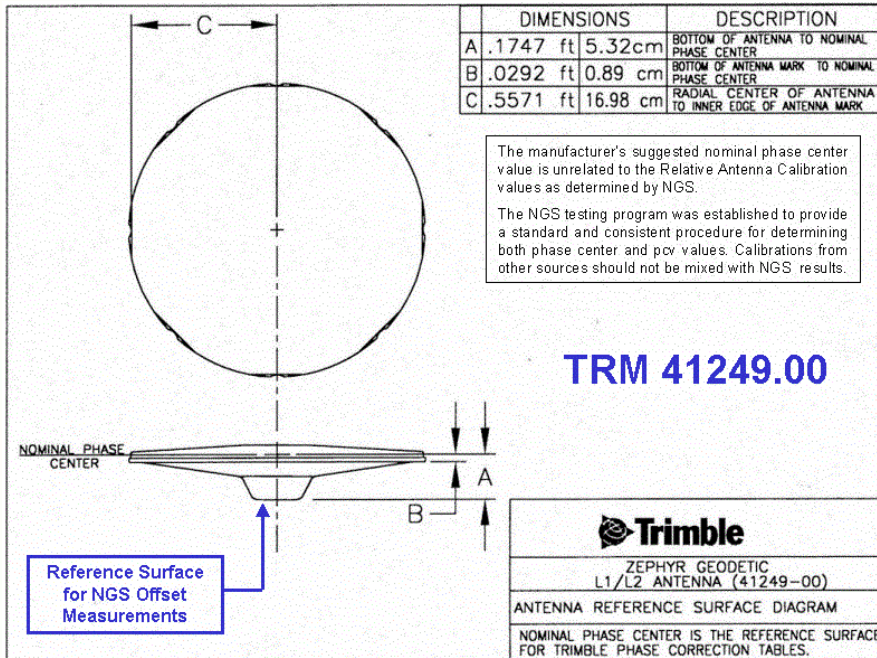




# ESTRATEGIA ADOPTADA PARA LA CAMPAÑA GPS

## EQUIPOS GEODÉSICOS ANTENAS

- TRM41249.00 ZEPHYR GEODETIC 1: 2
- TRM57971.00 ZEPHYR GEODETIC 2: 8
- TRM59800.00 CHOKE RING: 1
- BACKUP : 2 TRM41249.00





I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



## CAMPAÑAS GPS EJECUTADAS AÑO 2014

### I CAMPAÑA GPS

SEPT – OCT 2014

BLOQUES: 1-2-3-4-5-6-7

TOTAL SITES RENAGE: 70

TOTAL EMC REGME: 18

### II CAMPAÑA GPS

OCT 2014

BLOQUES: 8 – 9 - 12

TOTAL SITES RENAGE: 32

TOTAL EMC REGME: 13

### III CAMPAÑA GPS

NOVIEMBRE 2014

BLOQUES: 10 - 11

TOTAL SITES RENAGE: 22

TOTAL EMC REGME: 6



### IV CAMPAÑA GPS

AÑO 2015

BLOQUES: 13

### V CAMPAÑA GPS

AÑO 2015

BLOQUES: 14 GLPS



# TEQC - The Toolkit for GPS/GLONASS/Galileo/SBAS/Beidou/QZSS Data



**OTROS ...**

Formato original (formatos nativos binarios) GPS/GNSS



**TEQC**  
**RINEX**



Formato Universal RINEX xxxx.xxO xxxx.xxN

Control de Calidad

Compresión Hatanaka



# TEQC - The Toolkit for GPS/GLONASS/Data

## CRITERIOS ANÁLISIS QC

### teqc -O.sum . Inputfile – Summary OBS

\*\*\*\*\*

QC of RINEX file(s) : MUISNE.14O

input RnxNAV file(s) : MUISNE.14N

\*\*\*\*\*

4-character ID : MUIS

Receiver type : NetR5 (# = 4844K59179) (fw = 4.61)

Antenna type : TRM57971.00 (# = 00110371)

### teqc +meta inputfile - METADATOS RINEX

filename: MUISNE.14O

file format: RINEX

file size (bytes): 10427707

start date & time: 2014-09-28 00:00:00.000

final date & time: 2014-09-29 23:59:30.000

sample interval: 30.0000

possible missing epochs: 1

4-char station code: MUIS

station name: MUIS

station ID number: MUIS

antenna ID number: 00110371

antenna type: TRM57971.00

antenna latitude (deg): 0.604501

antenna longitude (deg): -80.023768

antenna elevation (m): 16.342

antenna height (m): 0.0000

receiver ID number: 4844K59179

receiver type: NetR5

receiver firmware: 4.61

RINEX version: 2.11

RINEX translator: teqc 2013Mar15

trans date & time: 2014-09-30 22:51:52.000



	C1	C2	L1	L2	P1	P2
	----	----	----	----	----	----
G02	2503	0	2494	2447	0	2447
G05	2011	1952	1977	1955	0	1889
G12	2530	2494	2515	2502	0	2414
G14	2503	0	2495	2420	0	2420
G15	1667	1645	1658	1646	0	1600
G18	2488	0	2480	2444	0	2444
G21	1716	0	1706	1653	0	1653
G24	2341	2326	2330	2326	0	2289
G25	2530	2525	2525	2525	0	2502
G26	2261	0	2251	2165	0	2165
G29	2428	2420	2423	2421	0	2376
G22	1852	0	1837	1768	0	1768
G31	2378	2368	2371	2368	0	2359
G27	2167	2130	2136	2130	0	2076
G16	1702	0	1692	1616	0	1616
G32	2307	0	2302	2275	0	2275
G11	2196	0	2182	2061	0	2061
G01	2307	2290	2303	2290	0	2230
G19	1634	0	1624	1553	0	1553
G08	2157	0	2137	1994	0	1994
G20	2511	0	2506	2440	0	2440
G04	2033	0	2017	1800	0	1800
G23	1714	0	1711	1662	0	1662
G09	2474	2467	2467	2467	0	2440
G13	2454	0	2449	2412	0	2412
G28	2414	0	2399	2263	0	2263
G07	1669	1665	1665	1665	0	1645
G17	2501	2496	2496	2496	0	2454
G30	1713	1711	1712	1711	0	1693
G06	2344	2340	2340	2340	0	2314
G10	1692	0	1682	1574	0	1574
R04	1997	1992	1997	1990	1997	0
R05	2699	2693	2697	2692	2697	0
R13	1369	1368	1369	1368	1369	0
R14	1985	1976	1983	1975	1983	0
R15	2668	2621	2665	2606	2664	0
R17	2399	2396	2399	2396	2399	0
R18	2190	2182	2189	2182	2188	0
R19	2245	2241	2245	2240	2245	0



## CRITERIOS ANÁLISIS **QC**

### teqc -O.sum . Inputfile – Summary OBS

\*\*\*\*\*

QC of RINEX file(s) : SCEC272.140

input RnxNAV file(s) : SCEC272.14N

\*\*\*\*\*

4-character ID : SCEC

Receiver type : NetR9 (# = 5213K83749) (fw = 4.82)

Antenna type : TRM59800.00 SCIS

### RINEX OBS FILE

2.11 OBSERVATION DATA Mixed(MIXED) RINEX VERSION / TYPE  
 cnvtToRINEX 2.17.0 DaVid Cisneros 01-Oct-14 01:46 UTC PGM / RUN BY / DATE

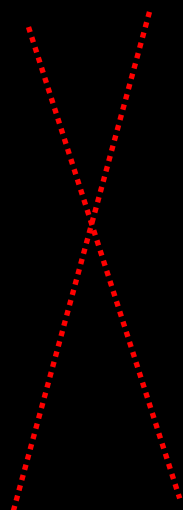
----- COMMENT  
 SCEC MARKER NAME  
 SCEC MARKER NUMBER  
 REGME/CEPGE CEPGE/IGM OBSERVER / AGENCY  
 5213K83749 NetR9 4.82 REC # / TYPE / VERS  
 TRM59800.00 SCIS ANT # / TYPE  
 42855.4824 -6377212.1656 -99812.3381 APPROX POSITION XYZ  
 0.0000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N

**3 C1 L1 P1 # / TYPES OF OBSERV**

2014 9 29 0 0 0.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS  
 2014 9 29 23 59 59.0000000 GPS TIME OF LAST OBS  
 G01 36995 36851 0 PRN / # OF OBS  
 G02 37825 37802 0 PRN / # OF OBS  
**G03 28 28 0 PRN / # OF OBS**  
 G04 36709 36635 0 PRN / # OF OBS  
 G05 26024 25895 0 PRN / # OF OBS  
 G06 28951 28684 0 PRN / # OF OBS



	C1	L1	P1	L2	C2	P2
	----	----	----	----	----	----
G02	37825	37802	0			
G12	36547	36308	0	----	----	----
G14	37958	37882	0			
G15	27211	27166	0	----	----	----
G18	38306	38206	0			
G21	27063	26698	0	----	----	----
G22	36642	36589	0			
G24	37872	37771	0	----	----	----
G25	38107	37963	0			
G19	34831	34252	0	----	----	----
G16	24896	24797	0			
G11	36853	36680	0			
G32	28032	27889	0			
G01	36995	36851	0			
G08	37663	37427	0			
G04	36709	36635	0			
G20	37465	37333	0			
G23	25741	25708	0			
G07	32947	32327	0			
G09	31190	31060	0			
G13	29133	28929	0			
G28	37976	37808	0			
G10	35379	34986	0			
G17	37838	37829	0			
G30	25958	25694	0			
G06	28951	28684	0			
G26	36916	36817	0			
G05	26024	25895	0			
R06	42207	42207	42202			
R07	42074	42070	42069			
R09	41384	41369	41364			
R15	28077	28071	28068			
R16	42093	42091	42090	----	----	----
R18	38315	38314	38313			
R19	39991	39979	39975	----	----	----
R20	27587	27565	27563			
R21	40675	40672	40668			
R10	22141	22136	22134	----	----	----
R22	35127	35123	35120			





# PROCESAMIENTO GPS MEDIANTE EL SOFTWARE CIENTÍFICO BERNESE V 5.2

Bernese GNSS Software Version 5.2

Configure Campaign RINEX Orbits/EOP Processing Service Conversion BPE User Help

**START BPE PROCESSING - RUNBPE 1: Client Environment/Session Selection**

CLIENT FILES/ENVIRONMENT

Client script	<input type="text" value="{BPE}/RUNBPE.pm"/>		
Client's environment file	<input type="text" value=""/>		

MENU SETTINGS

Campaign	{P}/ECU1816		
Session table	{P}/ECU1816\STA\SESSIONS.SES		

SESSION PROCESSING OPTIONS

Start processing	Year	<input type="text" value="2014"/>	Session	<input type="text" value="3030"/>
Number of sessions to be processed		<input type="text" value="1"/>	Modulo	<input type="text" value="1"/>
Cont. with next sess. if not more errors than		<input type="text" value="6"/>		
Run sessions in parallel		<input type="checkbox"/>		
Stop BPE with an error after		<input type="text" value=""/>	seconds	
			(blank = unlimited)	

< ^Top | ^Prev | ^Next | Cance^l | Save^As | ^Save | ^Run | ^Output | Rer^un | ^+Day ^-Day

> User: Campaign: {P}/ECU1816 \$Y+0=2014 \$S+0=3030 File: c:\GPSUSER52\PAN\RUNBPE.INP

# PROCESAMIENTO GPS MEDIANTE EL SOFTWARE CIENTÍFICO GAMIT / GLOBK



La plataforma de procesamiento científico usado en el proyecto es el software GAMIT/GLOBK versión 10.4 desarrollado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (King & Bock, 2010) y el sistema operativo LINUX (distribución Ubuntu 10.10). Tanto el sistema operativo como el software de procesamiento científico son herramientas informáticas catalogadas como Open Source.

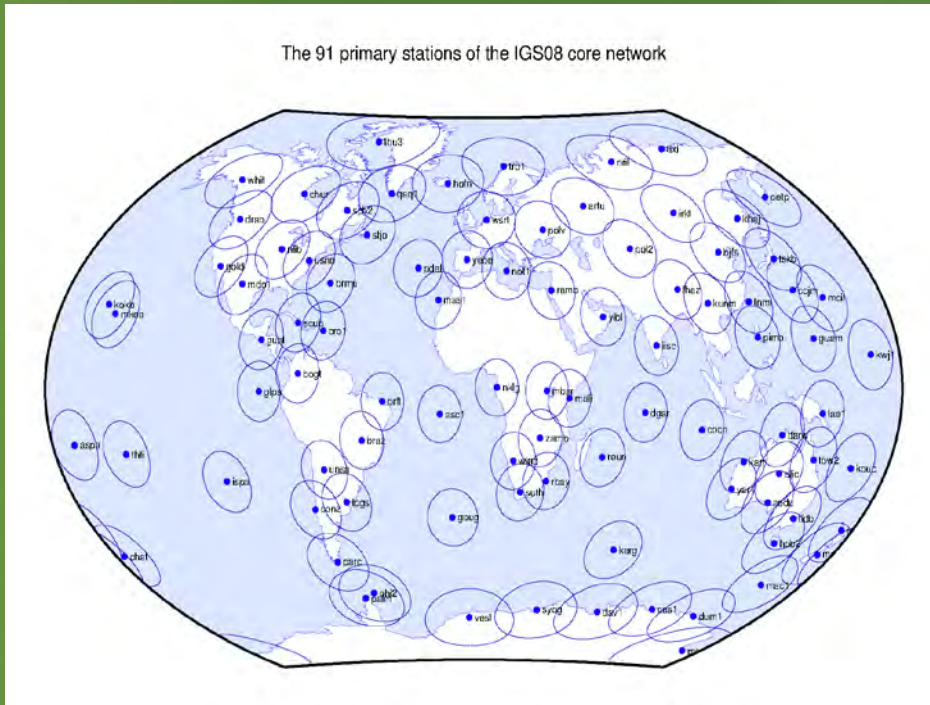
<http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/>



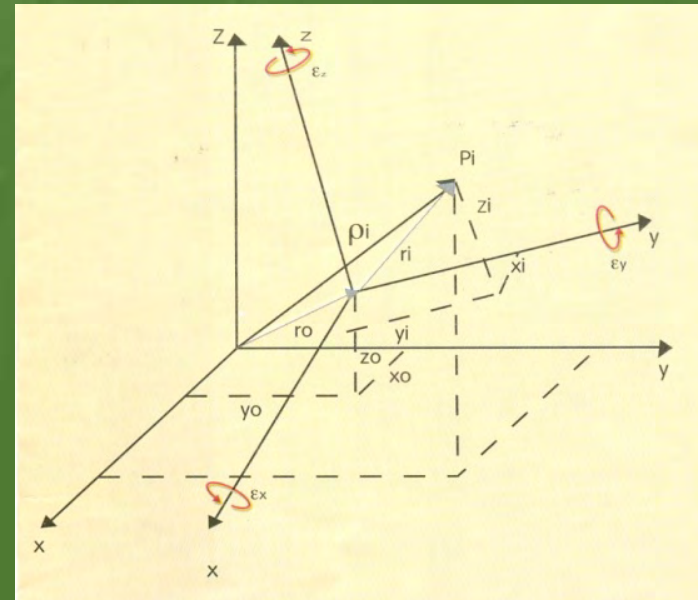
# Estabilizar la Solución Final

En GEODESIA **PROCEDIMIENTO** ESTABILIZACIÓN = MARCO DE REFERENCIA

14 parámetros son usados para estabilizar la solución dentro de un Marco de Referencia Global (por ejemplo ITRF94, ITRF2000, 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, por lo que podemos utilizarla para evaluar y obtener con precisión las posiciones y velocidades de los sitios pasivos/activos.



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





I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*

# ACTUALIZACIÓN CAMPO DE VELOCIDAD ECUADOR

**I VERSION VEC\_EC 2011.0**

102 SITES RENAGE

30 EMC REGME

**ACTUALIZACIÓN VEC\_EC**

CAMPAÑA GPS 2014 – 2015

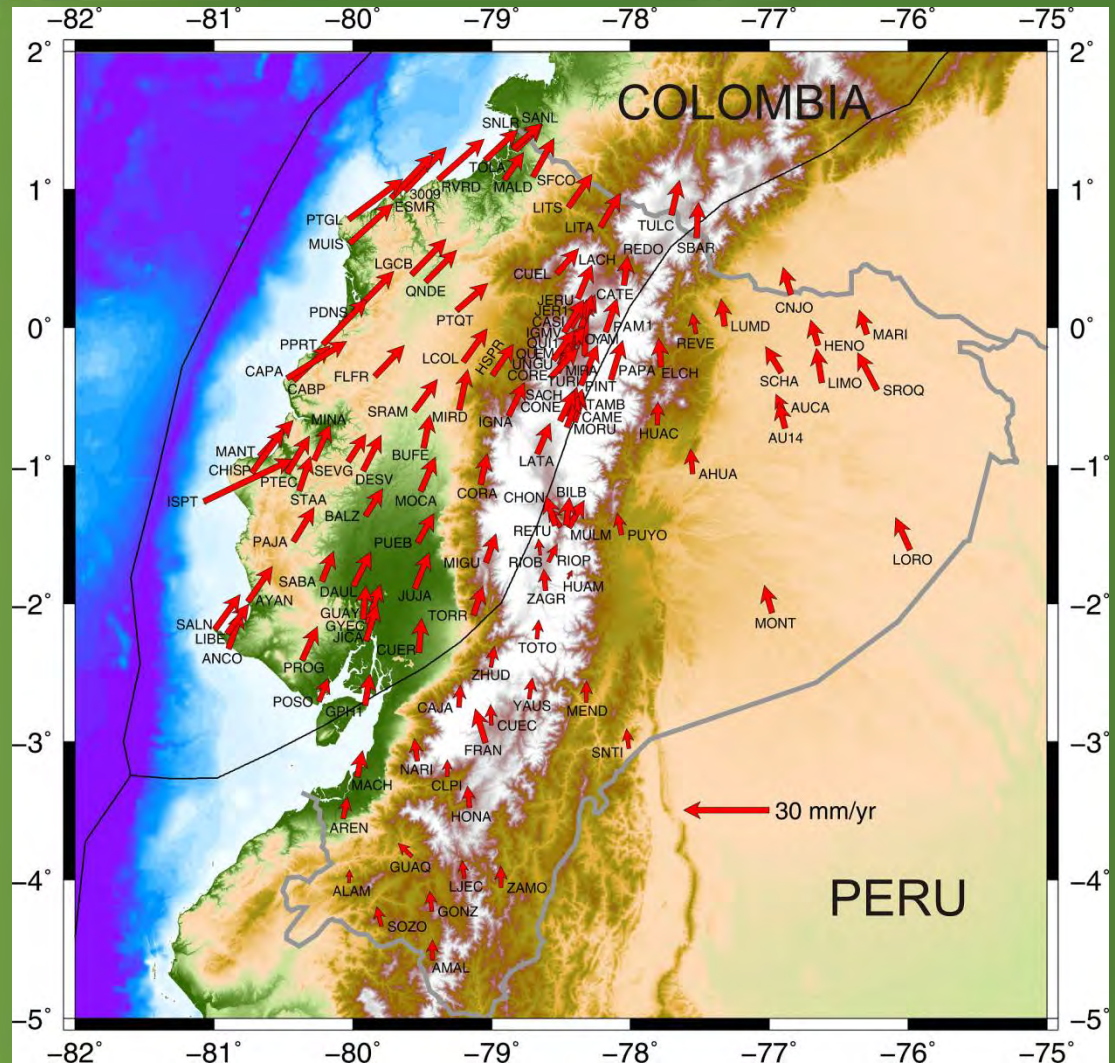
20 NUEVOS SITES RENAGE

20 REGME

**VEC\_EC 2015.0**

122 SITES RENAGE

50 EMC REGME





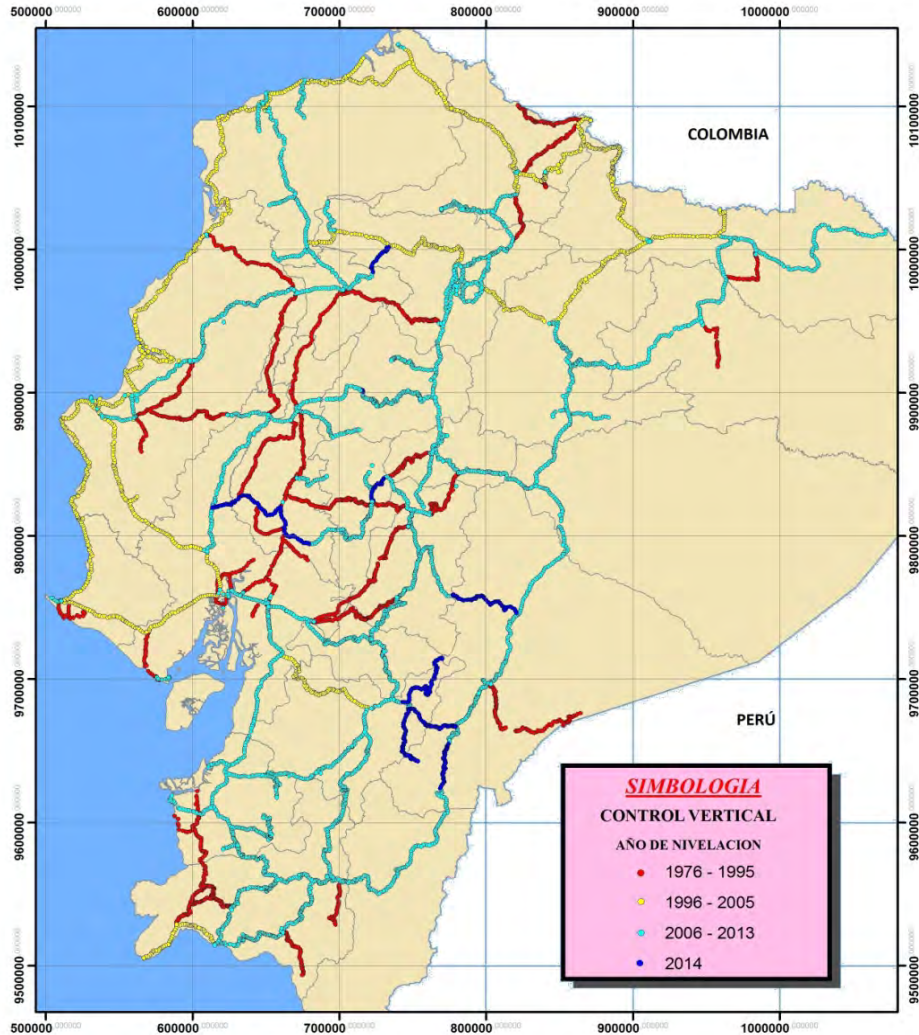
INSTITUTO  
*Geográfico Militar*



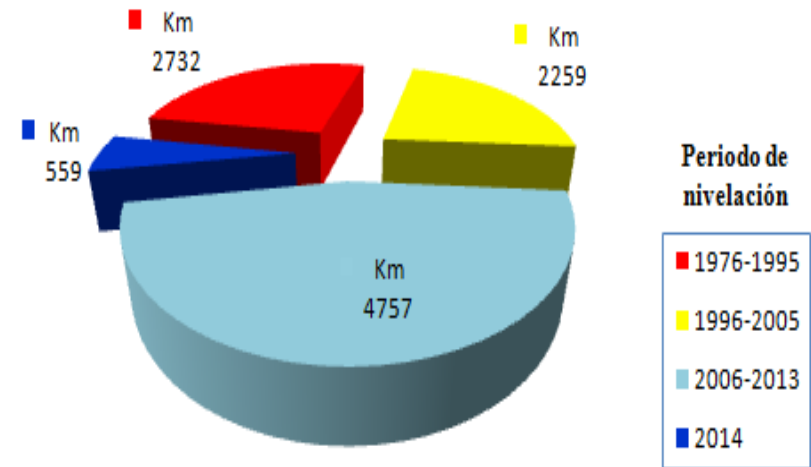
Ministerio  
de Defensa  
Nacional



# COMPONENTE VERTICAL 2014

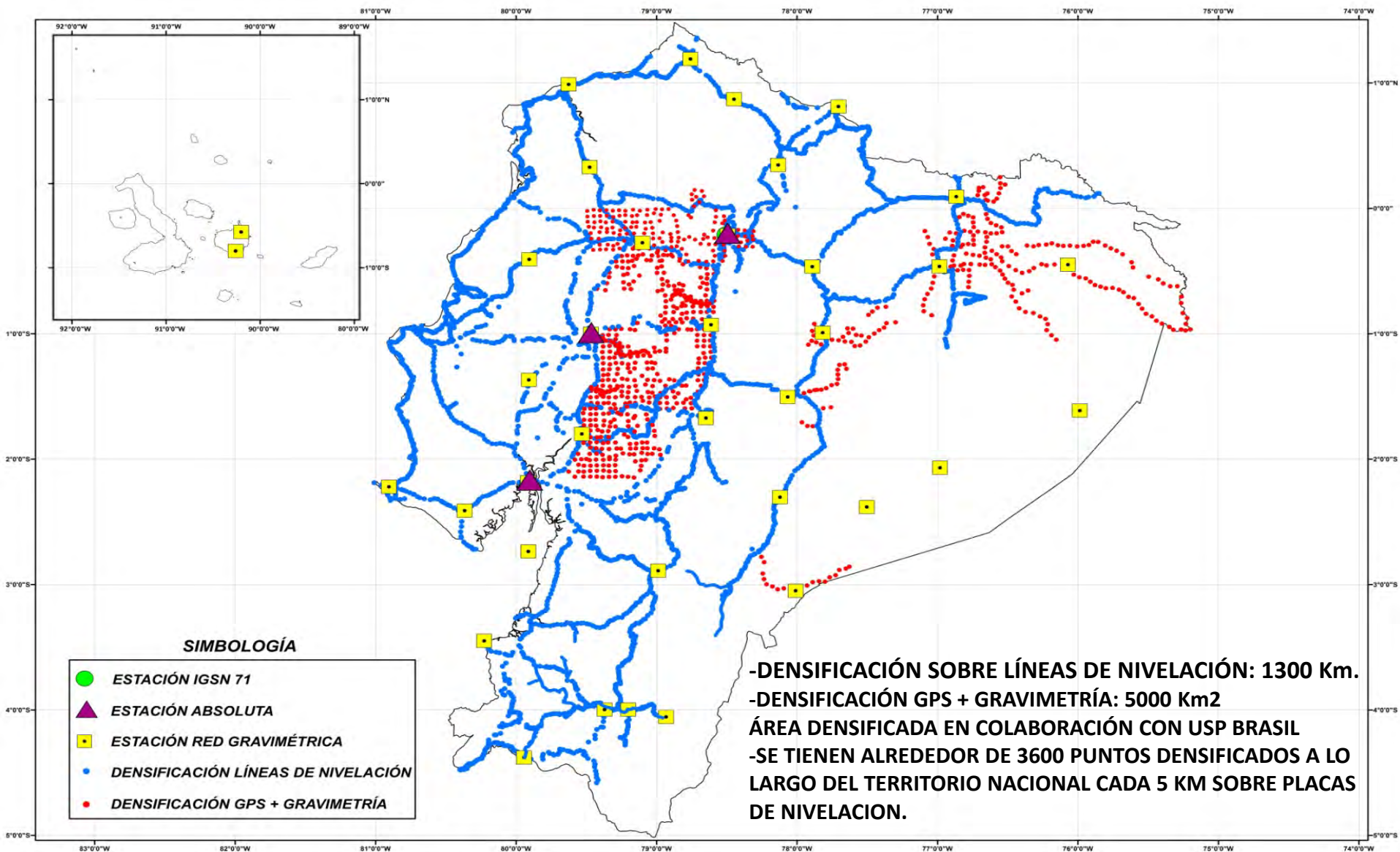


## RED DE CONTROL VERTICAL (10307 Km)



# COMPONENTE GRAVIMÉTRICA 2014

## DENSIFICACIÓN GRAVIMÉTRICA ECUADOR





I N S T I T U T O

*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



## PRODUCTOS ENTREGABLES MARCO REFERENCIA SIRGAS - ECUADOR

### - COMPONENTE HORIZONTAL

- AJUSTE DE LA RED - ELENCO DE COORDENADAS CARTESIANAS  
RED ACTIVA RENAGE Y PASIVA REGME 200 SITES
- CAMPO DE VELOCIDAD 172 VERTICES GPS (122 SITES RENAGE + 50 EMC REGME)
- MODELO DE INTERPOLACIÓN
- PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ITRF

### - COMPONENTE VERTICAL

- AJUSTE DE LA RED - ELENCO DE COTAS DE PRIMER ORDEN
- AJUSTE DE LA RED GRAVIMÉTRICA
- MODELO GEOIDAL DEL ECUADOR

### - HERRAMIENTAS

- SOFTWARE, APLICACIONES GEODESICAS
- DOCUMENTACION TECNICA DE RESPALDO, PAPERS, POSTERS
- CAMPAÑA DE SOCIALIZACION
- SOBRE TODO LA GARANTIA DE EVITAR AL MAXIMO EL IMPACTO TECNICO / PSICOLOGICO



I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



ecuador  
ama la vida

# Gracias por su gentil atención.

ING. DAVID A. CISNEROS R.  
[david.cisneros@mail.igm.gob.ec](mailto:david.cisneros@mail.igm.gob.ec)

EQUIPO TÉCNICO PROCESO DE GEODESIA  
REGME - CEPGE  
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

SIMPOSIO SIRGAS, BOLIVIA 2014  
[www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec)  
[www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec)