

COMUNICACIÓN: CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES GEOMÁTICAS (CIAG) CARRERA DE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA

INFLUENCIA DE LA ADOPCIÓN DE UN NUEVO MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO NACIONAL EN EL CATASTRO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA PAZ

Huber Augusto Mamani Gutiérrez*

RESUMEN	SUMMARY	RESUMO
<p>La norma técnica de densificación de la red geodésica del Gobierno Municipal de La Paz tiene como Datum al WGS 84 y elipsoide WGS84, que deberá adaptarse al nuevo sistema de referencia geodésico en sus tres componentes utilizando el elipsoide GRS80.</p> <p>En consecuencia, la investigación efectuada, buscó responder si: ¿La adopción de un nuevo marco de referencia geodésico nacional influye en los resultados actuales y futuros del catastro urbano del municipio de La Paz en relación a posibles modificaciones en las coordenadas de su Red Geodésica?</p> <p>Estableciendo como resultado preliminar de la investigación, que la adopción de un nuevo marco de referencia geodésico nacional que incluye la utilización de los parámetros del elipsoide GRS80, sí, generará variación de coordenadas respecto a las determinadas aplicando el elipsoide WGS84, afectando en las precisiones buscadas y reglamentadas por el municipio de La Paz, considerando que las variaciones oscilan entre 3 a 650 mm.</p> <p>PALABRAS CLAVE: Sistema Geodésico de Referencia, proceso y ajuste de datos GPS, elipsoide de referencia.</p>	<p>The technical standard of densification of the geodesic network of the Gobierno Municipal de La Paz has as Datum the WGS 84 and ellipsoid WGS -84, which must be adapted to the new geodetic reference system in its three components using the GRS80 ellipsoid.</p> <p>Consequently, the research carried out, sought to answer whether the adoption of a new national geodetic reference framework influences the current and future results of the urban cadastre of the municipality of La Paz in terms of possible modifications of the coordinates of its Geodetic Network?</p> <p>Establishing as a result of the preliminar research, that the adoption of a new national geodetic reference framework that includes the use of the GRS80 ellipsoid parameters, if it will generate coordinate variation with respect to the determined ones considering the WGS84 ellipsoid, would therefore affect the Precisions sought and regulated by the municipality of La Paz, considering that the variations oscillate between 3 up to 650mm.</p> <p>KEYWORDS: Geodetic Reference System, GPS data processing and adjustment, reference ellipsoid.</p>	<p>A norma técnica da densificação da rede geodésica do Gobierno Municipal de La Paz tem o Datum WGS 84 e elipsóide WGS84, que deve se adaptar ao novo sistema geodésico de referência em seus três componentes usando o elipsóide GRS80.</p> <p>Consequentemente, a investigação realizada, procurou responder se ¿Será que a adoção de um novo influências quadro nacional de referência geodésico atuais e futuros resultados do cadastro urbano do município de La Paz sobre possíveis modificações para as coordenadas da rede geodésica?</p> <p>Estabelecido como um resultado da investigação, que a adoção de um novo quadro de referência geodésico nacional que inclui o uso dos parâmetros da GRS80 elipsóide se gerar mudanças em coordenadas com respeito a determinados considerando o elipsóide WGS84, portanto, efeito sobre Precisoões procuradas e reguladas pelo município de La Paz, considerando que as variações oscilam entre 3 e 650mm.</p> <p>PALAVRAS-CHAVE: Sistema de referência geodésica, processamento e ajuste de dados GPS, elipsóide de referencia.</p>
<p>History of the article: Received 30/06/2017. Style review 09/07/2017. Accepted 20/07/2017.</p>		

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

En relación con el catastro¹, una de sus representaciones corresponde al catastro geométrico que se encarga de la medición, subdivisión, representación y ubicación del predio (geometría predial), información geográfica de un territorio, que actualmente se obtiene a través de un Sistema de Referencia Geodésico² SRG. Mundialmente se ha establecido el uso de dos sistemas de referencia:

- **ITRS** Sistema Internacional de Referencia Terrestre (Geocéntrico global),
- **SIRGAS** Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas – SIRGAS, (de uso regional).

Sistemas impulsados por la Organización de Naciones Unidas ONU, para su apropiación y uso por los países miembros de esta organización. Al respecto³, El año 2015

se resolvió adoptar el Sistema de Referencia Geodésico (SIRG-EPB) en sus tres componentes:

- **Horizontal:** constituido por el Marco de Referencia Geodésico Nacional denominado MARGEN-SIRGAS referido al sistema de referencia **WGS84**.
- **Vertical:** constituido por el Marco de Referencia Vertical, materializado físicamente en el territorio nacional a través de marcas terrestres y bancos de nivel.
- **Gravimétrico:** constituido por la Red Gravimétrica Plurinacional (REGRAP) establecida en sus distintas categorías de precisión y materializada físicamente en el territorio nacional a través de marcas terrestres.

También se ha propuesto que todas las instituciones que manejen información geográfica, deberán adoptar gradualmente las normas y protocolos del SIRG-EPB y trabajar toda la nueva información en referencia con el elipsoide **GRS80**. Sin embargo, La norma técnica de densificación de la red geodésica del Gobierno Municipal de La Paz tiene como Datum⁴ al **WG S84** y elipsoide⁵ WGS84, que deberá adaptarse al nuevo sistema de referencia geodésico en sus tres componentes utilizando el elipsoide **GRS80**.

¹ Registro de utilidad tributaria sobre características: físicas (catastro geométrico), económicas (catastro económico) y legales (catastro legal) de bienes raíces, situados en una determinada jurisdicción territorial.

² Materialización sobre la superficie topográfica de un sistema de referencia geodésico (mapeo), que permite establecer, en el caso del catastro, la geometría del predio con la mayor precisión posible.

³ Resolución 009/2015 del Sistema Geodésico de Referencia del Estado Plurinacional de Bolivia SIRG-EPB, programa GeoBolivia, Vicepresidencia EPB, Comité Interinstitucional Infraestructura de Datos Espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia (IDE-EPB), grupo 6.

⁴ Conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre que sirven para medir una posición terrestre (coordenadas geográficas) a partir de un elipsoide de referencia o modelo que describe la forma de la Tierra.

⁵ Forma de tres dimensiones a partir de una elipse de dos dimensiones, eje mayor y un eje menor.

En consecuencia, la investigación efectuada, buscó responder la siguiente interrogante: ¿La adopción de un nuevo marco de referencia geodésico nacional influye en los resultados actuales y futuros del catastro urbano del municipio de La Paz en cuanto a posibles modificaciones de las coordenadas de su Red Geodésica?

Planteándose los siguientes objetivos:

Objetivo General: Determinar la influencia de un nuevo marco de referencia geodésico nacional para el catastro urbano del municipio de La Paz.

Objetivos Específicos:

1. Realizar la identificación de los puntos de la Red Geodésica del GAMLP⁶ a ser reobservados.
2. Realizar la reocupación (reobservación) de vértices geodésicos de la Red Geodésica del GAMLP utilizando equipos geodésicos.
3. Realizar el proceso y ajuste de datos GNSS⁷, utilizando los parámetros del Documento Base, aplicando los elipsoides WGS84 y GRS80.
4. Analizar los resultados de las posiciones geográficas de los vértices mensurados.

DESARROLLO

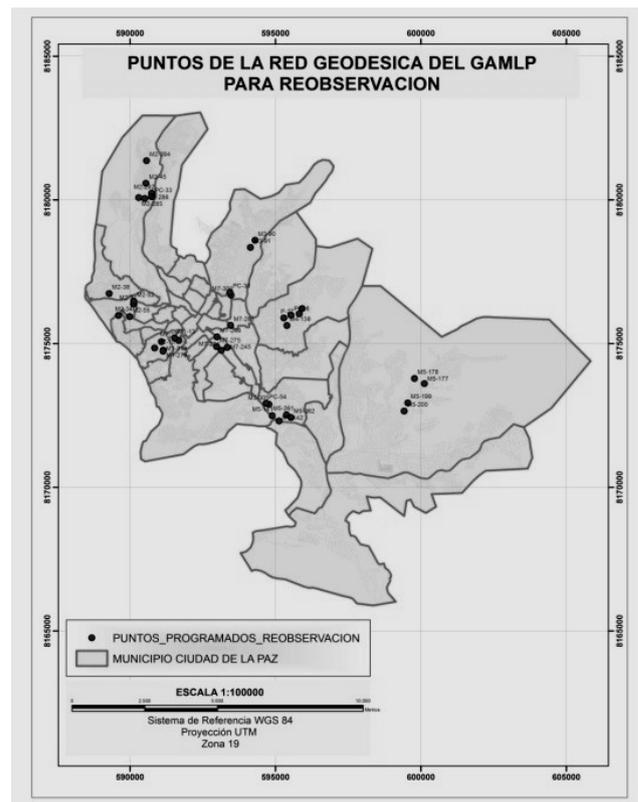
Materiales y equipos⁸

Delimitación del área de estudio e identificación de puntos a observar

En reuniones con el personal que participó en las campañas de densificación (Red Geodésica del GMLP 2005, 2012-2103), se identificaron los vértices geodésicos más adecuados para la investigación, considerando a la situación actual de esta Red, presenta vértices desplazados, deteriorados y/o removidos. En este sentido, se procedió a identificar puntos para cada macro distrito logrando determinar 30 puntos a ser reobservados y 11 puntos opcionales que permitan realizar la observación GNSS y el posterior análisis de resultados del proceso y ajuste de datos GPS (inicialmente procesados con el elipsoide WGS84 y luego con GRS80). La figura 1 muestra los puntos para reobservación en el municipio de La Paz.

Planificación del trabajo de campo

Con los 41 puntos determinados para la reobservación (30 definitivos y 11 opcionales), se realizó la programación para el trabajo de campo correspondiente al día miércoles 16 de noviembre de 2016. Se conformaron siete brigadas de campo a ser distribuidas en las siete áreas referentes a los Macro distritos elegidos anteriormente. Como estaciones base se determinó utilizar dos estaciones de la Red MARGEN – ROC (Red de Operación Continua); la estación CGPS EMIB (La Paz – Alto Irapavi) y la estación CGPS BLPZ (La Paz) más conocida como INGA, las mismas que corresponden al Marco de Referencia Geodésico Nacional MARGEN – SIRGAS.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Ubicación de puntos para reobservación

Observaciones de puntos de la Red Geodésica del GAMLP

El trabajo de campo correspondiente a las observaciones (reobservación), de los puntos seleccionados de la Red Geodésica del GAMLP, se realizó el día miércoles 16 de noviembre de 2016, de horas 07:00 a 18:30. Para las observaciones de la Red Geodésica del GAMLP, se usó equipos GNSS de Doble Frecuencia para líneas base hasta 80 km, aplicando para este procedimiento el método de medición GPS Diferencial en modo estático, de acuerdo a las siguientes condiciones: Cuatro sesiones conjuntas de tres receptores GPS (Dos Bases y un Rover), con tiempo de medición de una hora y treinta minutos (10:00 a 11:30, 12:00 a 13:30, 14:00 a 15:30 y 16:25 a 17:55).

Los parámetros básicos para la observación de datos GPS fueron: 1) Mínimo cinco satélites observados. 2) PDOP y GDOP \leq 4. 3) Intervalo para el grabado de datos 15 segundos. 4) Máscara de elevación 15 grados (ángulo de corte).

Las observaciones GPS, se registraron en planillas GPS por cada punto observado considerando: datos de proyecto, operador, fecha, nombre de la estación, día juliano, semana GPS, sesión, ubicación geográfica, datos de la antena y del receptor, características de la estación observada, diagrama de obstrucciones, croquis y la cronología de eventos. Dos fotografías: punto de observación identificado con el nombre, y el punto en una toma panorámica. Ver fotografías 1 y 2.



Crédito: H.A. Mamani G., 2016

Fotografía 1: Punto o estación de observación



Fotografía 2: Toma panorámica

⁶ Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

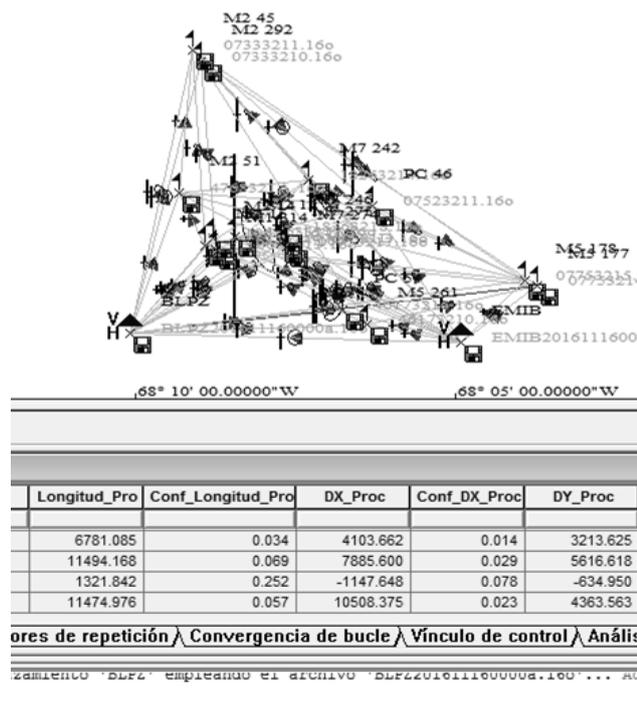
⁷ Centro de Procesamiento y Análisis GNSS. Instituto Geográfico Militar (CEPAG – Bolivia)

⁸ **Equipos de mensura:** 6 GPS de doble frecuencia, Marca Trimble R4 Modelo 3. 2 GPS de doble frecuencia, Marca Magellan. 12 Baterías secas Trimble. 2 Baterías secas Magellan. 8 Flexómetros. 7 Bases nivelantes. 4 Trípodes de madera. 3 Trípodes de aluminio. GPS navegadores. **Programas (Software):** GNSS Solutions 3.50.02 (Ashtech). Trimble Business Center 3.03 (Trimble Navigation Limited). RINEX Converter 4.2.5 (Spectra Trimble Navigation Limited). Convert To RINEX – TBC utility V. 2.2.1.0 (Trimble Navigation Limited). ArcGIS 10.0 – ArcMap (ESRI). **Información recopilada:** Red Geodésica Municipal de la Ciudad de La Paz 2005. Red Geodésica La Paz 2012 – 2013 (Fortalecimiento y actualización de la base catastral y geodésica del municipio). Documento Base sobre el Sistema Geodésico de Referencia del Estado Plurinacional de Bolivia.

Proceso y ajuste de datos GPS

Para realizar el proceso y ajuste de los datos GPS se procedió de la siguiente manera: Estructuración de todos los archivos de las observaciones realizadas:

- Día juliano 321-ajustes,
- Coordenadas geodésicas-UTM,
- Crudos-base-ROVER,
- RINEX-base-ROVER.
- Transformación de datos Crudos a datos RINEX, aplicando el programa RINEX Converter 4.2.5 para el caso de datos provenientes de los equipos GPS Magellan ProMark500 y el programa Convert To RINEX – TBC utility Versión 2.2.1.0 para datos de los GPS Trimble R4 Modelo 3. En este proceso de 27 puntos sesionados en cuatro sesiones conjuntas, diez presentaron dificultades y reducción del tiempo de sesión, por lo que no fueron considerados para el proceso de ajuste final.
- Para el proceso y ajuste de datos, se usó el programa GNSS Solutions, generando dos proyectos uno con la configuración de sistema de referencia WGS84 – Elipsoide WGS84 y el otro con elipsoide GRS80, obteniendo coordenadas geodésicas y UTM.
- Generación de los reportes de proceso y ajuste, para ambos proyectos WGS84 y GRS80, en coordenadas geodésicas como en UTM. Figura 3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Proceso y ajuste de datos en GNSS Solutions

Análisis de resultados: Se procedió a realizar la comparación de coordenadas proyectadas tanto con el elipsoide WGS84⁹ como con el GRS80¹⁰. Ver tabla 1.

⁹ Sistema de coordenadas que permite localizar cualquier punto de la Tierra por medio de tres unidades: semieje mayor a = 6378137,0 m; semieje menor b = 6356752,31424 m. Achatamiento f: 1/298,257223563.

¹⁰ Coordenadas geográficas: Latitud, Longitud y Altura, referidas al elipsoide GRS80 tiene de eje semi mayor a = 6378137,0 m, f = achatamiento 1/298,257222101. El sistema de referencia GRS80 fue originalmente usado por el Sistema Geodésico Internacional 1984 (WGS84). El elipsoide de referencia de WGS84, actualmente difiere ligeramente debido a sus refinamientos posteriores.

Tabla 1
Comparativo de coordenadas WGS84 – GRS80

Punto	Este	Norte	Altura elipsoide
M2 51			
WGS84	590125,469	8176372,856	3853,280
GRS 80	590125,423	8176372,866	3852,974
Diferencia	0,046	-0,010	0,306
M7 275			
WGS84	592980,406	8174893,723	3602,262
GRS80	592980,424	8174893,758	3602,053
Diferencia	-0,018	-0,035	0,209
M2 292			
WGS84	590750,722	8180227,857	3958,232
GRS80	590751,270	8180227,776	3957,503
Diferencia	-0,548	0,081	0,729
M2 45			
WGS84	590551,478	8180578,410	4053,062
GRS80	590551,430	8180578,441	4052,347
Diferencia	0,048	-0,031	0,715
PC 46			
WGS84	595532,732	8175989,274	3890,864
GRS80	595532,075	8175989,001	3890,622
Diferencia	0,657	0,273	0,242
M5 177			
WGS84	600124,572	8173606,741	3540,926
GRS80	600124,699	8173606,867	3540,779
Diferencia	-0,127	-0,126	0,147
M5 178			
WGS84	599783,428	8173784,904	3530,330
GRS80	599783,385	8173784,854	3530,127
Diferencia	0,043	0,050	0,203
M7 274			
WGS84	593140,991	8174762,215	3589,921
GRS80	593140,972	8174762,234	3589,714
Diferencia	0,019	-0,019	0,207
M1 314			
WGS84	591140,700	8174734,641	3853,687
GRS80	591140,756	8174734,627	3853,482
Diferencia	-0,056	0,014	0,205
M2 15			
WGS84	590839,290	8174850,017	3864,299
GRS80	590839,273	8174850,031	3864,111
Diferencia	0,017	-0,014	0,188
M2 14			
WGS84	591085,865	8175062,325	3808,189
GRS80	591085,850	8175062,340	3807,972
Diferencia	0,015	-0,015	0,217
M2 12			
WGS84	591676,715	8175101,531	3713,064
GRS80	591676,690	8175101,508	3712,869
Diferencia	0,025	0,023	0,195
M7 242			
WGS84	593765,136	8176749,697	3694,944
GRS80	593765,500	8176749,830	3694,260
Diferencia	-0,364	-0,133	0,684
M7 246			
WGS84	592996,341	8175228,774	3584,234
GRS80	592996,338	8175228,797	3584,041
Diferencia	0,003	-0,023	0,193
M5 261			
WGS84	595382,074	8172516,902	3360,957
GRS80	595382,017	8172516,890	3360,986
Diferencia	0,057	0,012	-0,029
PC 54			
WGS84	594680,561	8172920,725	3394,425
GRS80	594680,542	8172920,719	3394,271
Diferencia	0,019	0,006	0,154
EMIB			
WGS84	597989,396	8171967,669	3411,337
GRS80	597989,396	8171967,669	3411,337
Diferencia	0,000	0,000	0,000
BLPZ			
WGS84	588751,180	8172270,659	4090,652
GRS80	588751,180	8172270,659	4090,652
Diferencia	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2
Comparación de coordenadas entre WGS84 y GRS80 en relación a otras estaciones

Punto	Este	Norte	Altura elipsoide
M2 51			
WGS84	590125,626	8176372,933	3855,637
GRS80	590125,613	8176372,942	3855,612
Diferencia	0,013	-0,009	0,025
M7 275			
WGS84	592980,908	8174893,883	3603,665
GRS80	592980,634	8174893,87	3603,416
Diferencia	0,274	0,013	0,249
M2 292			
WGS84	590751,015	8180227,901	3961,585
GRS80	590751,006	8180227,896	3961,582
Diferencia	0,009	0,005	0,003
M2 45			
WGS84	590551,914	8180578,439	4056,652
GRS80	590551,834	8180578,413	4056,616
Diferencia	0,080	0,026	0,036
PC 46			
WGS84	595532,897	8175989,198	3891,557
GRS80	595532,892	8175989,202	3891,492
Diferencia	0,005	-0,004	0,065
M5 177			
WGS84	600124,608	8173606,628	3539,454
GRS80	600124,608	8173606,627	3539,454
Diferencia	0,000	0,001	0,000
M5 178			
WGS84	599783,461	8173784,804	3529,049
GRS80	599783,458	8173784,811	3529,051
Diferencia	0,003	-0,007	-0,002
M7 274			
WGS84	593141,126	8174762,359	3590,956
GRS80	593141,111	8174762,311	3590,965
Diferencia	0,015	0,048	-0,009
M1 314			
WGS84	591140,816	8174734,685	3855,199
GRS80	591140,814	8174734,678	3855,193
Diferencia	0,002	0,007	0,006
M2 15			
WGS84	590839,408	8174850,066	3865,956
GRS80	590839,402	8174850,067	3865,951
Diferencia	0,006	-0,001	0,005
M2 14			
WGS84	591085,975	8175062,385	3809,857
GRS80	591085,973	8175062,382	3809,852
Diferencia	0,002	0,003	0,005
M2 12			
WGS84	591676,769	8175101,600	3714,481
GRS80	591676,832	8175101,594	3714,613
Diferencia	-0,063	0,006	-0,132
M7 242			
WGS84	593765,249	8176749,732	3696,369
GRS80	593765,252	8176749,734	3696,405
Diferencia	-0,003	-0,002	-0,036
M7 246			
WGS84	592996,305	8175228,861	3585,256
GRS80	592996,487	8175228,895	3585,521
Diferencia	-0,182	-0,034	-0,265
M5 261			
WGS84	595382,000	8172516,971	3360,520
GRS80	595382,001	8172516,962	3360,511
Diferencia	-0,001	0,009	0,009
PC 54			
WGS84	594680,308	8172920,743	3394,083
GRS80	594680,298	8172920,743	3394,042
Diferencia	0,010	0,000	0,041
GE01			
WGS84	601396,342	8174643,110	3690,528
GRS80	601396,342	8174643,11	3690,528
Diferencia	0,000	0,000	0,000
LP4Z			
WGS84	593782,447	8175535,848	3642,144
GRS80	593782,447	8175535,848	3642,144
Diferencia	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las coordenadas Norte, la variación va de 0,006 m (6 milímetros) hasta 0,273 m (27 centímetros), sin embargo, similar que en las coordenadas Este, se observa que la mayoría de los valores se encuentran concentrados entre los rangos de 0 a 20 centímetros. Para el caso de la diferencia de alturas elipsoidales, se mantiene el patrón de diferencias de las coordenadas Este y Norte, teniendo variaciones que van desde 0,029 m (29 milímetros) hasta 0,729 m (72 centímetros), concentrando la mayoría de diferencias en rangos de 0 a 30 centímetros. Similar que en las coordenadas Este, se observa que la mayoría de los valores se encuentran concentrados entre los rangos de 0 a 20 centímetros. Para el caso de la diferencia de alturas elipsoidales, se mantiene el patrón de diferencias de las coordenadas Este y Norte, teniendo variaciones que van desde 0,029 m (29 milímetros) hasta 0,729 m (72 centímetros), concentrando la mayoría de diferencias en rangos de 0 a 30 centímetros.

Por lo indicado anteriormente, se observa que las variaciones de coordenadas entre WGS84 y GRS80 guardan un patrón aproximado de diferencias, dando a entender que generan "desplazamientos" de coordenada en un solo sentido. Para un mejor análisis, se procedió a graficar las coordenadas tanto en WGS84 como en GRS80, en ArcGIS. Del análisis visual de la posición de los puntos que se encuentran referidos al elipsoide GRS80, se observa que la mayoría tiende a tener un "desplazamiento" hacia las partes superiores izquierdas respecto a sus respectivas coordenadas pero referidas al WGS84, con desplazamientos de distancias que van de 0,021 a 0,711 metros.

Para un mejor análisis, se procesaron y ajustaron los datos GPS de los puntos reobservados (Red Geodésica del GAMLP), considerando como estaciones Base a los puntos: CORS GEO 1 (estación continua) de la empresa GEO Soluciones y LP4Z (estación continua) de la empresa GEOSYSTEMS, quienes proporcionaron la información una vez realizadas las gestiones ante sus representantes, obteniendo las siguientes diferencias en coordenadas referidas al WGS84 y GRS80. Observándose que las diferencias entre estas coordenadas se asemejan a las determinadas en el anterior proceso con las estaciones continuas del Instituto Geográfico Militar (IGM). Ver tabla 2.

Verificación coordenadas Red Geodésica del GAMLP

Contando con los datos de las coordenadas de la Red Geodésica del GAMLP, se procedió a realizar una comparación de coordenadas obtenidas considerando al elipsoide WGS84, resultando tener grandes diferencias en especial en el punto M2 15. Ver tabla 3.

Tabla 3
Comparativo de coordenadas GAMLP-Investigación CIAG

Punto	Este	Norte	Altura elipsoide
M2 51			
GAMLP	590125,582	8176372,935	3854,746
CIAG	590125,469	8176372,856	3853,280
Diferencia	0,113	0,079	1,466
M7 275			
GAMLP	592980,673	8174893,865	3603,394
CIAG	592980,406	8174893,723	3602,262
Diferencia	0,267	0,142	1,132
M2 292			
GAMLP	590750,945	8180227,895	3960,867
CIAG	590750,722	8180227,857	3958,232
Diferencia	0,223	0,038	2,635
M2 45			
GAMLP	590551,733	8180578,387	4055,767
CIAG	590551,478	8180578,410	4053,062
Diferencia	0,255	-0,023	2,705
PC 46			
GAMLP	595532,851	8175989,211	3892,172
CIAG	595532,732	8175989,274	3890,864
Diferencia	0,119	-0,063	1,308

Fuente: Elaboración propia

Continúa en la siguiente página

Punto	Este	Norte	Altura elipsoide
M5 177			
GAML P	600124,627	8173606,627	3541,452
CIAG	600124,572	8173606,741	3540,926
Diferencia	0,055	-0,114	0,526
M5 178			
GAML P	599783,483	8173784,835	3530,960
CIAG	599783,428	8173784,904	3530,330
Diferencia	0,055	-0,069	0,630
M7 274			
GAML P	593141,146	8174762,307	3590,999
CIAG	593140,991	8174762,215	3589,921
Diferencia	0,155	0,092	1,078
M1 314			
GAML P	591140,766	8174734,687	3854,679
CIAG	591140,700	8174734,641	3853,687
Diferencia	0,066	0,046	0,992
M2 15			
GAML P	590852,140	8174843,477	3864,649
CIAG	590839,290	8174850,017	3864,299
Diferencia	12,850	-6,540	0,350
M2 14			
GAML P	591085,955	8175062,376	3809,294
CIAG	591085,865	8175062,325	3808,189
Diferencia	0,090	0,051	1,105
M2 12			
GAML P	591677,712	8175101,936	3714,096
CIAG	591676,715	8175101,531	3713,064
Diferencia	0,997	0,405	1,032
M7 242			
GAML P	593765,261	8176749,743	3696,479
CIAG	593765,136	8176749,697	3694,944
Diferencia	0,125	0,046	1,535
M7 246			
GAML P	592996,518	8175228,890	3585,513
CIAG	592996,341	8175228,774	3584,234
Diferencia	0,177	0,116	1,279
M5 261			
GAML P	595382,089	8172516,982	3361,224
CIAG	595382,074	8172516,902	3360,957
Diferencia	0,015	0,080	0,267
PC 54			
GAML P	594680,381	8172920,744	3394,533
CIAG	594680,561	8172920,725	3394,425
Diferencia	-0,180	0,019	0,108
	MÁXIMO		
Diferencia	12,850	6,540	2,705
	MÍNIMO		
Diferencia	0,015	0,019	0,108

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

De los 27 puntos correspondientes a la Red Geodésica del GAML P (reobservación), 17 fueron utilizados para realizar el proceso y ajuste de datos GPS, debido a problemas en el momento de su transformación a datos RINEX. El proceso y ajuste de datos GPS en referencia a los elipsoides WGS84 y GRS80 aplicó información de las estaciones continuas del Instituto Geográfico Militar (EMIB y BLPZ), de empresas distribuidoras de equipos como GEOSoluciones y Geosystems, además de los datos extra oficiales proporcionados por las estaciones continuas GEO1 y LPAZ. De la comparación de coordenadas se evidencia que existe variación entre aquellas determinadas con el elipsoide WGS84 y con el GRS80, las cuales oscilan entre 3 mm y 650 mm aproximadamente, además representando los puntos en el sistema coordinado ArcGIS, se logró verificar que la mayoría de los puntos determinados con GRS 80, tienden a desplazarse hacia la parte superior izquierda respecto a la coordenada determinada en WG S84, constituyéndose en un patrón a considerar.

Respecto a las coordenadas de la actual Red Geodésica del GAML P, existen diferencias de valores, respecto a las coordenadas determinadas en dos procesos referidos a diferentes estaciones bases utilizadas.

Finalmente respondiendo a la pregunta de investigación, se puede establecer que: La adopción de un nuevo marco de referencia geodésico nacional que incluye la utilización de los parámetros del elipsoide **GRS80**, si generará variación de coordenadas respecto a las determinadas considerando al elipsoide **WGS84**, por lo tanto, afectaría en las precisiones buscadas y reglamentadas por el municipio de La Paz, considerando que las variaciones oscilan entre 3 mm hasta 650 mm. Sin embargo habrá que considerar que estas variaciones pueden ser efecto de las limitaciones en cuanto a precisión de los equipos y software utilizados.

RECOMENDACIONES

- Para tener certeza de las coordenadas y la situación de los puntos de la Red Geodésica del GAML P, es importante la participación de funcionarios encargados del mantenimiento de la Red que proporcionen información oficial.
- En el caso del proceso y ajuste de datos GPS, se podría utilizar otros programas que permita un mejor análisis comparativo, pese a que algunos de estos programas requieren de llaves físicas para su uso.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004, Adopción del marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como Datum oficial de Colombia, Bogotá, DC. Colombia,

PDVSA, 2008, Estado de la implementación del Datum SIRGAS-REGVEN en las actividades de la industria petrolera, Montevideo - Venezuela,

Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia, 2014, Informe Técnico N° 2, Resolución 002/2014 - Sistema Geodésico de Referencia Nacional, La Paz - Bolivia,

Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia, 2015, Resolución 009/2016 Grupo de Trabajo N° 6 Marco Geodésico de Referencia Nacional, La Paz - Bolivia,

ONU - Consejo Económico y Social, 2011, Resoluciones E/2011/L.53, Ginebra - Suiza,

ONU - Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la información geoespacial, 2013, Informe sobre el 3^{er} período de sesiones (24 a 26 /07/2013), Consejo Económico y Social, Nueva York - USA,

Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, Dirección de Información Territorial, 2006, Norma técnica de densificación de la Red Geodésica del GMLP, La Paz - Bolivia,

Instituto Nacional de Reforma Agraria, 2008, Normas técnicas para el saneamiento de la propiedad agraria, conformación del catastro y registro predial, La Paz - Bolivia,

Asín, F.M., 1983, Geodesia y Cartografía matemática, Editorial Paraninfo S.A., Madrid - España,

Instituto Geográfico Nacional y Ministerio de Fomento de España, 2011, Apuntes curso avanzado de posicionamiento por satélite, Madrid - España,

Zakatov, P. S., 1981, Curso de Geodesia superior, Ediciones MIR, Moscú,

Furones, A. M., 2011, Sistema y marco de referencia terrestre, sistemas de coordenadas, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.

(*), Licenciado en Topografía y Geodesia, MSc. en Ciencias Geomáticas aplicadas a la gestión territorial, recursos naturales y medio ambiente, Docente Investigador CIAG, Carrera de Topografía y Geodesia, Facultad de Tecnología - UMSA.