Evaluación de la calidad altimétrica de los modelos SRTM3 y ASTER GDEM División Oriente de Venezuela con gvSIG.

Steven Márquez[(1)], Hermógenes Suárez[(2)], David Martínez Morata [(1)].

Gcia. Operaciones Corporativas de Geodesia. PDVSA Exploración [(1)].
Geodesia y Sensores Remotos. PDVSA Servicios [(2)].
Puerto la Cruz, Venezuela. Telf.: +58-281-2604189.
E-mail: suarezhh@pdvsa.com, stevmarq@gmail.com, davidmartinesmorata@thinkinggis.com.

Resumen

La evaluación de la calidad altimétrica de los modelos ASTER GDEM y el SRTM3 a través de la aplicación de herramientas de análisis 3D de Sistemas de Información Geográfica desarrolladas bajo Open Source (gvSIG), es el principal objetivo de este estudio, con el fin de cuantificar el error asociado a cada uno de estos MDT y establecer cuál de ambos modelos es el más apropiado en las aplicaciones de la industria petrolera. La zona de evaluación fue la División Oriente, que comprende parte de los Estados Anzoátegui y Monagas. Evaluar la calidad altimétrica del ASTER-GDEM y del SRTM3, mediante la aplicación de una metodología basada en el análisis estadístico de residuales altimétricos calculados a partir de los MDT y las diferentes fuentes de datos de referencia (Redes geodésicas, Pozos, Sísmica). Los resultados indican que el modelo ASTER-GDEM reporta errores mayores que el modelo SRTM3, a pesar de que el primero sea de mayor resolución espacial.

Palabras-claves: MDT, SRTM3, ASTER-GDEM, Residuales altimétricos.

1. Objetivo

Evaluar la calidad altimétrica del ASTER-GDEM y del SRTM3, mediante la aplicación de una metodología basada en el análisis estadístico de residuales altimétricos calculados a partir de los MDT y las diferentes fuentes de datos de referencia (Redes geodésicas, Pozos, Sísmica), a través de la aplicación de herramientas de análisis 3D de Sistemas de Información Geográfica desarrolladas bajo Open Source (gvSIG).

2. Metodología

La metodología empleada para la evaluación de ambos modelos (ASTER GDEM y SRTM3) a través de datos altimétricos fue la siguiente (*Suárez H. et al., 2009*):

- Recolección de datos (MDT's, redes, pozos y sísmica). La industria petrolera PDVSA posee una gran gama de datos Geodésicos, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a su calidad altimétrica para el área de estudio.

- Adecuación de datos. Debido a las diferentes estructuras de los datos de la fuente se procedió a darles una estructura única para el estudio.

- Cálculo de residuales altimétricos en cada MDT, para cada sets de datos. Para cada modelo se superpuso la capa de datos correspondientes y se calcularon las diferencias de altura entre el modelo y cada punto.

- Análisis estadístico para cada grupo de residuales altimétricos. Se calcularon los siguientes parámetros

estadísticos: Máximo, Mínimo, Media, Desviación estándar y RMS y sus Histogramas.

- Análisis, evaluación e interpretación de resultados obtenidos. A partir de las estadísticas e Histogramas se realizó el análisis de los resultados.

- Conclusiones y recomendaciones.

3. Descripción de datos

Para el estudio se contó con el modelo ASTER GDEM (modelo producido a partir de datos estereoscópicos, desde la época de 1999 y publicado en el 2009) (ERSDAC, 2009) y el SRTM3 (3” ≈ 90m) el cual fue obtenido mediante la técnica InSAR *(JPL, 2009)*.

Para ambos modelos se extrajo una celda de $2^{o}_{N\text{-}S}$ x $1{,}5^{o}_{O\text{-}E}$ correspondiente a la División Oriente, comprendiendo parte de los estados Anzoátegui y Monagas (-65º a -63º λ y 10º a 8.5º φ, coordenadas geodésicas, WGS84) ya que la misma cuenta con datos altimétricos de mayor exactitud que permiten la evaluación de los DTM y es una zona de interés para PDVSA (figura 1).

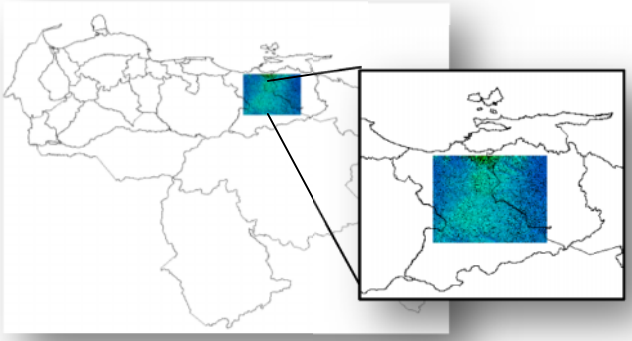

Figura 1: Situación relativa nacional y regional del área de estudio.

Se recopiló un conjunto de datos geodésicos con información altimétrica proveniente de sísmica, pozos y redes geodésicas. Para el estudio se contó con 231 vértices GPS REGVEN. 16270 puntos GPS provenientes de pozos circunscritos en el área de evaluación con una calidad altimétrica <50cm. Además, 1.196.670 puntos con una calidad altimétrica <1m de error, que fueron extraídos de 49 proyectos sísmicos 2D y 3D en el área de evaluación (figura 2, 3 y 4).

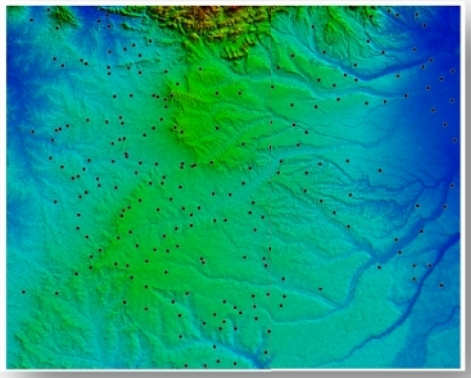

Figura 2: Ubicación de los vértices REGVEN y de nivelación en el área de evaluación.

Figura 3: Ubicación de los pozos en el área de evaluación.

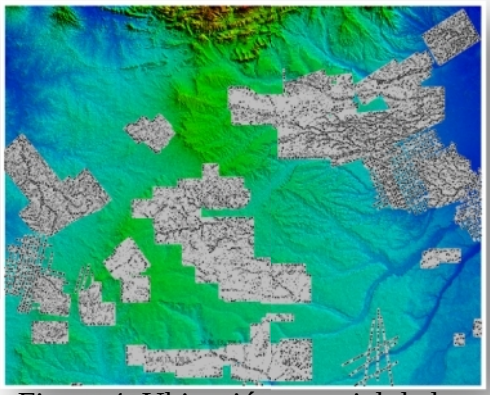

Figura 4: Ubicación espacial de los proyectos sísmicos en el área de evaluación.

A continuación una tabla descriptiva de los datos utilizados, cantidad de puntos, calidad

de los datos, espaciamiento promedio entre puntos y su densidad por área.

Fuente	*Cant.*	*RMS*	*Esp (Km)*	*Dens (Km2)*
Redes	231	<20cm	6,021	1,20
Pozos	16.270	<50cm	0,455	84,74
Sísmica	1.196.670	<1m	0,042	6232,66

Tabla 1: Descripción de los datos altimétricos utilizados.

Se puede observar que los datos sísmicos poseen una mayor densidad en la zona (6.232 puntos por cada Km^2) con un espaciamiento promedio entre estaciones de 42m, mientras que las redes geodésicas poseen la menor densidad (1 puntos por Km^2) y su espaciamiento promedio entre estaciones es de 6Km pero su calidad altimétrica es mayor.

4. *Cálculos y resultados*

Se calcularon residuales altimétricos para cada uno de los sets de datos (redes, pozos, sísmica) a partir de ambos modelos (GDEM y SRTM3) a través del modulo *Sextante: herramientas para capas de puntos* (Muestrear capas raster) y *herramientas para capas vectoriales genéricas* (calculadora de campo) (ver figura 5 y 6). Los residuales altimétricos se calcularon bajo la siguiente ecuación:

$$\Delta = H_Datos - H_modelo \qquad (1)$$

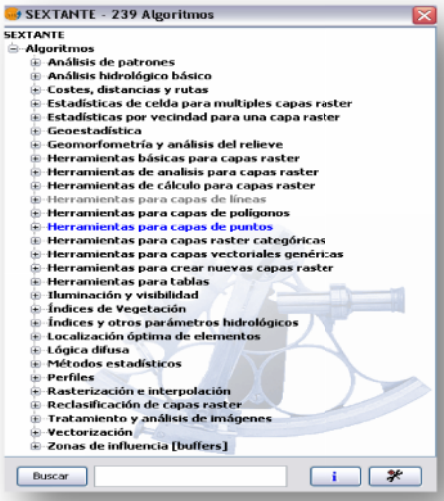

Figura 5: Modulo *Sextante*.

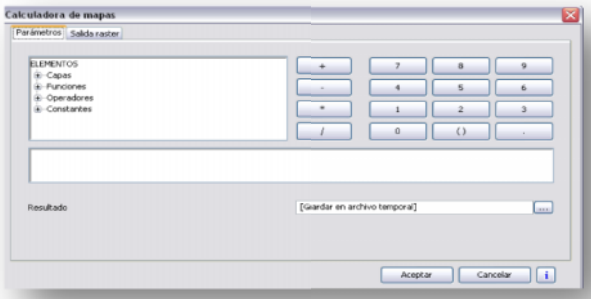

Figura 6: Calculadora de campos.

Se calcularon estadísticas e histogramas de frecuencia para cada grupo de residuales altimétricos, con las *herramientas para tablas* y *herramientas para capas vectoriales genéricas* del modulo *Sextante.*

Resultados GDEM Vs Redes

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
39,83	-32,54	4,49	9,73	10,72	231

Tabla 2: Estadística de residuales altimétricos GDEM Vs Redes.

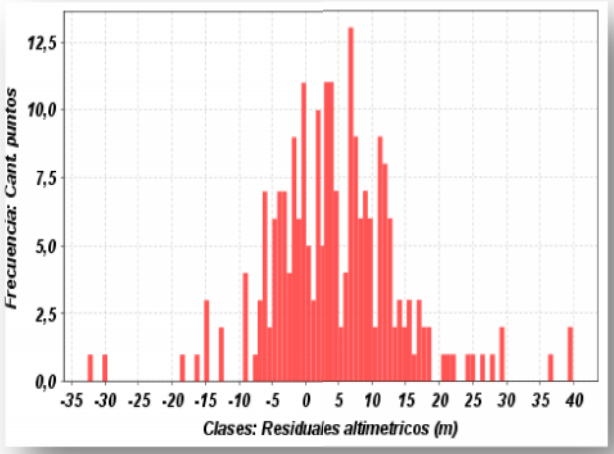

Figura 7: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo GDEM Vs Redes.

- El 95% está en un rango de -15m a 25m

Resultados SRTM3 Vs Redes

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
9	-8,08	-3,37	2,47	4,18	231

Tabla 3: Estadística de residuales altimétricos SRTM3 Vs Redes.

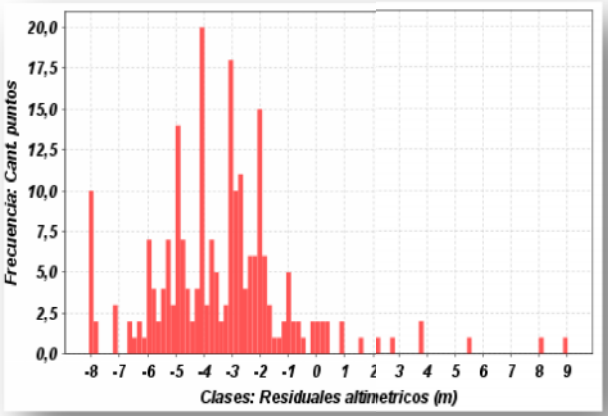

Figura 8: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo SRTM3 Vs Redes.

- El 95% está en un rango de -8m a 1m

Resultados GDEM Vs Pozos

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
152,11	-134,20	2,54	11,45	11,73	16.270

Tabla 4: Estadística de residuales altimétricos GDEM Vs Pozos.

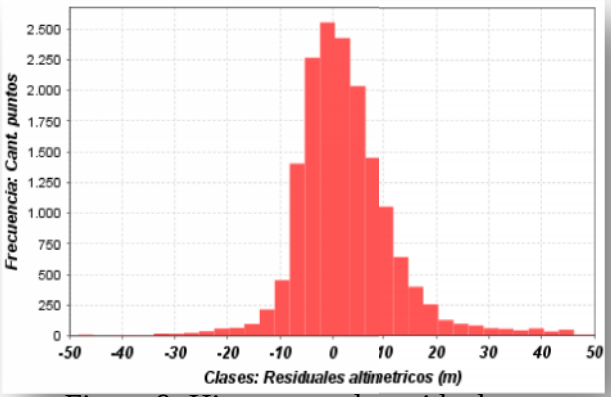

Figura 9: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo GDEM Vs Pozos.

- Se observa una distribución normal
- El 95% está en un rango de -21m a 22m

Resultados SRTM3 Vs Pozos

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
6,58	-6,57	-1,78	3,09	3,63	16.270

Tabla 5: Estadística de residuales altimétricos SRTM3 Vs Pozos.

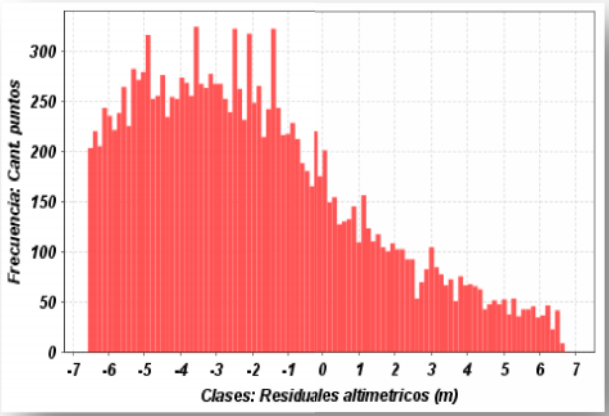

Figura 10: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo SRTM3 Vs Pozos.

- El 95% está en un rango de -6m a 2m

Resultados GDEM Vs Sísmica

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
229,10	-263,6	1,84	13,47	13,59	1.196.670

Tabla 6: Estadística de residuales altimétricos GDEM Vs Sísmica.

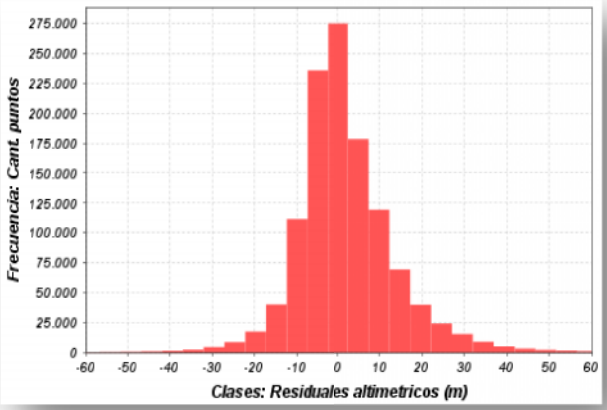

Figura 11: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo GDEM Vs Sísmica.

- Se observa una distribución normal
- El 95% está en un rango de -31m a 31m

Resultados SRTM3 Vs Sísmica

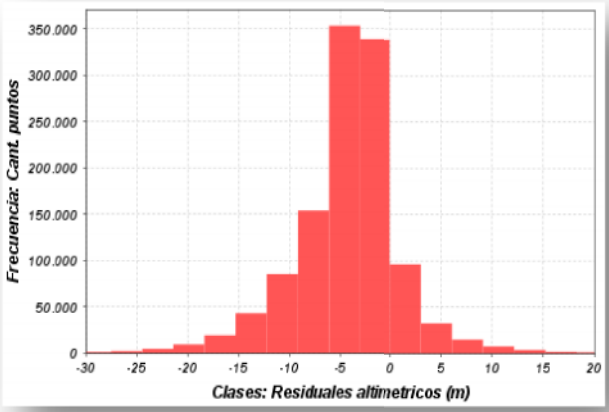

Figura 12: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo SRTM3 Vs Sísmica.

- Se observa una distribución normal
- El 95% está en un rango de -16m a 12m

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
94,53	-210,57	-4,14	5,53	6,96	1.196.670

Tabla 7: Estadística de residuales altimétricos SRTM3 Vs Sísmica.

Resultados GDEM Vs SRTM3

MAX	MIN	X (m)	σ (m)	RMS (m)	CANT. PTOS
390	-272	-6,63	13,07	14,66	116.640.000

Tabla 8: Estadística de residuales altimétricos SRTM3 Vs GDEM.

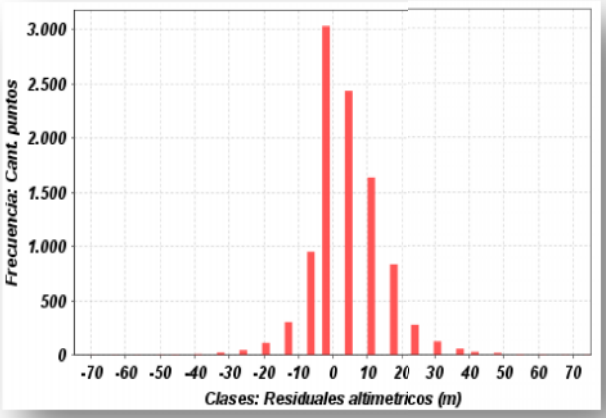

Figura 13: Histograma de residuales altimétricos entre el modelo SRTM3 Vs GDEM.

En la tabla 9, se pueden observar las estadísticas generadas de las diferentes pruebas, los cuales nos permiten comparar la calidad relativa que existen en los modelos.

En esta tabla se muestra la media (**X**), desviación estándar (**σ**), RMS y el Ratio calculado a partir del cociente de los RMS reportados para cada set de datos (2).

$$\textit{Ratio} = RMS_{GDEM} / RMS_{SRTM} \qquad (2)$$

Fuente	*Modelo*	X (m)	σ (m)	*RMS (m)*	*Ratio*	*Cant. Puntos*
Redes Oriente	**GDEM 30m**	4,49	±9,73	±10,72		231
	SRTM3 30m	-3,37	±2,47	±4,18	2,56	231
Pozos Oriente	**GDEM 30m**	2,54	±11,45	±11,73		16.270
	SRTM3 30m	-1,78	±3,09	±3,63	3,24	16.270
Sísmica Oriente	**GDEM 30m**	1,85	±13,47	±13,60		1.196.670
	SRTM3 30m	-4,15	±5,53	±6,96	1,97	1.196.670
Alg. de raster	**GDEM 30m – SRTM 30m**	-6,63	±13,07	±14,66		116.640.000

Tabla 9: Estadística de residuales altimétricos para cada modelo.

5. Analisis

GDEM y SRTM3 Vs Redes geodésicas

- El RMS del GDEM es ±10m mientras que el del SRTM es de ±4m.
- Para el 95% de los datos analizados se observó que los residuales se ubican entre ±25m y ±8m para GDEM y SRTM3 respectivamente.
- Esto implica que el modelo SRTM3 es 3 veces de mejor calidad altimétrica que el GDEM.

GDEM y SRTM3 Vs Pozos

- El RMS del GDEM es ±12m mientras que el del SRTM es de ±4m.
- Para el 95% de los datos analizados se observó que los residuales se ubican entre ±22m y ±6m para GDEM y SRTM3 respectivamente.
- Esto implica que el modelo SRTM3 es 4 veces de mejor calidad altimétrica que el GDEM.

GDEM y SRTM3 Vs Sísmica

- El RMS del GDEM es ±13m mientras que el del SRTM3 es de ±6m.
- Para el 95% de los datos analizados se observó que los residuales se ubican entre ±31m y ±16m para GDEM y SRTM3 respectivamente.
- Esto implica que el modelo SRTM3 es 2 veces de mejor calidad altimétrica que el GDEM.

La comparación entre RMS de cada modelo (Ratio) evaluado para cada set de datos, muestra una tendencia de 2:1 a favor del SRTM3.

6. Conclusiones y recomendaciones

La aplicación de herramientas de análisis 3D de Sistemas de Información Geográfica desarrolladas bajo Open Source (gvSIG) es de gran utilidad para la evaluación de MDT, además cumple con los requerimientos del Ejecutivo Nacional (El Decreto N° 3.390, publicado en la Gaceta Oficial Nº 38.095 de fecha 28/ 12/ 2004 indica el uso obligatorio del software libre en el país para todas las dependencias públicas de carácter oficial).

El modulo Sextante incorpora herramientas de gran versatilidad que permiten realizar análisis comparativos con los distintos resultados de los MDT.

El modelo SRTM3 siempre reportó errores menores que el modelo ASTER GDEM a partir de datos altimétricos disponibles.

El modelo ASTER GDEM reportó residuales altimétricos 2 veces mayores que los obtenidos por el SRTM3.

El modelo SRTM3 reportó residuales promedio en el orden de ±4,8m y con una tendencia máxima de ±16m. Para el modelo ASTER GDEM los residuales medios estuvieron en el orden de ±12m y con una tendencia máxima de ±31m.

Las limitantes del Software gvSIG esta definida por la memoria JAVA para el proceso de cálculo, se recomienda aumentar el tamaño de dicha memoria.

7. ***Bibliografia***

ERSDAC, Earth Remote Sensing Data Analysis Center (2009): "*ASTER GDEM*". Web site: http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/index.html

Jet Propulsion Laboratory-SRTM, "Shuttle Radar Topography Mission"
Dirección electrónica oficial sobre de la misión: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/.

Suárez H., Méndez H., Villalobos M., Molero Y., Rivas H., Gallucci N. (2009): "*DTMSis30, un DEM mejorado a partir del SRTM3 y de data altimétrica de Proyectos Sísmicos 3D en el Distrito Norte de PDVSA*". PDVSA, Puerto la Cruz, Venezuela.