



Red Geodésica Nacional Activa

RGNA

Especificaciones
para el
establecimiento
de estaciones 2017



**INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Red Geodésica Nacional Activa
RGNA

Especificaciones para el establecimiento de estaciones 2017



Obras complementarias publicadas por el INEGI sobre el tema:

La Nueva Red Geodésica Nacional Activa. Una visión hacia el futuro (1994); La Nueva Red Geodésica Nacional Activa. Tecnología de vanguardia (1994).

Catalogación en la fuente INEGI:

526.701 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).
Red Geodésica Nacional Activa : RGNA : especificaciones para el establecimiento de estaciones 2017 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2017.

xi, 41 p. : il.

1. Geodesia - México. 2. Gravedad - Medición - Tierra - Metodología.

Conociendo México

01 800 111 4634

www.inegi.org.mx

atencion.usuarios@inegi.org.mx



INEGI Informa



@INEGI_INFORMA

DR © 2017, **Instituto Nacional de Estadística y Geografía**

Edificio Sede

Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301

Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276 Aguascalientes,

Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI,

Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas.

Presentación

Conforme al artículo 26 de la LSNIEG, el Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente debe generar, entre otros, el grupo de datos del marco de referencia geodésico, constituido por las estaciones de la Red Geodésica Nacional.

Complementariamente, la norma técnica del Sistema Geodésico Nacional publicada el 23 de diciembre de 2010, establece en su artículo 11 que la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) deberá estar integrada por un conjunto de estaciones geodésicas que permitan propagar el marco de referencia geodésico horizontal, apoyando a los usuarios en sus levantamientos geodésicos, y constituyendo la base para el desarrollo de la Red Geodésica Nacional Pasiva.

En cumplimiento de estas disposiciones y como componente central de la Red Geodésica Horizontal del país, el **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)** opera un conjunto de estaciones de operación permanente denominada Red Geodésica Nacional Activa, la cual constituye el punto de partida para apoyar los levantamientos de alta exactitud en México, en el marco de referencia geodésico oficial.

Con el fin de difundir esta importante actividad geográfica y del medio ambiente, el **INEGI** publica por primera vez el documento: “Red Geodésica Nacional Activa. RGNA. Especificaciones para el establecimiento de las estaciones 2017”, mediante el cual da a conocer los requisitos técnicos para su puesta en operación.

Las especificaciones consideran algunas de las recomendaciones del Servicio Internacional del Sistema Global de Navegación por Satélite (IGS), organización del ámbito geodésico mundial, para generar datos geodésicos de alta calidad en las estaciones, complementarias a las especificaciones que se han elaborado en el propio **Instituto**, aprovechando la infraestructura institucional descentralizada, así como la de organismos del ámbito geodésico-topográfico, académico y estadístico-geográfico nacionales.

El fortalecimiento del marco de referencia geodésico del país requiere contar con estaciones de operación permanente ubicadas estratégicamente y en condiciones operativas adecuadas, para garantizar un servicio público de datos geodésicos de alta calidad, gratuito, oportuno, con cobertura nacional.

Asimismo, densificar con nuevas estaciones de la RGNA en ciudades capitales y/o que se caracterizan por su dinamismo económico, crecimiento demográfico y utilización intensiva del espacio territorial, contribuye en la determinación precisa de la posición geográfica de los rasgos, recursos naturales, y elementos creados por el hombre (infraestructura, asentamientos humanos), para su administración sistemática y ordenada por parte de las autoridades responsables.

Es importante destacar que, con las estaciones de la RGNA, México avanza y contribuye con la resolución de la ONU de febrero de 2015 sobre la necesidad de implementar el marco de referencia geodésico mundial para el desarrollo sostenible, objetivo estratégico que requiere la cooperación internacional de los países miembros con este tipo de Infraestructura Geodésica para la determinación de ubicaciones precisas, estandarizadas y comparables en los ámbitos nacional e internacional.

Por lo anterior, es importante la divulgación del tema para el público en general y en particular para aquellos productores de información geográfica que cuenten con equipo geodésico para estación permanente del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) y deseen beneficiarse de los datos y coordenadas de alta exactitud en el marco de referencia geodésico oficial, cumpliendo especificaciones en coordinación con el Instituto, para integrar su estación a la RGNA.

Nota

Con motivo de la necesidad de atender programas de envergadura nacional como el PROCEDE, la modernización de la actividad geográfica institucional, la creciente demanda de georreferenciación en cartografía, el manejo de información del territorio en Sistemas de información Geográfica, etc., en el año de 1993 el INEGI diseñó y puso en operación un conjunto de estaciones con cobertura nacional denominada Red Geodésica Nacional Activa, con tecnología basada en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Este nuevo paradigma de operación sustituyó ventajosamente a los anteriores métodos de medición geodésica, debido a la mayor facilidad de operación y considerable exactitud que brindan los nuevos sistemas satelitales de posicionamiento (en conjunto denominado actualmente: sistema global de navegación por satélite -GNSS-), cimentando una nueva Red Geodésica Nacional Horizontal y un nuevo sistema de referencia geodésico en el país.

Para su implementación, el INEGI elaboró especificaciones técnicas apropiadas al modo de operación del GNSS, a la logística de operación del Instituto en virtud de su estructura descentralizada y a las recomendaciones internacionales del IGS más acordes a las condiciones del país, preservando seguridad de componentes, estabilidad de los sitios, operación ininterrumpida y calidad de los datos.

Las especificaciones para establecer las estaciones de la RGNA son responsabilidad del INEGI, se presentan en este documento y constituyen una referencia adecuada para todos aquellos interesados en conocer los requerimientos técnicos de operación de las estaciones de operación permanente en la RGNA.

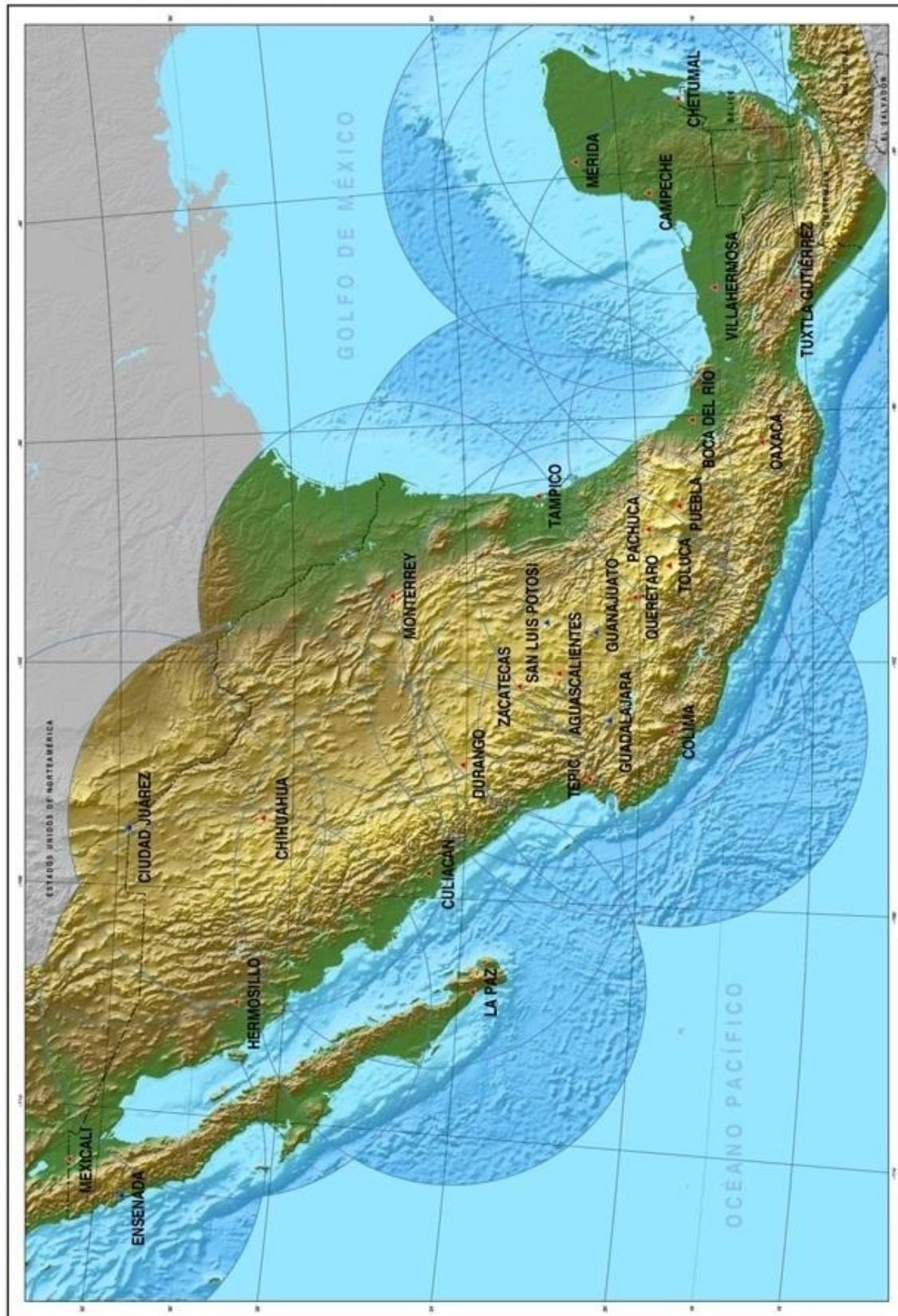
Instituciones que proporcionaron información

	Siglas
Servicio Internacional del Sistema Global de Navegación por Satélite	IGS
National Geodetic Survey	NGS

Otras siglas de instituciones y/o conceptos

LSNIEG	Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.
PROCEDE	Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos.
RGNA	Red Geodésica Nacional Activa
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite.
GRS80	Sistema Geodésico de Referencia de 1980.
ID	Identificador o clave de la estación RGNA

Estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/rqna.aspx?p=22&dv=c1> (enero de 2017). INEGI, abril de 2017.

Índice

Introducción	XI
1. Objetivo	3
2. Selección de los sitios	7
3. Especificaciones técnicas	11
3.1 Visibilidad	11
3.2 Estabilidad	11
3.3 Libre de Interferencias	11
3.4 Área para la oficina y el receptor	11
3.5 Seguridad	11
3.6 Personal responsable.	11
4. Calidad de los datos	15
4.1 Registro de observables recibidas	15
4.2 Promedio de la multitrayectoria	15
4.3 Saltos de ciclo	16
5. Monumentación	19
6. Instalación del equipo	25
7. Cálculo de coordenadas	29
8. Apertura de la estación	33
Glosario	35
Anexo	37
A. Medición de la altura de la antena en estaciones RGNA	39
Bibliografía	41

Introducción

La Red Geodésica Nacional constituye el marco de referencia geodésico oficial para las actividades geográfico cartográficas en el país. Está compuesta por 3 redes básicas, las cuales son:

1. Red Geodésica Horizontal
2. Red Geodésica Vertical
3. Red Gravimétrica

Con respecto a la Red Geodésica Horizontal del país, el desarrollo de la tecnología ha revolucionado las técnicas y procedimientos para el levantamiento o densificación de estaciones horizontales, reduciendo tiempos de observación en campo y durante el procesamiento de datos en gabinete.

Desde 1993, el **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)** integró la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (con las nuevas constelaciones disponibles, actualmente denominado Sistema Global de Navegación por Satélite: GNSS), para el establecimiento de estaciones geodésicas de operación permanente, conformando una red de estaciones con cobertura nacional denominada Red Geodésica Nacional Activa (RGNA), la cual constituye la columna vertebral para los levantamientos geodésicos horizontales en el país.

Esta tecnología requiere de la aplicación de técnicas diferenciales para la obtención de resultados de alta exactitud, lo cual implica disponer de equipos operando continuamente en sitios o vértices de coordenadas conocidas (estaciones RGNA) simultáneamente con otros que realizan observaciones satelitales en puntos cuyas coordenadas interesa determinar (equipos geodésicos de los usuarios).

En este documento se detallan las especificaciones técnicas necesarias para elegir los sitios adecuados y requisitos para el establecimiento de estaciones de la RGNA.

1. Objetivo

1. Objetivo

Proporcionar los lineamientos técnicos para el establecimiento de estaciones de monitoreo continuo

del GNSS pertenecientes a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).

2. Selección de los sitios

2. Selección de los sitios

A mediados del año 2017 la RGNA está conformada por 28 estaciones de operación permanente, 25 de las cuales son propiedad del INEGI, ubicadas en las siguientes ciudades:

CIUDAD	ID ESTACIÓN
Aguascalientes, Ags.	INEG
Boca del Río, Ver.	UVER
Campeche, Camp.	ICAM
Chetumal, Q.Roo	CHET
Chihuahua, Chih.	ICHI
Colima, Col.	COL2
Culiacán, Sin.	CULC
Durango, Dgo.	IDGO
Guanajuato, Gto.	UGTO
Hermosillo, Son.	HER2
La Paz, B.C.S.	IPAZ
Mérida, Yuc.	MERI
Mexicali, B.C.	MEXI
Monterrey, N.L.	MTY2
Oaxaca, Oax.	OAX2
Pachuca, Hgo.	IHGO
Puebla, Pue.	ICEP
Querétaro, Qro.	UQRO
San Luis Potosí, S.L.P.	ISLP
Tampico, Tamps.	TAMP
Tepic, Nayarit	INAY
Toluca, Edo. de Méx.	TOL2
Tuxtla Gutiérrez, Chis.	ICHS
Villahermosa, Tab.	VIL2
Zacatecas, Zac.	IZAC

Las tres estaciones restantes se denominan cooperativas en la RGNA; son propiedad de otros

organismos gubernamentales: la estación IMIP, pertenece al Instituto Municipal de Investigación y Planeación en Ciudad Juárez, Chihuahua; la estación IMIE del Instituto Municipal de Investigación y Planeación en Ensenada, Baja California; y la estación IIEG, propiedad del Instituto de Información Estadística y Geográfica del estado de Jalisco, ubicada en el municipio de Zapopan.

La distribución de las estaciones de la RGNA proporciona cobertura a todo el territorio nacional continental, y la selección de los sitios cumple los siguientes criterios generales:

1. Distribución regular de las estaciones, que permita disponer al menos de una estación RGNA para liga con los equipos geodésicos del usuario en cualquier sitio del territorio nacional.

2. Sitios donde existan instalaciones del INEGI; es decir, Dirección Regional o Coordinación Estatal.

3. Alternativamente, sitios en instalaciones de Unidades de Estado de los tres niveles de gobierno, o Instituciones de educación superior del ámbito geodésico-topográfico, que cuenten con la infraestructura necesaria para el adecuado funcionamiento de la estación.

Cabe mencionar que la selección de los sitios no es restrictiva. Si se cumple con las condiciones técnicas, seguridad a componentes y garantía de insumos para operación continua que se mencionan en este documento, pueden elegirse sobre el terreno o en edificios públicos.

3. Especificaciones técnicas

3. Especificaciones técnicas

Los requisitos específicos para garantizar el funcionamiento correcto de la estación y la preservación de sus componentes son los siguientes:

3.1 Visibilidad

El sitio deberá contar con visibilidad al horizonte de 360°; en caso contrario, las obstrucciones que existan tales como edificios, árboles, etc. no deberán exceder los 10° de elevación sobre el horizonte, preferentemente 5°.

3.2 Estabilidad

El lugar donde se ubique el monumento geodésico deberá ser estable, evitando movimiento local con el paso del tiempo. El sitio ideal es sobre la superficie del suelo natural, anclado en la roca firme. Si no se garantiza la seguridad para los componentes de la estación es preferible construir el monumento sobre la azotea de algún edificio estable, con acceso controlado, sin fracturamientos, alejado de instalaciones de aire acondicionado o elevadores que produzcan vibraciones que puedan afectar la calidad de las observaciones o medidas.

3.3 Libre de Interferencias

Cerca del monumento no deben existir antenas emisoras de microondas que interfieran en la recepción de la señal satelital; asimismo deberán evitarse en lo posible líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, así como superficies reflejantes, tales como techos brillantes o ventanas de espejos, ya que causan multitrayectoria en la señal.

3.4 Área para la oficina y el receptor

Cerca del monumento deberá acondicionarse un área como oficina para alojar el receptor y equipo a instalar, contando con los servicios de corriente eléctrica regulada, internet, acceso vía ftp, teléfono, ventilación y mobiliario. Desde el receptor al monumento, lo recomendable es que la distancia no exceda de los 30 metros que mide el cable hasta la antena del equipo GNSS, de lo contrario podrían requerirse amplificadores para garantizar la correcta recepción de la señal.

3.5 Seguridad

En el lugar seleccionado deberá garantizarse la seguridad de la estación en sus distintos elementos, su permanencia y buen estado (antena, cables de conexión, receptor) manteniendo en buenas condiciones el monumento, evitando acciones de vandalismo o destrucción. Es recomendable que al área de oficina solo se tenga acceso con llave y restringido a personal autorizado, para preservar la integridad y funcionamiento óptimo del receptor GNSS, equipo de cómputo, accesorios y mobiliario.

3.6 Personal responsable

INEGI o en su caso la unidad de estado propietaria del equipamiento de la estación designará al personal responsable de monitorear y en su caso reanudar su operación continua, a efecto de mantener disponibles y en línea los datos geodésicos al usuario.

4. Calidad de los datos

4. Calidad de los datos

Una actividad esencial a cumplir para que una estación de operación permanente opere en la RGNA, es verificar que la antena GNSS cuente con modelo de variabilidad de centro de fase disponible en algún organismo internacional de geodesia, como el Servicio Internacional de los GNSS (IGS) o el National Geodetic Survey (NGS).

Confirmado lo anterior, en el sitio propuesto para el establecimiento de una estación de la RGNA, es necesario realizar pruebas de posicionamiento con equipo geodésico GNSS para determinar la calidad de las observaciones satelitales que se reciben, las cuales pueden ser afectadas por las condiciones del entorno inmediato.

Normalmente los posicionamientos de prueba son realizados por el personal de la Institución propietaria del equipo GNSS que desea incorporarse a la RGNA.

Para ello, se seleccionan de uno a tres puntos sobre la azotea del inmueble o ubicación en cuestión, en cada uno de los cuales se registrará información satelital en la jornada diurna, cuidando cumplir a priori los requisitos técnicos que se señalaron en el tema 3. Especificaciones técnicas.

Los datos a registrar se recopilarán a un intervalo de registro de 15 segundos, con una ventana de observación de la señal satelital libre de obstrucciones de 10 grados sobre el horizonte, preferentemente 5 grados.

Con los datos geodésicos captados y registrados en cada sitio de observación, y fotografías tomadas desde cada sitio a los cuatro puntos cardinales para apreciar el entorno, INEGI realizará una revisión con el propósito de determinar la calidad y contenido de las observaciones.

Para determinar los criterios de revisión de calidad de los datos, se consultaron las recomendaciones de la "Guía para los sitios del Servicio Internacional del Sistema Global de Navegación por Satélite" las cuales buscan garantizar la alta calidad de los productos de las estaciones de operación continua.

Enseguida se describen los criterios utilizados en la RGNA, conjuntamente con los valores de referencia, para revisar que la calidad y contenido de la información satelital en los sitios propuestos sea adecuada para su establecimiento.

4.1 Registro de observables recibidas

Se define como el porcentaje de observables completas registradas en cada sitio de observación, respecto a la cantidad de observables posibles a captar en los mismos.

Conforme a la Guía del IGS, en general el rastreo y captación de las observaciones satelitales esperado debe ser muy bueno (mayor al 95%) en el sitio de observación.

Un porcentaje inferior podría significar, en mayor o menor medida, la presencia de obstáculos (árboles, edificaciones, etc.) que impida una mejor recepción satelital.

4.2 Promedio de la multitrayectoria

La multitrayectoria es una fuente de error que consiste en un rebote previo de la señal antes de ser captada en la antena y registrada en el receptor del GNSS.

Normalmente es producida por ciertos tipos de terreno, superficies reflejantes como espejos o cuerpos de agua, así como antenas transmisoras en el entorno.

Se expresa mediante el valor cuadrático medio-RMS- promedio, en metros, de las combinaciones de multitrayectoria en el pseudorange y en la fase portadora de las observables L1 y L2 provenientes de la señal del GPS, considerando una ventana de observación libre de obstrucciones a partir de 10° sobre el horizonte.

En general, en cualquier sitio se observa que los valores de multitrayectoria en L2 son ligeramente mayores que en L1.

Cabe mencionar que en un sitio las condiciones iniciales del entorno pueden verse modificadas con el tiempo debido a nuevas edificaciones e infraestructura, por lo que el valor observado puede cambiar.

Sin embargo, normalmente estos valores no son restrictivos para que el usuario obtenga la exactitud deseada en sus aplicaciones, si realiza levantamientos de varias horas por método estático, obteniendo redundancia al descargar datos de más de una estación RGNA para su procesamiento geodésico.

4.3 Saltos de ciclo

Un salto de ciclo es una discontinuidad en la observable de fase portadora, causado por la pérdida temporal de la señal.

El valor de saltos de ciclo a revisar indica la cantidad de pérdidas en el seguimiento de la señal satelital, debidas a los efectos del retraso ionosférico

(IOD) o por multitrayectoria (MP), registrados con respecto a las observaciones completas, considerando una ventana de 10° sobre el horizonte.

En general, este efecto está relacionado con la intensidad de la actividad ionosférica, pero también de manera importante por la capacidad de los modelos de receptores para rastrear y mantener “enganchada” la señal satelital.

Dependiendo de la magnitud de pérdida de la señal satelital en el receptor será el error causado en el cálculo de la posición absoluta.

En general una menor cantidad de saltos de ciclo indica un mejor desempeño del receptor respecto a esta fuente de error.

Con los valores obtenidos en cada criterio y revisando si el entorno es favorable, se elige el sitio de observación idóneo para la construcción del monumento que alojará la antena geodésica de la nueva estación.

5. Monumentación

5. Monumentación

En el sitio que se seleccionó para establecer el vértice o punto de la estación, es necesario construir una estructura o monumento de concreto con la firmeza necesaria para preservar su estabilidad en el tiempo, a una altura suficiente para garantizar la adecuada recepción de la señal satelital por la antena GNSS que será enroscada en su parte superior.

Es importante señalar que pueden revisarse otro tipo de estructuras de materiales alternativos al monumento de concreto para establecer el vértice, siempre que se preserve su estabilidad, robustez, verticalidad y la recepción de la señal satelital libre de obstáculos.

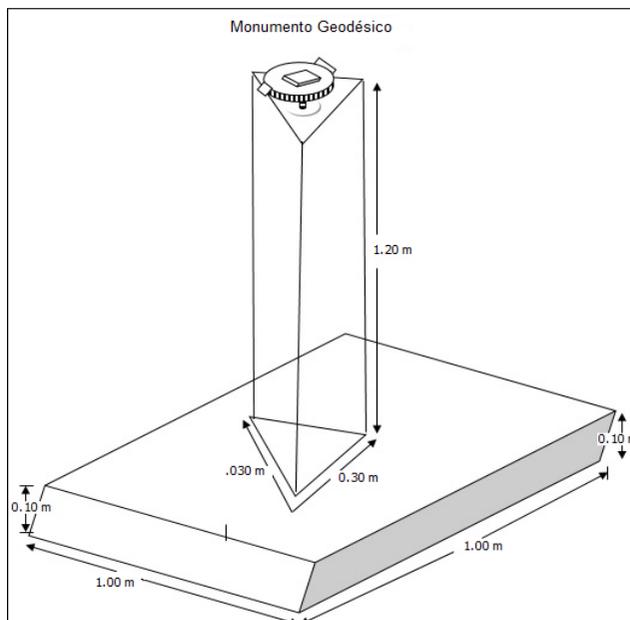
Para la elaboración del monumento de concreto se recomiendan las siguientes especificaciones:

- Monumento aéreo en forma de prisma triangular.
- Colado de concreto con armazón de varilla.
- Base de concreto con armazón de varilla.
- Dimensiones del monumento: 1.20m de altura x 0.30m x 0.30m de lado.

En caso de requerirse un monumento de mayor altura deberá existir una justificación razonable, tal como minimizar saltos de ciclo, la multitrayectoria o cumplir con la máscara de elevación; y ser avalado por el INEGI.

Al centro de la cara superior del monumento se colocará, centrada y nivelada, una placa de aluminio de 9 cm de diámetro, perforada al centro y con la inscripción del INEGI o la Unidad de Estado, el

nombre de la estación a establecer (cuatro dígitos), fecha de monumentación (día, mes y año), dos dígitos para cada dato.

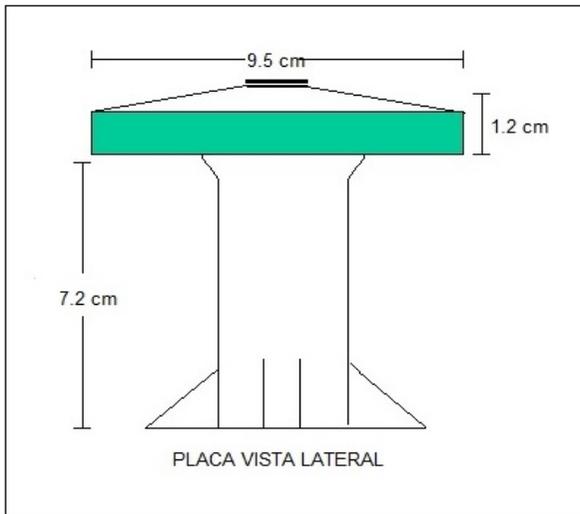


Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2017.

- Opcionalmente puede emplearse un letrero o placa metálica rectangular fijo a una cara lateral del monumento con los mismos datos de identificación.
- Para asignar el nombre a la nueva estación se investigará por parte de INEGI un nombre que no esté en uso (4 dígitos), sin asignar al último dígito un número, siempre una letra.



Ejemplo de placa de aluminio



Dimensiones aproximadas de la placa de aluminio

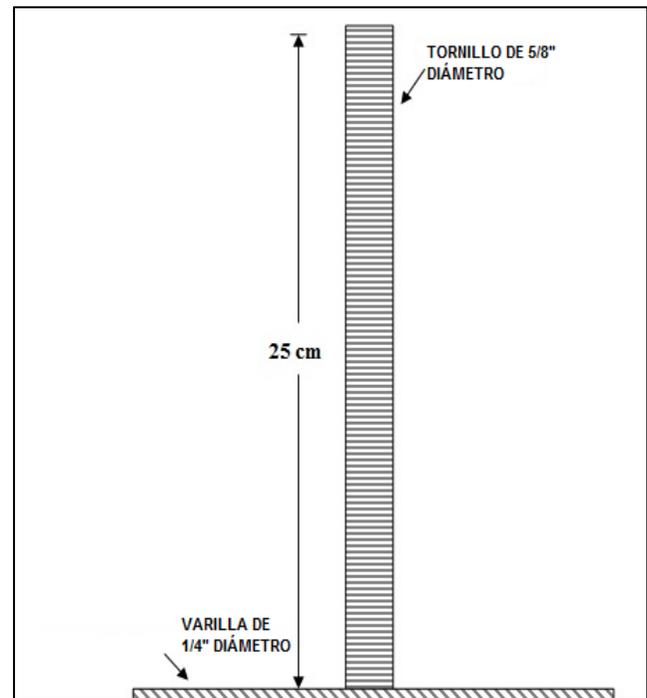
- Por el centro del monumento y la placa se introducirá un tornillo (o espárrago) de 5/8" x 25 cm de largo, de cuerda estándar, con un ancla de varilla corrugada de 1/4" x 23.5cm de largo soldada en uno de sus extremos.

El tornillo en cuestión deberá estar perfectamente centrado, alineado y nivelado para garantizar la horizontalidad de la antena que se instale.



Colocación del Tornillo de 5/8 "

- Preferentemente deberá utilizarse un dispositivo que garantice y fije el centrado y orientación al norte geográfico de la antena geodésica al momento de su instalación, y que asegure sea retornada a esta posición en caso de que sea provisionalmente retirada o cambiada.



Dimensiones aproximadas del tornillo o espárrago



Tuercas para fijar la antena GNSS

Una vez listo el monumento geodésico con su placa de identificación del vértice y tornillo al centro, el siguiente paso es la instalación del equipo.

6. Instalación del equipo

6. Instalación del equipo

A continuación, se describen las actividades a atender para la colocación y puesta en operación del equipo geodésico de la estación de la RGNA:

- Acondicionar el área u oficina para instalar y conectar el equipo de la estación, contando con los servicios de corriente eléctrica regulada, internet, acceso vía ftp y ventilación.
 - La ubicación del receptor no deberá exceder la distancia que mide el cableado hasta la antena del equipo GNSS.
 - En el monumento se instalará una antena receptora del GNSS, al menos de doble frecuencia, enroscándola en la parte del tornillo que sobresale.
 - La antena deberá quedar orientada al norte geográfico.
 - En el área u oficina se instalará el receptor del GNSS conectado a la antena, a la computadora (en su caso), y todo el equipo conectado a la energía regulada para evitar cortes de energía eléctrica.
 - Adicionalmente deberá contarse con red de datos o Internet para efectuar los depósitos de los archivos de datos Rinex al servidor ftp.
- Se configurará y pondrá a funcionar el receptor y/o programa para la recepción de señal, registro y depósito de los datos Rinex al servidor ftp de la RGNA o sitio de descarga, en un periodo de prueba, conforme a las instrucciones de INEGI.



Antena GNSS colocada y orientada al norte geográfico

- Adicionalmente se obtendrá la altura vertical a la base de la antena, de acuerdo a lo especificado en el anexo A: “Medición de la altura de la antena en estaciones RGNA”.

7. Cálculo de coordenadas

7. Cálculo de coordenadas

Antes de la apertura de una nueva estación de la RGNA al público usuario, se calcularán sus coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altura), considerando las disposiciones de las Normas Técnicas del Sistema Geodésico Nacional y de Estándares de Exactitud publicadas el 23 de diciembre de 2010.

La Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional, señala en su artículo 10 que toda Estación Geodésica perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referida al Marco de Referencia Terrestre Internacional definido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y de Sistemas de Referencia para el año 2008, con datos de la época 2010.0, denominado ITRF08 época 2010.0, asociado al elipsoide de referencia definido en el GRS80.

La Norma Técnica de Estándares de Exactitud, en su artículo 6 señala que el estadístico empleado para representar la exactitud de posicionamiento horizontal de un punto en el intervalo de confianza del 95% se expresa mediante la siguiente relación:

$$CEP_{95} = 1.2238 (\sigma_{\phi} + \sigma_{\lambda}), \text{ donde:}$$

σ_{ϕ} = desviación estándar de la latitud, en metros y

σ_{λ} = desviación estándar de la longitud, en metros.

Complementariamente en su artículo 9, inciso I, esta norma establece en 5 centímetros el orden de exactitud posicional horizontal para las estaciones de la RGNA.

Para el cumplimiento de estas especificaciones, el cálculo de coordenadas de cada estación de la RGNA deberá obtenerse con un programa de cálculo científico y los siguientes insumos:

- Datos geodésicos de la estación preparados para el cálculo.
- Computadora y programa científico.
- Personal capacitado para el cálculo.
- Verificación de los resultados.

Las actividades para el cálculo de coordenadas de la nueva estación normalmente son realizadas por el INEGI, en la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente.

Una vez obtenidas las coordenadas de la estación en el marco de referencia geodésico oficial del país y a la exactitud requerida, se procederá a su apertura en el portal institucional del INEGI, como se explica en el siguiente apartado.

8. Apertura de la estación

8. Apertura de la estación

Con sus coordenadas oficiales calculadas y operando permanentemente, la estación se abrirá al servicio, para lo cual se realizarán las siguientes actividades:

1. Se incluirá en la lista de estaciones y coordenadas geodésicas de la RGNA en el sitio WEB o medio de difusión oficial del INEGI.

2. Los datos geodésicos de la estación quedarán disponibles y gratuitos, en línea, para su libre descarga por parte del público usuario, vía sitio de descarga y/o vía ftp.

3. Se mantendrá un seguimiento de los depósitos de los datos geodésicos de la estación, por parte del INEGI, con la finalidad de satisfacer al usuario.

4. En su caso, se comunicará al personal responsable de la estación depositar faltantes de datos o interrupciones.

Los datos Rinex de las estaciones de la RGNA se ponen a disposición de los usuarios por 90 días naturales con el objeto de que sus estudios y proyectos geográficos queden vinculados a ella.

Las solicitudes extemporáneas de datos geodésicos son atendidas en los Centros de Información y Ventas del INEGI.

Entre las aplicaciones más relevantes de la RGNA figuran las siguientes:

- Establecimiento de redes geodésicas.
- Actualización catastral.
- Apoyo terrestre para elaboración de cartografía.
- Límites nacionales e internacionales.
- Estudios de subsidencia y deslizamientos del terreno.
- Tectónica, movimiento de placas.
- Apoyo a estudios de seguimiento del nivel del mar, sobre efectos sísmicos y prevención de desastres naturales.
- Ubicación precisa de recursos naturales e infraestructura.
- Actualización del marco de referencia terrestre internacional y regional.
- Apoyo en la actualización de crecimientos urbanos y el marco geoestadístico nacional.
- En general, todo aquel proyecto que requiera una ubicación precisa.

Glosario

A

Altura geodésica o altura elipsoidal. La distancia entre un punto y el Elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del elipsoide hasta el punto. Tal distancia siempre será positiva hacia arriba del Elipsoide.

C

Centro de fase. Punto de la antena donde se encuentra el sensor que recibe la señal. Hay un centro de fase para cada frecuencia de la señal recibida.

Coordenadas geodésicas. Las coordenadas definidas en un sistema de referencia geodésico.

E

Elipsoide. El sólido geométrico generado por la rotación de una elipse alrededor de uno de sus ejes.

Estación horizontal. Cualquier ubicación para la cual se han determinado o se determinarán sus coordenadas.

Exactitud. Grado de cercanía de una cantidad estimada, tal como una coordenada horizontal o una altura, con respecto a su valor verdadero;

F

Fase portadora. La fase acumulada en cualquiera de las señales L1 o L2 de la señal GPS, medida por un receptor una vez enganchada la señal.

G

Galileo. Sistema global de navegación por satélite europeo, que ofrece un servicio de posicionamiento global altamente preciso y garantizado bajo control civil. Es interoperable con GPS y Glonass, los sistemas globales de navegación por satélite de Estados Unidos y Rusia.

Georreferenciación. Conjunto de actividades u operaciones, destinadas a establecer la ubicación de puntos, conjuntos de puntos o de información geográfica en general, con relación a un determinado sistema de referencia terrestre.

GLONASS. Acrónimo del sistema de navegación satelital ruso (Gobal'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) La operación de este sistema es muy similar al GPS.

L

Latitud. El ángulo que la normal al Elipsoide en un punto cualquiera forma con el plano del Ecuador, positivo si está dirigido al Norte.

Levantamiento geodésico. Conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete, destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno considerando la curvatura de la Tierra, elegidos y demarcados con respecto al Sistema de Referencia en uso.

Longitud. El ángulo diedro comprendido entre el meridiano de referencia terrestre y el plano del meridiano que contiene al punto, positivo si está dirigido hacia el Este.

M

Marco de Referencia Geodésico. Conjunto de marcas permanentes que materializan un sistema geodésico de coordenadas sobre la superficie de la Tierra, que define el sistema de referencia fundamental de un país.

Multitrayectoria. Señal que arriba a la antena del receptor por caminos diferentes al de la línea de vista entre el emisor y el receptor, incluyendo las señales que son reflejadas por objetos cercanos; la diferencia en los recorridos seguidos por la señal causa interferencia en la antena y puede corromper las mediciones de pseudorange y fase portadora en el receptor.

O

Observable GPS. Medida de la distancia entre el receptor y el satélite derivada de diferencias de tiempo de fase basadas en la comparación entre la señal recibida en el receptor procedentes del satélite, y la réplica de dicha señal generada por el receptor.

P

Procede. Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos

Pseudorango. La distancia medida, basada en la correlación del código transmitido por el satélite y el código de referencia generado localmente en el receptor, el cual no ha sido corregido por errores de sincronización entre el reloj del receptor y el del satélite u otros errores ambientales.

Posicionamiento absoluto. Procedimiento para determinar coordenadas absolutas con respecto a un marco de referencia bien definido, el cual generalmente es geocéntrico.

R

Raíz cuadrada del error medio cuadrático (RMS). Cantidad que mide la desviación de una variable aleatoria de algún valor estándar; su valor se determina por medio de:

$$\text{rms} = \sqrt{\frac{\sum(X_n - \bar{X})^2}{N}}$$

Red Geodésica Nacional. La compuesta por estaciones geodésicas horizontales, verticales y gravimétricas distribuidas de forma homogénea en el territorio nacional.

Red Geodésica Nacional Activa. Conjunto de estaciones geodésicas receptoras del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) distribuidas en los Estados Unidos Mexicanos, las cuales son de operación continua y permiten propagar el Marco de Referencia Geodésico Horizontal apoyando a los usuarios en sus levantamientos geodésicos, y constituyendo la base para el desarrollo de la Red Geodésica Nacional Pasiva (RGNP).

Red Geodésica Vertical. Conjunto de puntos (bancos de nivel) situados sobre el terreno, dentro del ámbito del territorio nacional, establecidos físicamente mediante monumentos o marcas físicas más o menos permanentes, sobre los cuales se han hecho medidas directas y de apoyo de parámetros físicos, que permiten su interconexión y la determinación de su altura con respecto al nivel medio del mar.

Retraso ionosférico. Retraso en la propagación de ondas electromagnéticas a su paso por la ionosfera, debido a la cantidad de electrones en dicha capa.

Red Gravimétrica. Compuesta por un conjunto de estaciones donde se han realizado observaciones gravimétricas distribuidas homogéneamente, y a través de las cuales se determina el comportamiento de la fuerza de gravedad dentro del territorio nacional. En nuestro país, se ha desarrollado esta técnica a partir de una red confiable de bases gravimétricas ligadas a la International Gravity Standardization Net 1971, (IGSN 71), la cual provee los valores absolutos de gravedad a nivel mundial.

Rinex. Formato de intercambio entre receptores independiente de las observaciones GNSS, aceptado internacionalmente, el cual provee datos de pseudorangos, fase portadora y observaciones Doppler, así como el tiempo. Existen tres tipos de archivos: uno para los datos de observación, el segundo para los datos de navegación y el tercero para los datos meteorológicos.

S

Salto de ciclo. Una discontinuidad en la observable de fase portadora, usualmente un número entero de ciclos, causado por la pérdida temporal de la señal, debido por ejemplo a obstrucciones.

Sistema de Posicionamiento Global. Sistema de Posicionamiento basado en la transmisión de señales desde el conjunto de los satélites de la constelación GPS, los cuales se encuentran aproximadamente a 20 200 kilómetros sobre la superficie de la Tierra, en seis planos orbitales, y que son monitoreados por estaciones de rastreo permanente alrededor del mundo, con el objetivo de determinar las órbitas de los satélites y el estado de sus relojes, para predecir las órbitas futuras.

V

Ventana o máscara de observación. Ángulo mínimo de observación sobre el horizonte a partir del cual se empezará a registrar la señal de los satélites.

Anexo

A. Medición de la altura de la antena en estaciones RGNA

La medición de la altura de la antena en estaciones de operación permanente en la RGNA se realizará tomando la distancia vertical desde la placa o punto hasta la base de la antena, conforme a lo siguiente:



1. Se mide la distancia vertical existente desde el plano de la placa al plano de la base de la antena en tres cuadrantes diferentes.
2. Se obtiene el promedio de las tres lecturas.

El valor así obtenido deberá proporcionarse a oficinas centrales para el cálculo de coordenadas y deberá registrarse en los archivos Rinex, al configurarse el receptor, ya que esta información es necesaria para el procesamiento geodésico del usuario.

Los programas de procesamiento geodésico recientes cuentan en su configuración con los modelos de antenas de los GNSS de las estaciones de la RGNA, y con estos modelos aplican un offset para cada observable y determinan la altura vertical desde la placa hasta el centro de fase de la antena conforme al modelo.

Si se desea obtener exactitud centimétrica, se recomienda al usuario contar con un programa geodésico con los modelos de antena actuales; para el caso de las estaciones de la RGNA, cada modelo está publicado en el portal institucional para su consulta.

Asimismo, la altura vertical desde la placa o punto a la base de cada antena de las estaciones de la RGNA, están publicados en el portal institucional.

Bibliografía

INEGI. *Especificaciones para el establecimiento de estaciones de la RGNA*. Aguascalientes, México, noviembre de 2015, 14 págs.

INEGI. *Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional*. Publicación del Diario Oficial de la Federación, 23 de diciembre de 2010.

INEGI. *Norma Técnica de Estándares de Exactitud Posicional*. Publicación del Diario Oficial de la Federación, 23 de diciembre de 2010.

International GNSS Service. *Current IGS Site Guidelines*. <http://kb.igs.org/hc/en-us/articles/202011433-Current-IGS-Site-Guidelines> August 25, 2016

Soler, Tom y Hernández, Antonio. Glosario GPS y términos afines. *Instituto Panamericano de Geografía e Historia*. (Número 74-75): 146-226, enero-diciembre 2002. Disponible en: <https://www.ngs.noaa.gov/CORS/Articles/Glosario-1R.pdf>

National Geodetic Survey. *Antenna Calibrations*. <https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> .June 2012.

INEGI. *La Nueva Red Geodésica Nacional Activa. Una visión hacia el futuro*. 1994, 30 p.

INEGI. *La Nueva Red Geodésica Nacional Activa. Tecnología de vanguardia*. 1994, 17 p.