

Red Geodésica Nacional Activa en México 1993-2018



**INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Objetivo

Presentar una reseña histórica de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), explicando su origen, eventos significativos, fortalecimiento, aportes, usos y retos actuales, en su papel de marco de referencia geodésico horizontal fundamental en México.



Antecedentes

Durante la segunda mitad del siglo pasado, México desarrolló sus actividades geodésicas y cartográficas en el Datum Norteamericano de 1927 (NAD27), y densificó la Red Geodésica Nacional con métodos tradicionales.

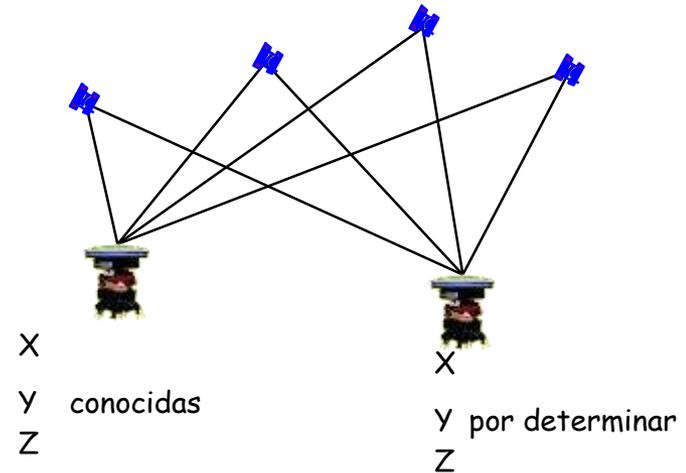


En ese datum se elaboró cartografía topográfica básica del país, y desde 1968, también de recursos naturales a diferentes escalas.



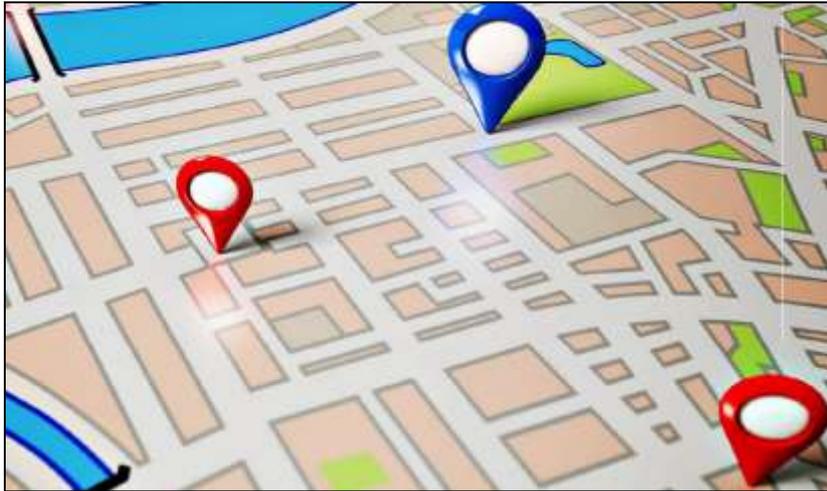
Antecedentes

En particular desde 1990, levantamientos geodésicos con el GPS, de alta precisión, tiempos cortos y relativo bajo costo, propició la decadencia de los métodos clásicos: posicionamiento astronómico, triangulación, poligonación geodésica, etc.

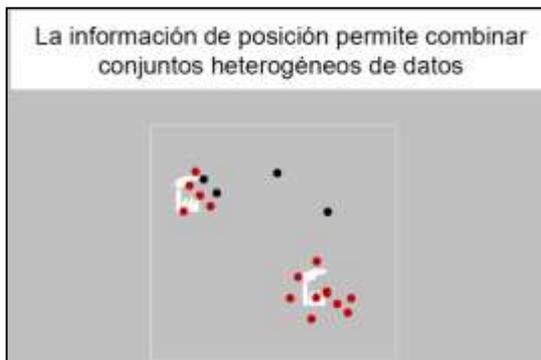


Antecedentes

Por otra parte, en la última década del siglo pasado se produce en México una fuerte demanda de aplicaciones dependientes de una ubicación espacial precisa.

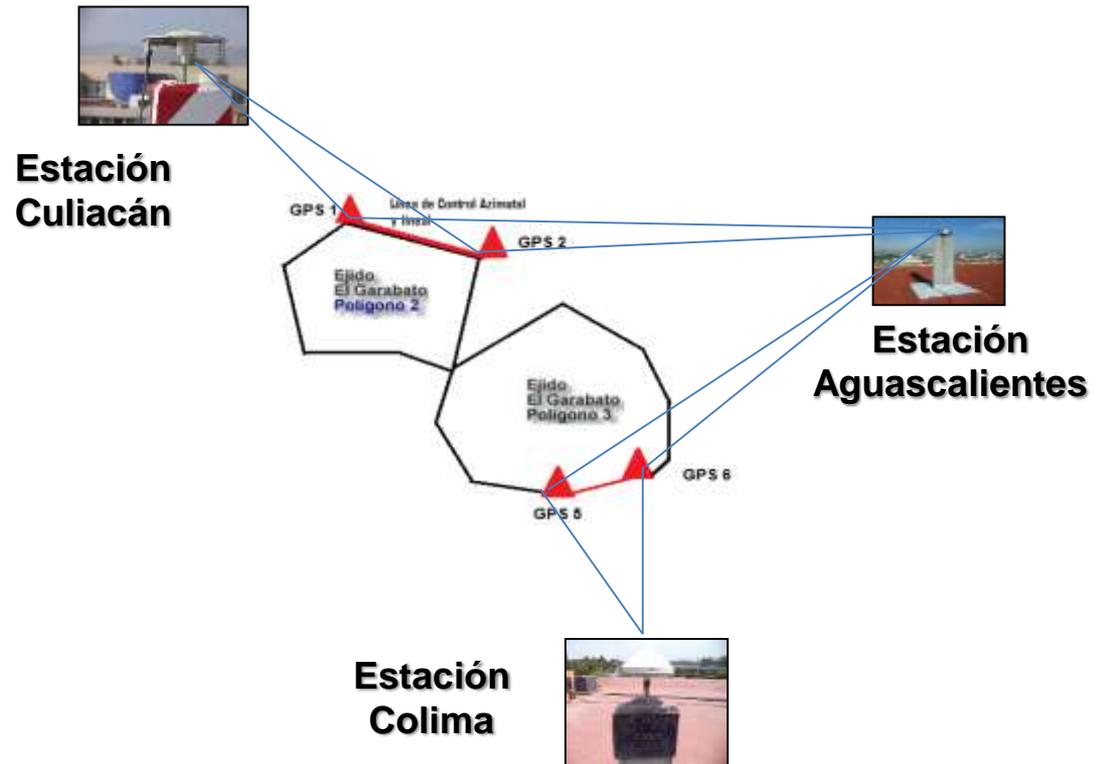


- Cartografía asistida por computadora
- Percepción remota
- Sistemas de Información geográfica



Antecedentes

De particular relevancia fue la modificación al Art. 27 constitucional en 1992 para regularizar la propiedad social en México: 100 000 000 de hectáreas en los ejidos y comunidades agrarias, mediante el PROCEDE (Programa de Certificación de Derechos Ejidales).



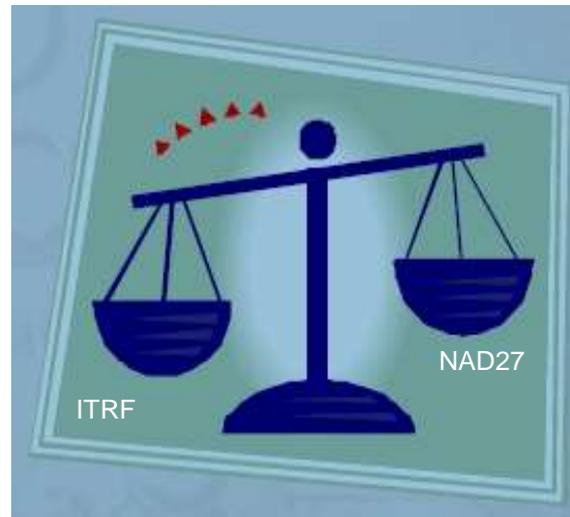
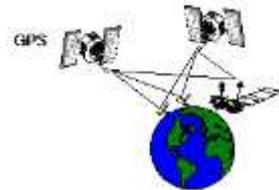
En cada polígono ejidal se requería establecer control geodésico desde la Red Geodésica Nacional.

Aproximadamente 60000 estaciones geodésicas en 27000 núcleos agrarios por ubicar, medir y cartografiar.



Antecedentes

El NAD27 y la Red Geodésica Nacional desarrollada en ese Datum, ya no fueron compatibles en precisión con la moderna tecnología de posicionamiento, con las nuevas necesidades de ubicación, ni con una renovada concepción, dinámica y global, de la ciencia geodésica.



La conveniencia del uso del GPS apuntaron a la adopción de un nuevo sistema de referencia geodésico tridimensional en el ITRF, considerablemente más exacto y consistente.



Implementación



Para el establecimiento de las estaciones activas, el INEGI aprovechó su estructura material y humana descentralizada en el territorio nacional.



Implementación

En enero de 1993, con apoyo del National Geodetic Survey (NGS), 65 estaciones GPS, incluyendo estaciones de la RGNA y 7 estaciones fiduciales, fueron observadas y procesadas para obtener coordenadas en ITRF92, época 1988.0.

"BEST" GEOCENTRIC COORDINATES OF THE A-ORDER STATIONS AS DERIVED USING GPS BY SPGB
(The values refer to the ITRF92, Epoch 1988.0 and the GRS80 ellipsoid)

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	ELL HT(M)	X(M)	Y(M)	Z(M)
101 212 LAS CRUCES	32 16 54.65262N	106 55 22.27961W	1325.060	-1571431.0725	-5164780.7709	3387603.1091
102 9956 LEESBURG RESET	39 13 58.21857N	74 57 46.30587W	-31.871	1283473.3340	-4777598.8027	4012352.3528
103 9437 LEONARD WGMN 1985	35 54 32.45944N	95 47 42.25318W	226.328	-522231.5084	-5145676.9255	3720152.3911
104 156 LG01	41 0 16.26035N	73 54 32.05737W	88.880	1336028.0622	-4631479.3118	4162860.0691
105 6028 LIME 1959	46 8 .62654N	68 4 55.23393W	191.316	1652792.4703	-4107722.9610	4575681.5431
106 9438 LINCOLN WGMN 1985	40 45 39.21683N	96 42 25.15949W	335.098	-565065.2062	-4805112.5896	4142565.7779
107 9757 LSU 1	30 24 26.72973N	91 10 48.93159W	-6.583	-113402.5899	-5504361.3025	3209404.2091
108 8726 LUBBOCK RRP	33 31 27.68522N	101 48 14.14805W	937.929	-1088963.5081	-5210788.7552	3503104.7430
109 9731 LUBE	33 31 27.74970N	101 48 14.11689W	937.997	-1088962.5078	-5210787.9009	3503106.4368
110 646 M 150	33 19 3.20859N	79 19 27.89156W	-24.354	988332.8710	-5242848.3372	3483429.5046
111 9448 M 318	32 25 45.78339N	88 23 .10946W	41.368	152025.6539	-5386565.2439	3400738.2231
112 35 MANAHAWKIN PRIMARY PAIR 1	39 42 9.32687N	74 16 27.83481W	-19.548	1331804.3817	-4729930.9769	4052621.8875
113 67 MANITOWOC GPS	44 5 55.59613N	87 43 45.80859W	189.367	181772.2718	-4584379.1428	4416111.8553
114 9468 MANTOLOKING	40 2 18.45351N	74 3 11.67205W	-33.312	1343480.5128	-4701758.7148	4081234.4828
115 3043 MC DAVID RM A	30 52 12.62566N	87 20 28.25668W	43.176	254182.2463	-5473528.7581	3253569.5439
116 5009 MD PT OBS 1957 NO 5	38 22 24.22399N	77 13 53.45723W	-26.070	1106560.0353	-4882972.9314	3938005.0165
117 1569 MEDINA	43 12 27.07749N	78 21 28.00701W	159.679	939643.1715	-4560520.7671	4344443.6040
118 103 MERIDA	20 58 48.16303N	89 37 13.13563W	8.036	39480.9600	-5957733.2638	2269335.1769
119 8 MESA JPL	34 12 17.34593N	118 10 23.59617W	423.868	-2493304.0440	-4655215.4658	3565497.2604
120 111 MEXICALI	32 37 58.76261N	115 28 32.51740W	-22.459	-2312590.6411	-4853743.8990	3419740.2871
121 9433 MILES CITY GPS	46 23 47.02294N	105 51 38.96573W	703.894	-1204441.2953	-4239223.1178	4596254.9792
122 6034 HILLPORT	45 38 55.94683N	68 41 30.94848W	96.607	1623003.3864	-4161056.6468	4538120.4072
123 540 HISSOULA GPS	46 55 27.89276N	114 5 24.68376W	959.429	-1781469.8483	-3984355.8082	4636730.8383
124 9722 MOJAVE	35 19 53.43704N	116 53 17.34261W	904.353	-2356215.7779	-4646736.5067	3668456.2568
125 9724 MOJAVE (MOJ1)	35 19 53.59924N	116 53 17.34457W	904.544	-2356214.5850	-4646734.0443	3668460.4455
126 357 MONKEY JOHN	32 10 48.92783N	81 4 43.58908W	-20.056	837943.0962	-5338054.3312	3377355.2624
127 110 MONTERREY	25 40 38.81116N	100 17 7.82941W	497.670	-1027100.5645	-5655906.5007	2747116.0290
128 9838 NC 25	38 56 48.08781N	77 22 9.84254W	90.047	1084132.2624	-4846015.0150	3687772.4718

NGS INFO CENTER



Implementación

La precisión relativa obtenida según el estandar de aquel tiempo fue de una parte en 10 millones, clasificada como de orden "A", para estaciones RGNA.

Estándares de precisión para levantamientos geodésicos con GPS				
Orden	Clase	Exactitud relativa	P.P.M.	Efemérides base del cálculo
AA	Única	1: 100,000,000	0.01	Precisas
A	Única	1: 10,000,000	0.10	Precisas
B	Única	1: 1,000,000	1.00	Transmitidas
C				
1°	Única	1: 100,000	10.00	Transmitidas
2°	I	1: 50,000	20.00	Transmitidas
	II	1: 20,000	50.00	Transmitidas
3°	I	1: 10,000	100.00	Transmitidas
	II	1: 5,000	100.00	Transmitidas

Fuente: Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos publicadas el 27 de Abril de 1998.



Origen

En febrero de 1993 INEGI inició así la operación de una red de 14 estaciones de registro continuo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con cobertura completa en el país, denominada Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).



Con la RGNA, México migró de NAD27 a ITRF en un corto plazo.



Toluca

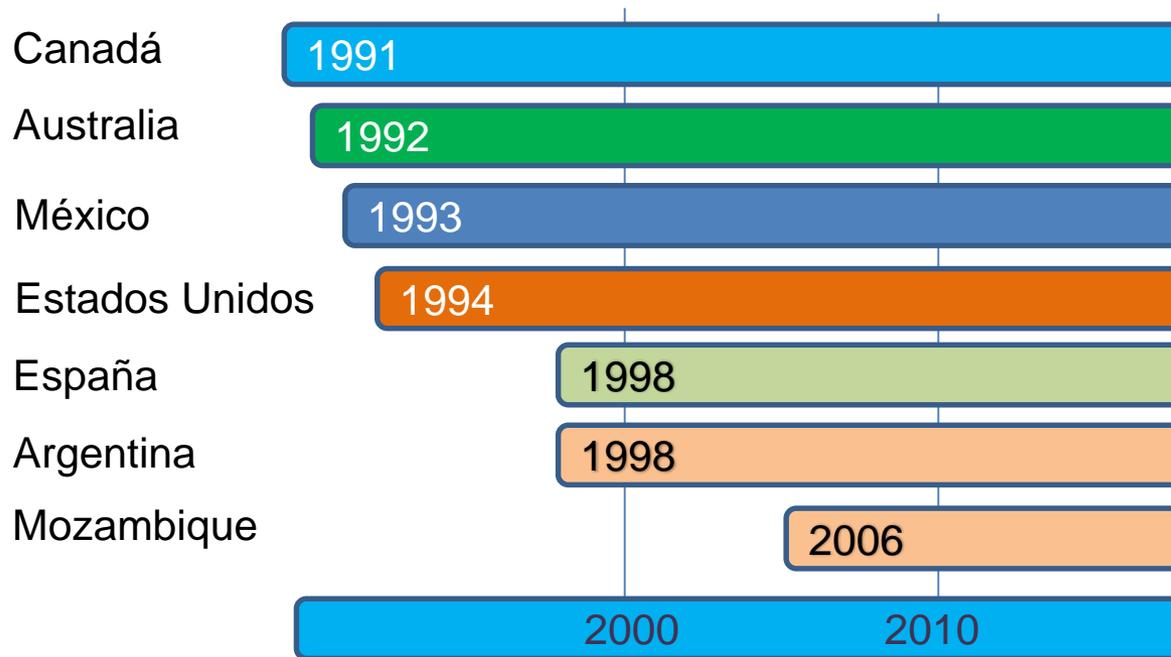


Oaxaca



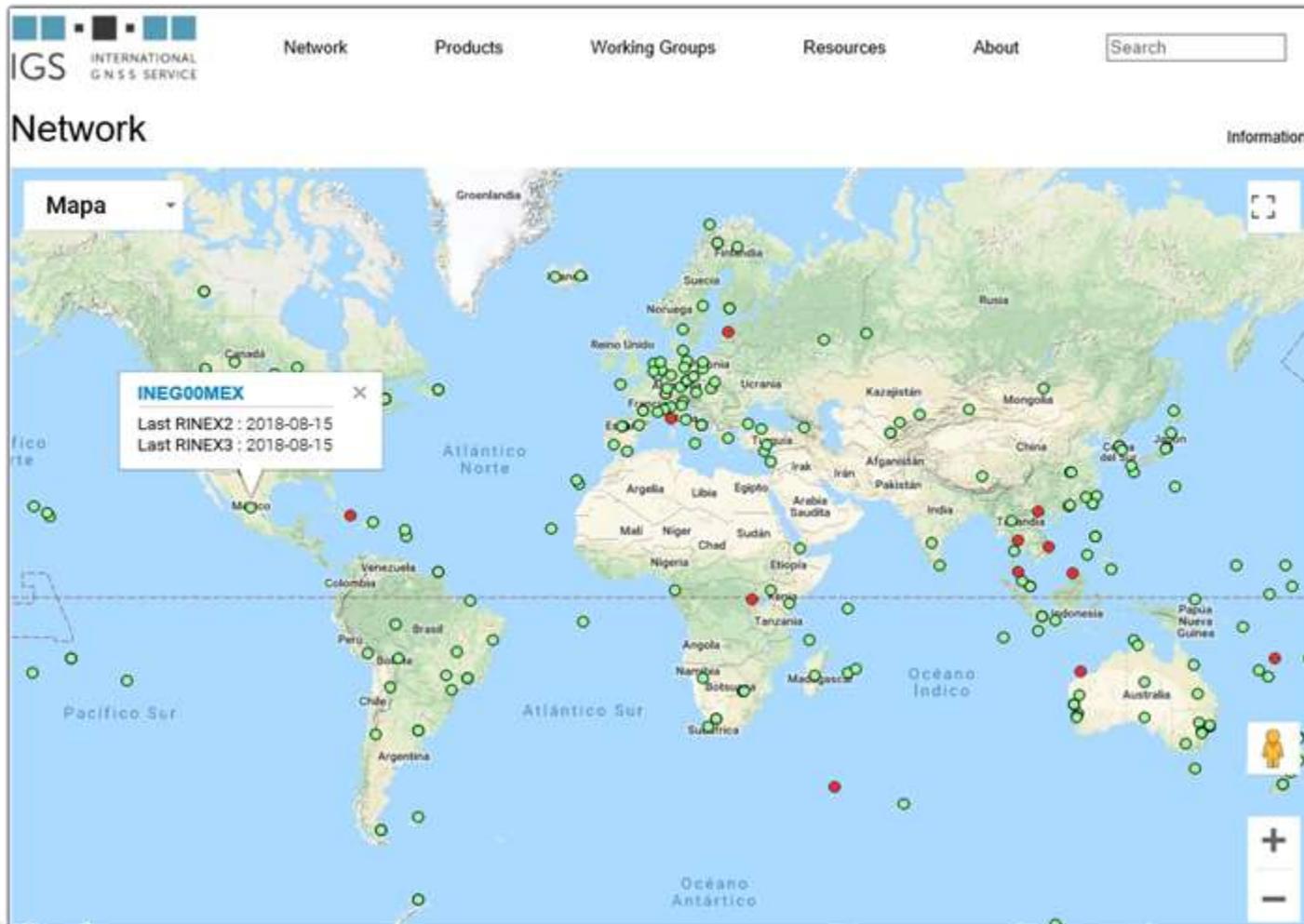
Contexto

México y otros países establecieron estaciones permanentes del Sistema Global de Navegación Satelital por primera vez en el mundo en los años noventa:



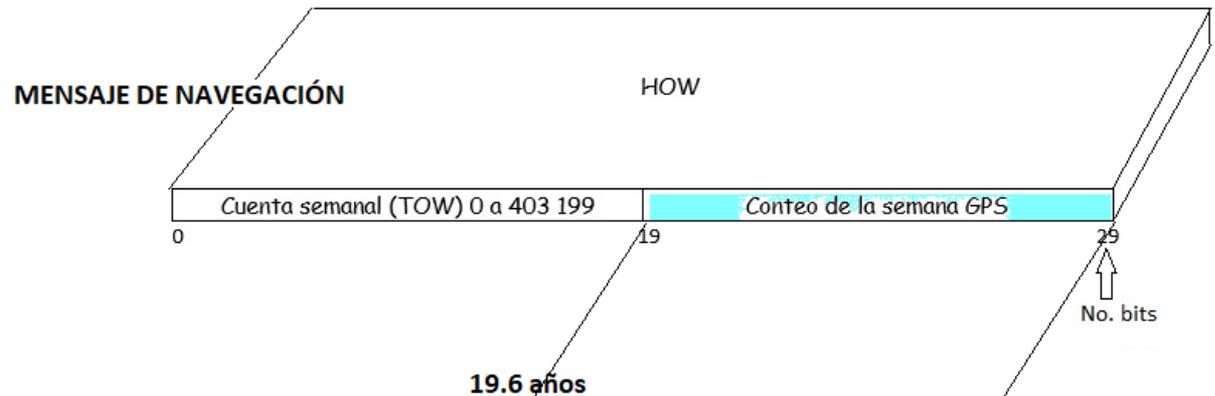
Hitos

- Marzo 1999: Integración de la estación INEG de la RGNA en Aguascalientes, a la red IGS (actualmente Servicio Internacional GNSS).



Hitos

- Agosto 21, 1999: evento End of Week (EOW) Rollover. En los equipos GPS de la RGNA se anticipa un reseteo en el conteo de la semana GPS de 1023 a cero.



SEMANA 1022										SEMANA 1023										SEMANA 0									
10 bits										10 bits										10 bits									
2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Error en los datos GPS: Vuelta a la semana GPS 0000, fecha desactualizada (6-01-1980)

- Solución: Cambio de equipo con un nuevo firmware en las 15 estaciones antes del EOW.



Hitos

- Junio 2004: Datos Rinex de la RGNA, disponibles en línea, gratuitos.

1 Procedimiento de descarga del archivo GPS

2 Medio de almacenamiento

3 Atención a usuarios

4 Entrega de información



5 Respaldo definitivo

1993-1999

Manual

Diario en diskettes de 3.5 pulgadas.

Responsable prepara requerimientos en diskettes de 3.5"

USUARIOS INTERNOS:

- Formato Nativo
- Paquetería
- Teleproceso
- Personalmente

EXTERNOS:

- Formato Rinex
- En Centros de Ventas del INEGI
- Con costo

Mensual en unidades de cinta de 8 mm

2000-2003

Semiatomizada

Servidor ftp

En diskettes de 3.5"; paulatinamente correo electrónico; internos vía ftp

USUARIOS INTERNOS:

- Formato Nativo
- Acceso servidor ftp

EXTERNOS:

- Formato Rinex
- En Centros de Ventas del INEGI
- Con costo

Doble respaldo semestral en CD o DVD

2004-2018

Automatizada

Servidor ftp

Datos Rinex disponibles en línea, gratuitos, vía ftp o sistema de descarga en la WEB institucional

Disponibilidad en el servidor ftp hasta por 90 días naturales.

Datos de periodos previos se solicitan al INEGI, se entregan gratuitamente

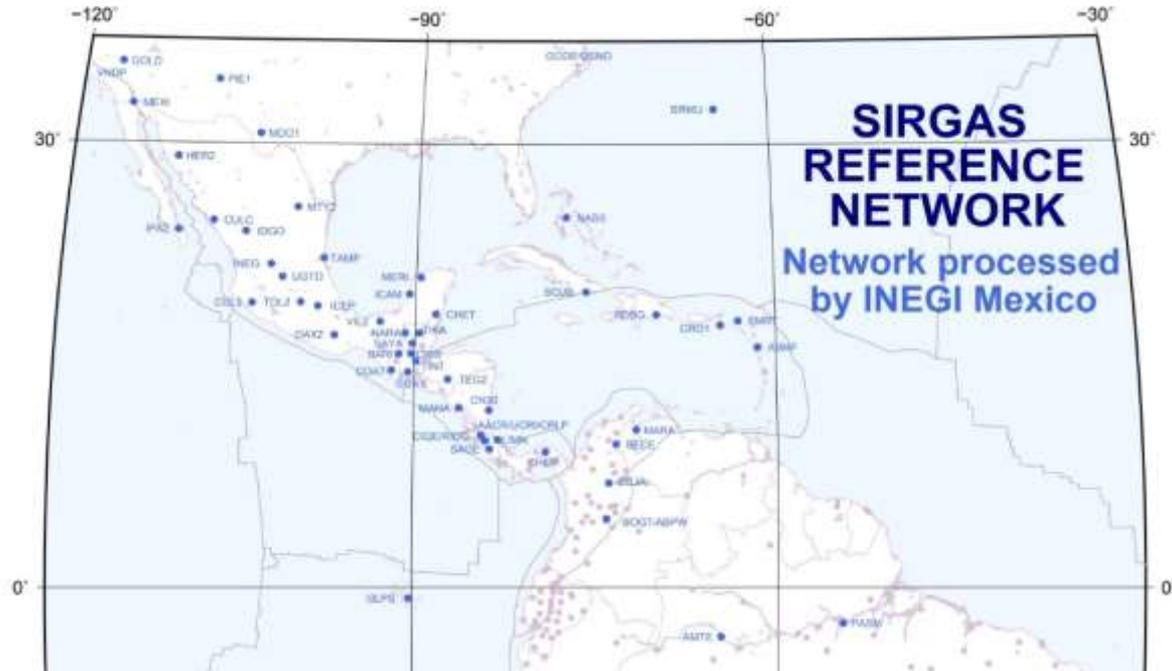
Doble respaldo semestral en CD o DVD
En unidad externa a nivel central



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Hitos

- En ese mismo año 2004 INEGI inicia contribución como Centro de Datos en SIRGAS con los datos de las estaciones de la RGNA.

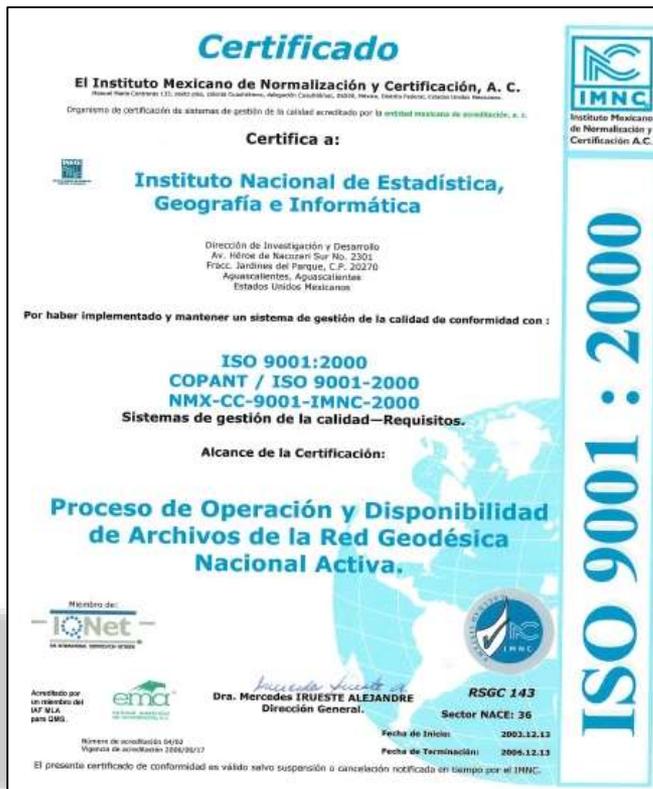


Asimismo, después de una etapa como Centro experimental, en 2011 se oficializa el Centro de Procesamiento INEGI, entregando soluciones SINEX contributivas a los productos SIRGAS.



Hitos

- Diciembre 2003-2007: Certificación ISO al INEGI por implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad para el Proceso de Operación y Disponibilidad de Archivos de la Red Geodésica Nacional Activa.



Beneficios:

- Mantener satisfacción del cliente (calidad y oportunidad en el servicio)
- Documentar procedimientos operativos
- Asegurar insumos y control de proveedores
- Garantizar operación permanente.



Hitos

- Diciembre 2010: Se publican las Normas Técnicas: *Sistema Geodésico Nacional*: México cambia de ITRF92, época 1988.0 a ITRF2008, época 2010.0



- Y *Estándares de Exactitud Posicional*: INEGI calcula las nuevas coordenadas de la RGNA con software GAMIT/GLOBK cumpliendo exactitud.



INSUMOS



CÁLCULO
GAMIT

Nombre de la Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura Geodésica (m)	Altura vertical de la Antena (m)
CHET	18 29 42.99641	88 17 57.20961	2.955	0.092
COL2	19 14 39.99474	103 42 06.78208	528.784	0.107



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Hitos

- Febrero 2016: falla del firmware en 16 estaciones de la RGNA, se registra fecha incorrecta en los datos. Firmware actualizado tiene costo elevado.



- Solución temporal: Corrección de la fecha en los datos mediante software desarrollado en la Subdirección de Marcos de Referencia.
- Solución definitiva: Renovación de equipo GNSS en la RGNA.



Hitos

- Sismo 4 de Abril de 2010, Magnitud 7.2
Epicentro: Sureste de la Ciudad de Mexicali, Baja California.

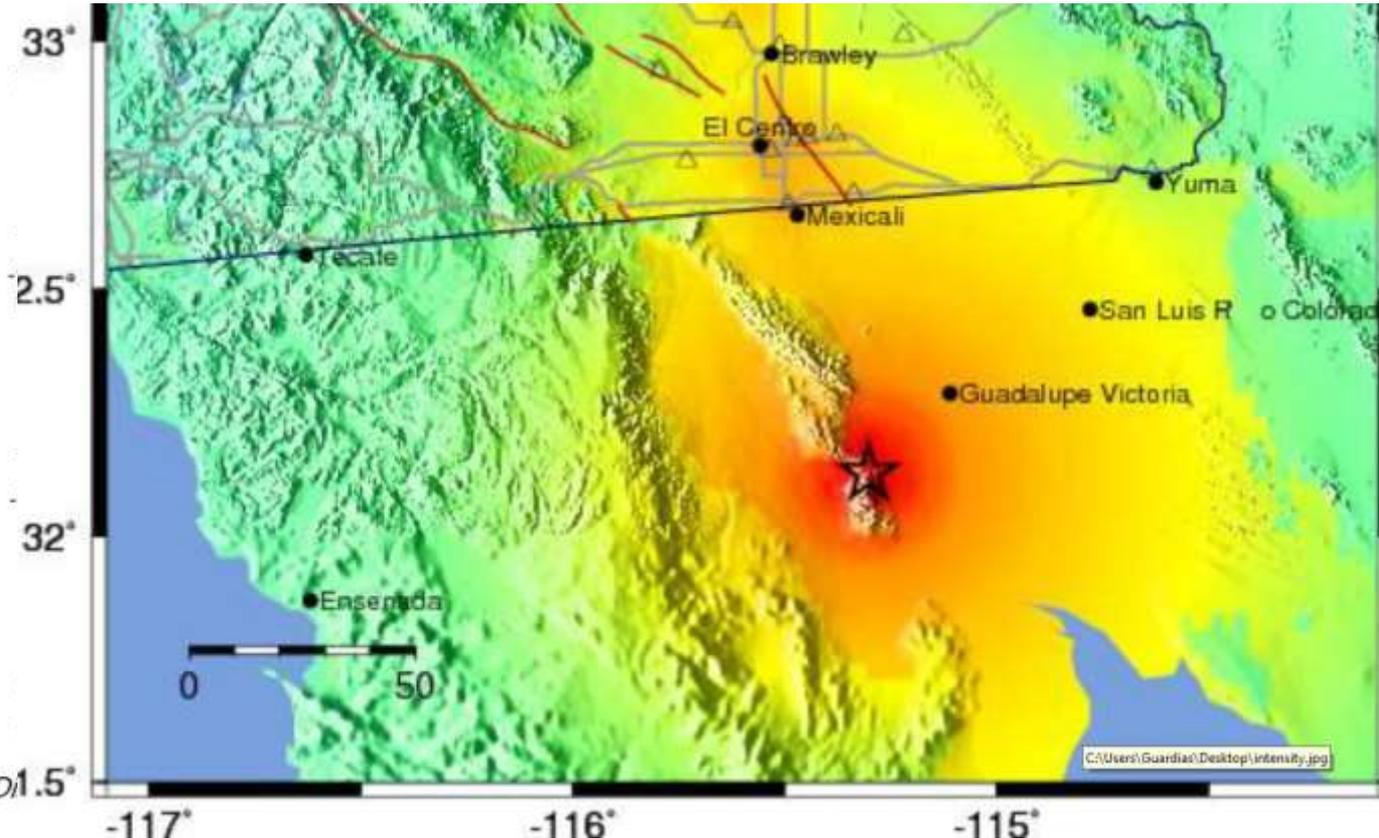


Figure 6. D1.5°

MEXI no
e exactitud
l (23 cm
ontal).

Evaluación
desarrolló
esamiento
derando el
eservando

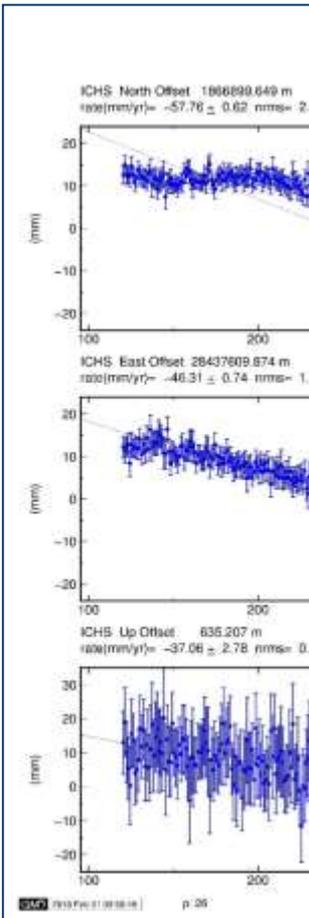
Fuente: SIRGAS: USGS



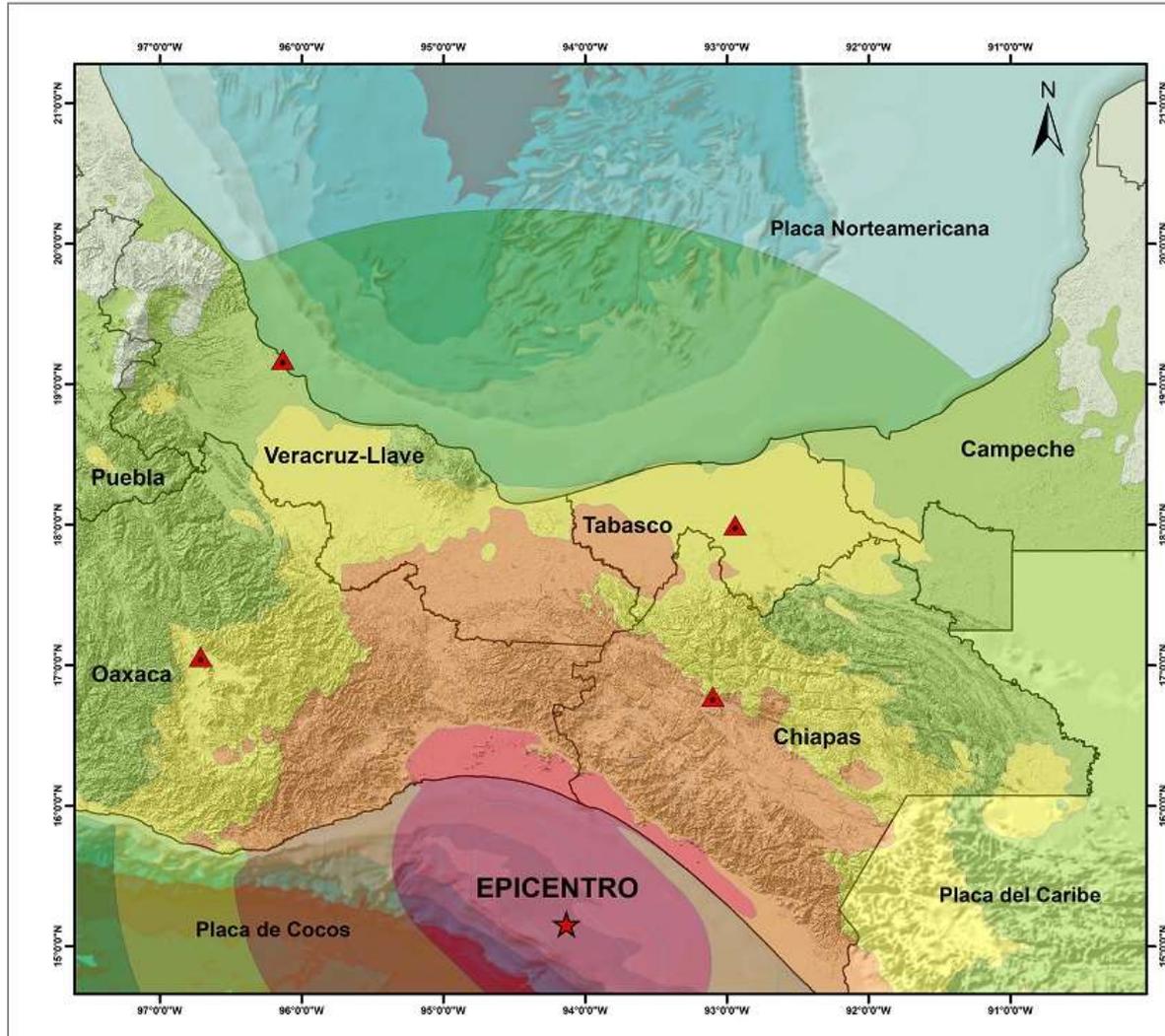
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Hitos

- Sismo 7 de Septiembre de 2017, Magnitud 8.2.
Epicentro: Costa de Chiapas, Sur de México

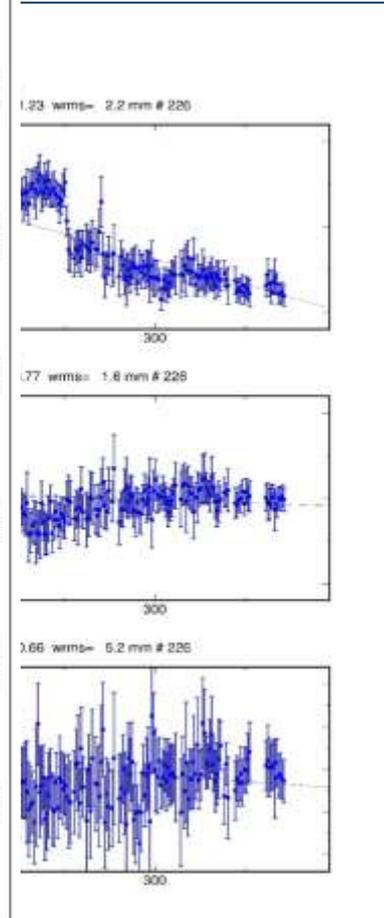


Fuente: Guido Gonz



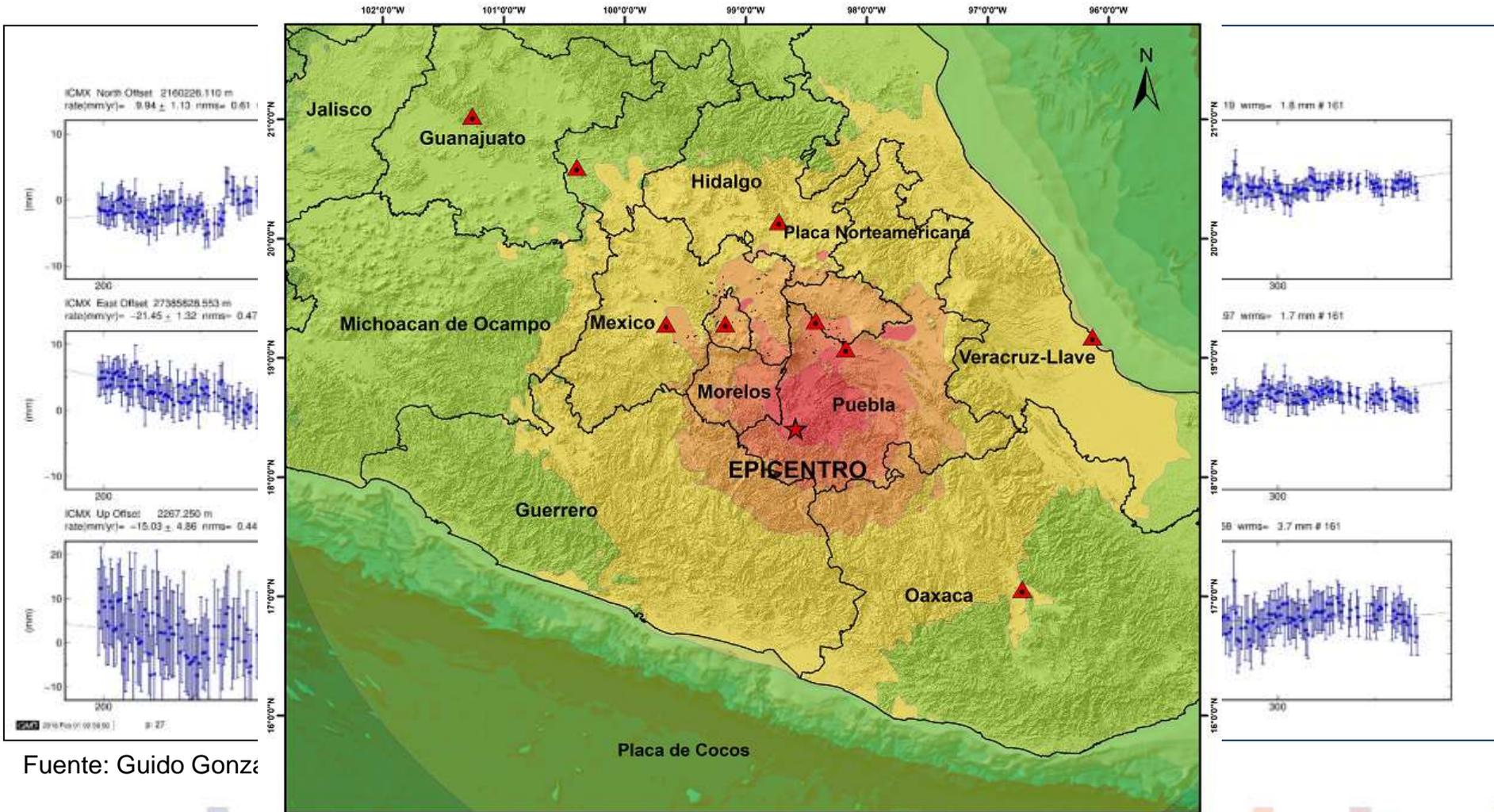
Fuente: INEGI. Datos UNAM

INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



Hitos

- Sismo 19 de Septiembre de 2017, Magnitud 7.1
Epicentro: Centro de México, en la entidad de Puebla.



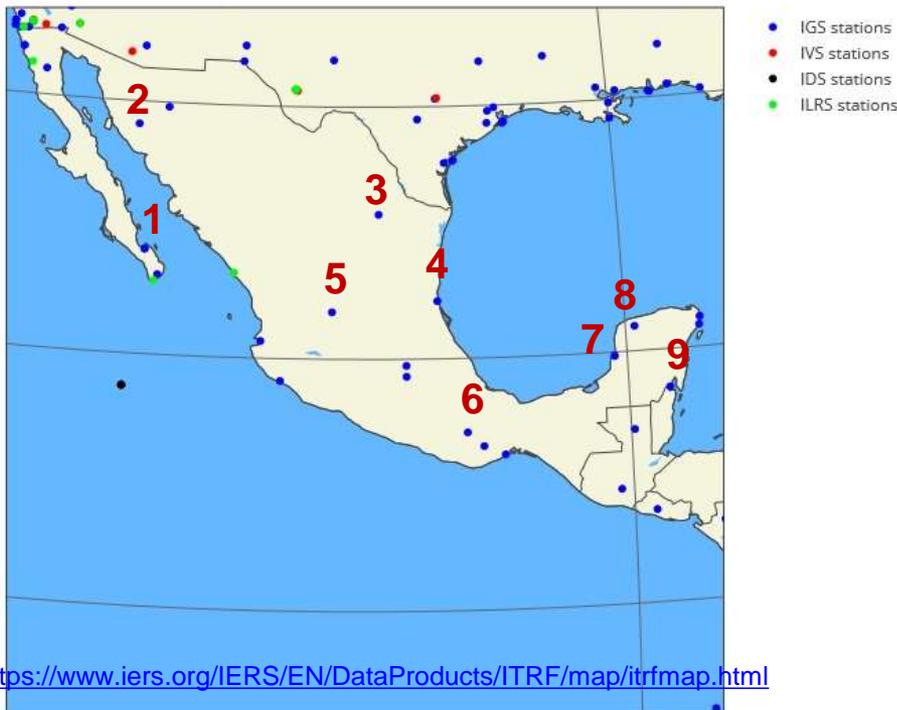
Fuente: INEGI. Datos UNAM

Colaboración internacional

- Contribución de la RGNA al ITRF.

Datos de 9 estaciones de la RGNA contribuyeron a la nueva solución ITRF 2014 época 2010.0.

Interactive map of ITRF2014 network



Estación	Ubicación
1. IPAZ	La Paz, Baja California Sur
2. HER2	Hermosillo, Sonora
3. MTY2	Monterrey, Nuevo León
4. TAMP	Tampico, Tamaulipas
5. INEG	Aguascalientes, Aguascalientes
6. OAX2	Oaxaca, Oaxaca
7. ICAM	Campeche, Campeche
8. MERI	Mérida, Yucatán
9. CHET	Chetumal, Quintana Roo

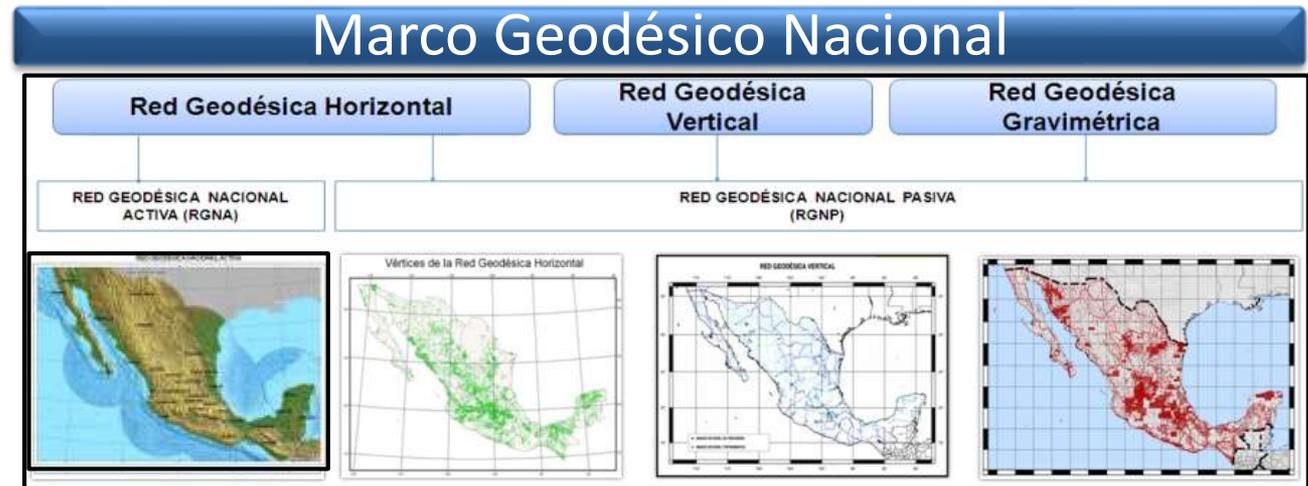
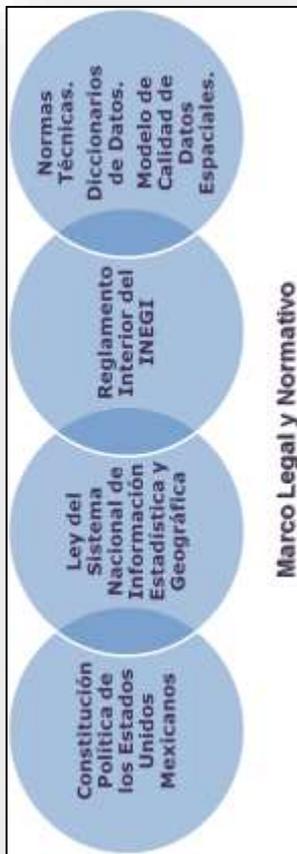
<https://www.iers.org/ IERS/EN/DataProducts/ITRF/map/itrfmap.html>



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Entorno normativo

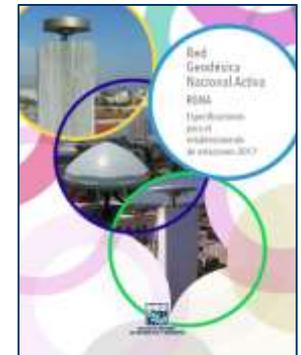
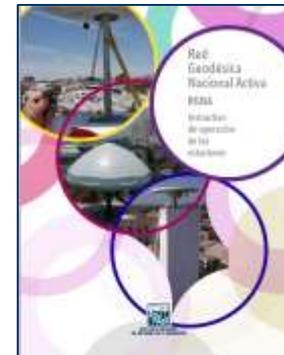
- La operación, recursos, acciones preventivas y correctivas para la generación de los datos del marco de referencia geodésico están previstos en las leyes, reglamentos, normas técnicas, diccionarios, metadatos, matriz de riesgos, guías e instructivos desarrollados en el INEGI.



Matriz de Administración de Riesgos

Probabilidad de ocurrencia	Escala	Impacto	Escala
3	Extrema	1	Catastrófico
4	Alta	2	Grave
5	Media	3	Modesto
6	Baja	4	Bajo
7	Muy Baja	5	Insignificante y

Medida del riesgo		Actividades de control	
R	Riesgo extremo, requiere acciones inmediatas. Debe reducirse con acciones correctivas que lo mitiguen.	Preventiva	Identificar y analizar con el propósito de anticiparse a la posibilidad de los posibles resultados no deseados o inesperados. Es la actividad de control más efectiva.
A	Riesgo alto, requiere acción de control.	Defensiva	Minimizar los efectos de los riesgos que no pueden ser evitados.
M	Riesgo moderado, asegurarse que se puede detectar y manejar oportunamente.	Operativa	Realizar las actividades de control de acuerdo a lo establecido en el plan de control.
B	Riesgo bajo, debe administrarse con procedimientos de rutina. Es seguro de mantenerse e implementarse de forma rutinaria.		



Renovación tecnológica

- Equipamiento GPS/GNSS en la RGNA.

1993-2016



Receptor GPS P-Z-XII3

2000-2016



Receptor GPS 5700 Antena TRM41249.00

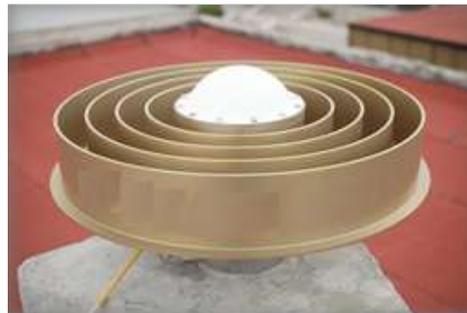
2016-Actual



Receptor GNSS GR10



Antena ASH700228D NONE



Antena TRM29659.00 NONE



Antena LEIAR10

Cambios en GPS y de GPS a GNSS



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Crecimiento

Operación continua e Incremento de estaciones de la RGNA



Servicios

- Productos disponibles en línea (sitio WEB institucional y servidor ftp)

Red Geodésica Nacional Activa - descarga

Estación fija: Fecha y hora inicial:

Fecha: 2016-10-09

Hora: Primera

[Siguiente](#)

CHET Chetumal, Q. Roo
COL2 Colima, Col.
CULC Culiacán, Sin.
HER2 Hermosillo, Son.
ICAM Campeche, Camp.
ICDV Cd. Victoria, Tamps.
ICEP Puebla, Pue.
ICHI Chihuahua, Chih.
ICHS Tuxtla Gutiérrez, Chi.
ICMX Cd. de México
IDGO Durango, Dgo.
JHGO Pachuca, Hgo.
IMIE Ensenada, B.C.
IMIP Ciudad Juárez, Chih.
INAY Tepic, Nay.
INEG Aguascalientes, Ags.
IPAZ La Paz, B.C.S.
ISLP San Luis Potosí, SLP.
ITLA Tlaxcala, Tlax.
IZAC Zacatecas, Zac.
MERI Mérida, Yuc.
MEXI México, B.C.
MTY2 Monterrey, N.L.
OAX2 Oaxaca, Oax.
TAMP Tampico, Tamps.
TOL2 Toluca, Mex.
VIL2 Villahermosa, Tab.
UGTO Guanajuato, Gto.
UQRO Querétaro, Qro.
UVER Boca del Río, Ver.

Coordenadas geodésicas de las estaciones de la RGNA (ITRF2008, época 2010.0)

Sistema de consulta de las coordenadas geodésicas de las estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa en el marco geodésico de referencia oficial denominado ITRF08, a la época 2010.0, así como sus características técnicas, necesarias para el procesamiento geodésico.

Ver imagen	Nombre de la Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura Geodésica (m)	Altura vertical de la Antena (m)	Receptor	Antena según fabricante	Antena según National Geodetic Survey	Archivo LOG
	CHET	18 29 42 59641	88 17 57 25951	2 955	0 090	GR10	AR10	LEIAR10	LOG 25 KB
	COL2	19 14 39 99474	103 42 06 76206	526 764	0 107	GR10	AR10	LEIAR10	LOG 22 KB
	CULC	24 47 42 30742	107 24 45 34764	56 136	0 060	GR10	AR10	LEIAR10	LOG 16 KB
	HER2	29 05 33 16844	110 55 01 97610	196 545	0 080	GR10	AR10	LEIAR10	LOG 23 KB
	ICAM	19 51 12 48686	90 31 36 90207	2 987	0 082	GR10	AR10	LEIAR10	LOG 15 KB

Vía ftp mediante:

1. Acceso con cliente ftp

Host o URL: <ftp://geodesia.inegi.org.mx>

Usuario: rgnafp

Contraseña: rgnafp

2. Acceso directo al ftp vía página WEB.

Tecleando en su navegador de Internet la dirección <ftp://geodesia.inegi.org.mx> e introduciendo la cuenta y contraseña rgnafp.

```
INEG Site Information Form
International GPS Service
See Instructions at:
ftp://igsdb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt

0. Form

Prepared by (full name) : GUIDO ALEJANDRO GONZALES FRANCO
Date Prepared           : 2017-07-25
Report Type             : UPDATE
If Update:
  Previous Site Log     : ineg_20160520.log
  Modified/Added Sections : 3.7,3.8,log file format update

1. Site Identification of the GNSS Monument

Site Name                : Aguascalientes Fixed Station
Four Character ID       : INEG
Monument Inscription    :
IERS DDMES Number      : 40507M001
```



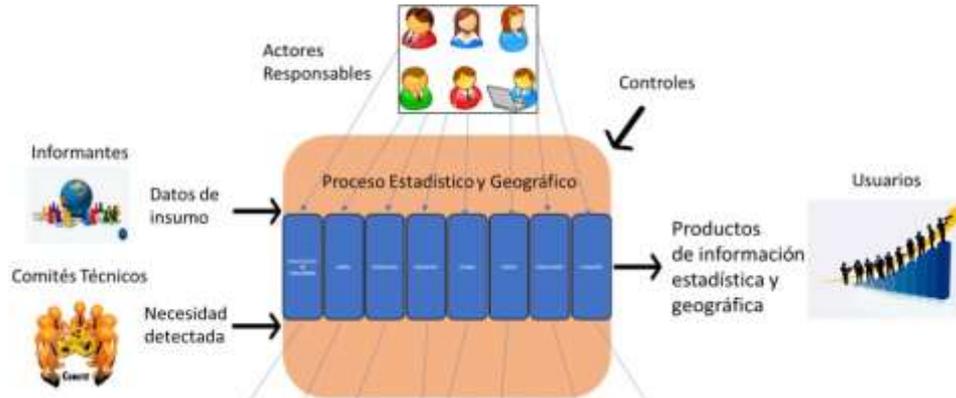
Aplicaciones

- Mantenimiento del marco de referencia geodésico nacional.
- Determinación de límites Internacionales.
- Control geodésico en desarrollo de infraestructura.
- Control geodésico con fines catastrales y registrales.
- Apoyo terrestre para fotogrametría y productos cartográficos derivados.
- Densificación de la Red Geodésica Nacional Pasiva y subredes.
- Investigación de fenómenos Geodinámicos (Subsidencia, tectónica, comportamiento de fallas geológicas, etc.)
- Contributiva con SIRGAS (Red SIRGAS-CON) y NAREF
- Definición del ITRF, acorde con los objetivos del GGRF.
- Cualquier aplicación que requiera alta exactitud



Retos

- INEGI se encuentra implementando un **Modelo del Proceso Estadístico y Geográfico**, en su fase inicial identificará nuevas necesidades de los usuarios.



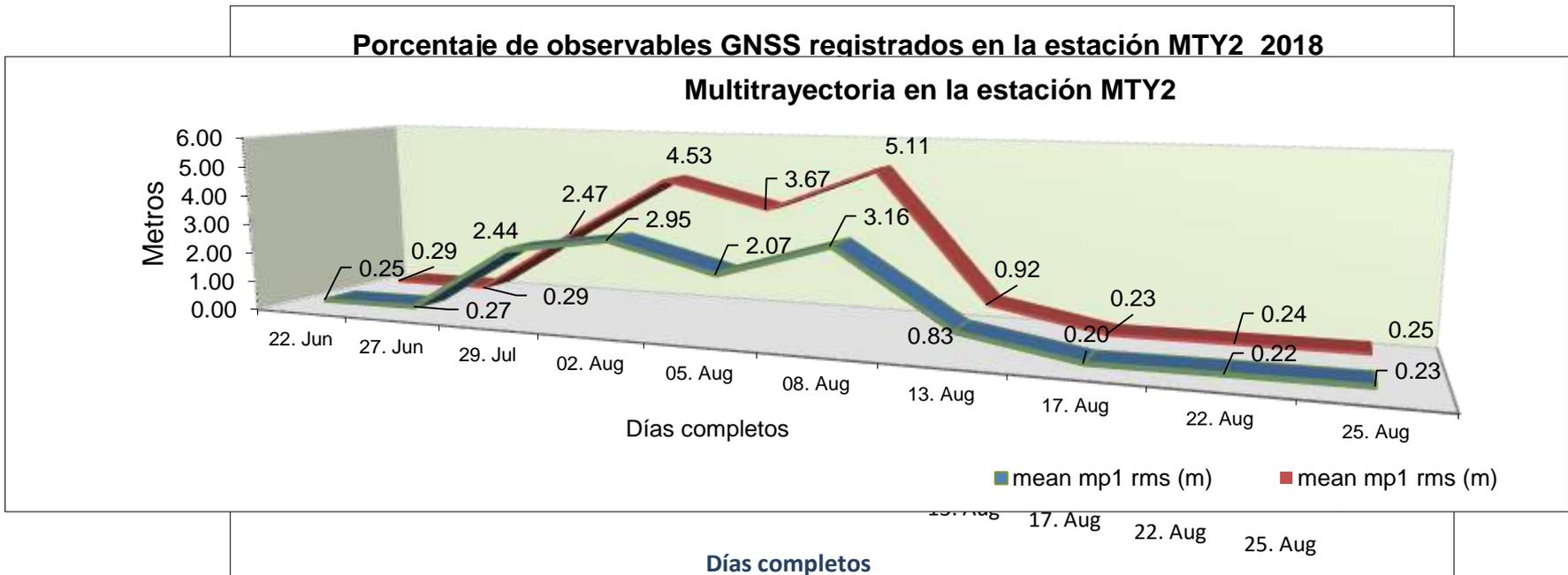
- Evento **End of Week** del próximo 6 de abril de 2019, ¿el firmware es el adecuado? ¿cuándo se prevé el próximo evento en los equipos de la RGNA?

GPS week cycle	Start of week 0	End of week 1023
1	January 6, 1980.	August 21, 1999
2	August 22, 1999	April 6, 2019
3	April 7, 2019	November 20, 2038



Retos

- Alternativas de solución a casos de interferencia a la señal GNSS en las estaciones.

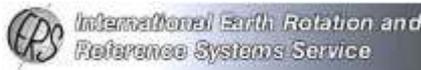


- Disponibilidad de recursos financieros y humanos para mantener operación (Adquirir firmware pertinente, conservar plantilla, renovar equipo en 2022).

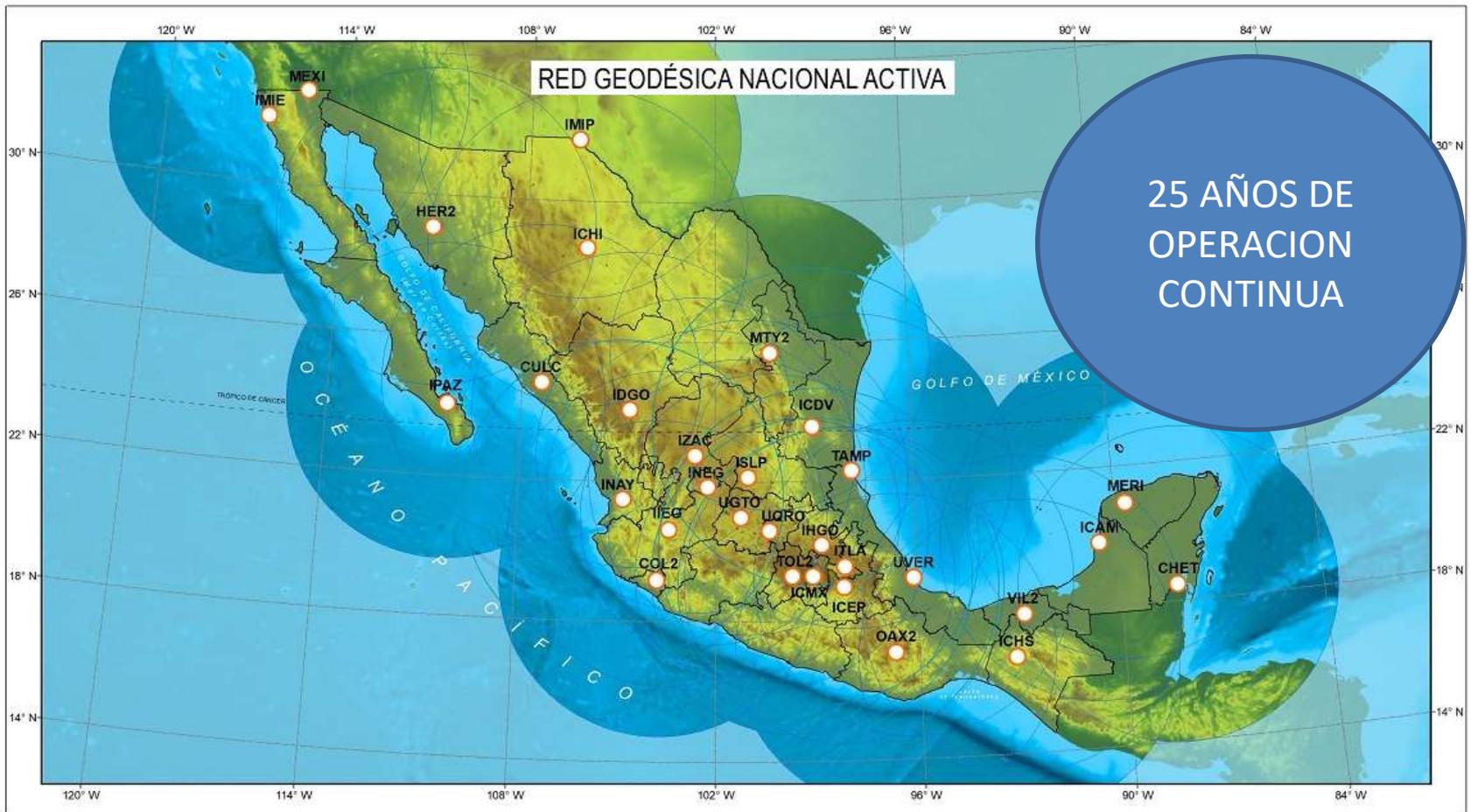


Conclusiones

- RGNA es la red fiducial de los levantamientos geodésicos en México desde 1993.
- Se conformó para atender retos como medir la propiedad social en México y materializar el cambio a ITRF, acorde en exactitud con las técnicas del GPS.
- Permite vincular al Sistema Geodésico Nacional los proyectos geográficos de los usuarios de los sectores público, privado, social, con datos de calidad en línea y gratuitos.
- Coadyuva en el mantenimiento y definición del Sistema Geodésico de Referencia Continental a través de la cooperación con la Asociación Internacional de Geodesia (SIRGAS, NAREF), así como servicios de posicionamiento en línea (NGS).
- Colabora con datos de estaciones RGNA-IGS en la definición del ITRF, como ITRF2014, época 2010.0, (http://itrf.ign.fr/ITRF_solutions/2014/).
- Compatible con la resolución de la ONU del 26 de febrero de 2015 sobre el GGRF para el desarrollo sustentable.
- Propaga el marco geodésico en proyectos de actualización cartográfica y catastral; desarrollo de redes pasivas; georreferenciación de información estadística; determinación de límites Internacionales; en estudios de desplazamiento del terreno.
- Es necesario identificar posibles nuevas necesidades, mantener recursos y proteger su operación.



INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



Gracias por su atención



**INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**