



CoAC

Comité de
Aseguramiento
de la Calidad

Indicadores de Calidad

Dirección General de Geografía y Medio Ambiente



Septiembre 2022

Indicadores Aprobados por el CoAC

Error Cuadrático Medio Vertical



Elementos de la Ficha Técnica



Definición:

Medida que **expresa el error absoluto promedio de la coordenada vertical Z** en una muestra de puntos. Aplicada a un producto geográfico expresa el **error general que se puede esperar en cualquier medición de coordenada vertical** (generalmente altura ortométrica) que se efectúe en dicho producto.

Fórmula de cálculo:

Sobre una muestra de n puntos, donde Z_{ti} es el valor de la coordenada vertical verdadera de un punto cualquiera i en la muestra; y donde Z_{mi} es el valor de la coordenada vertical en el producto a evaluar del mismo punto i , el error cuadrático medio vertical se define como:

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{mi} - Z_{ti})^2}$$

Elementos de la Ficha Técnica



Uso previsto del indicador:

Informar a los usuarios del **grado de confiabilidad en las posiciones verticales** que pueden obtener mediante el producto geográfico.

Tipo de proyecto		
7	Información geográfica básica	<input checked="" type="checkbox"/>

Principio de Política de Calidad Institucional		
11	Exactitud geográfica	<input checked="" type="checkbox"/>

Implementación:

- Modelos Digitales de Elevación (MDE)
- Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)



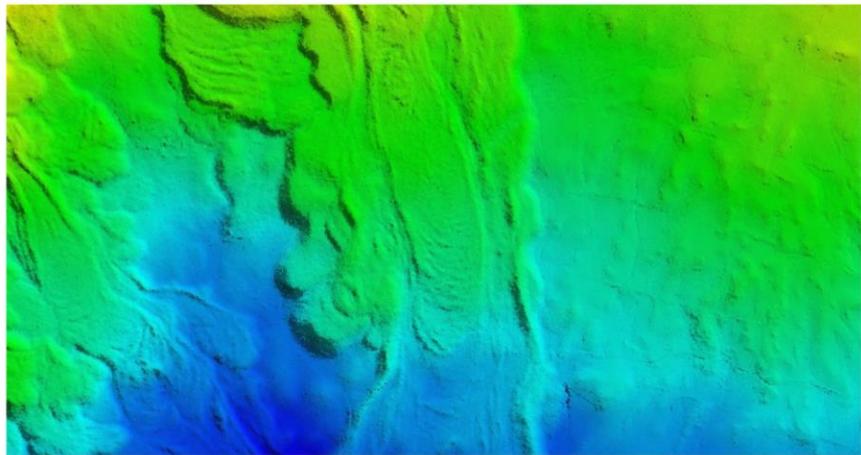
Modelos Digitales de Elevación

Implementación

Modelos Digitales de Elevación



Son datos geospaciales que tienen una estructura numérica digital definida por la distribución regular y espacial de los valores de altura de las formas del relieve terrestre con respecto a un nivel de referencia o nivel medio del mar.



Error Cuadrático Medio Vertical - MDE

1

Calcular la diferencia de la coordenada Z entre el modelo digital de elevación y los puntos de verificación

2

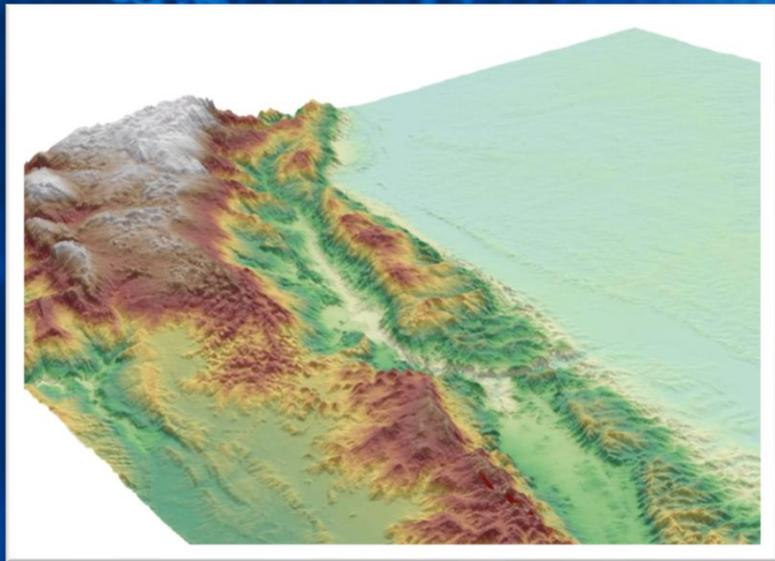
Calcular el $RMSE_z$ de las mediciones

3

Calcular el indicador

4

Presentación de resultados



Exactitud vertical sin vegetación (resultado polígono Palenque)

Polígono Palenque	Número de Puntos de Verificación
Z	25
$RMSE_z$	1.03
Indicador vertical	metros

El valor obtenido de la raíz del error cuadrático medio es de 1.03 m (103 cm).



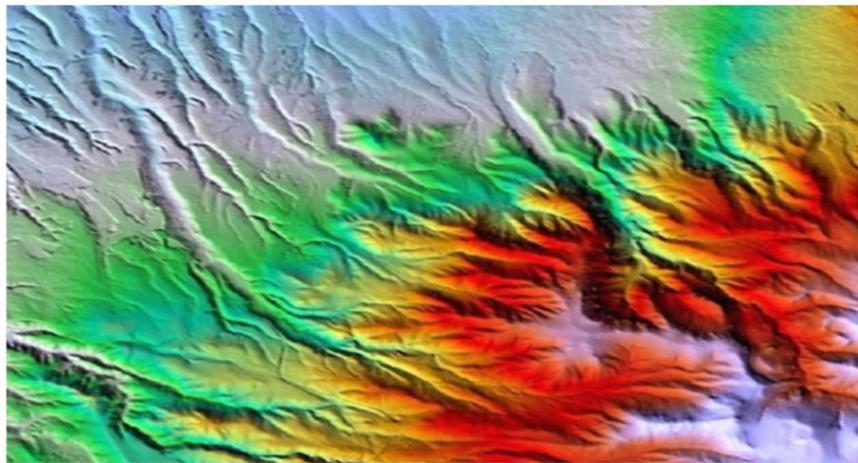
Continuo de Elevaciones Mexicano

Implementación

Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)



Se trata de un Modelo Digital del Terreno, con resolución de 15 m, de todo el territorio continental del país. Permite conocer a detalle la orografía de nuestro país, obtener una mejor representación de la cartografía nacional, llevar a cabo estudios de planeación, instalación de infraestructura y prevención de riesgos, entre otros proyectos.



Error Cuadrático Medio Vertical – CEM

1

Calcular el porcentaje de pendiente para cada una de las celdas del CEM con datos de altura

2

Generar 3 conjuntos de datos a partir del CEM, con base en el porcentaje de pendiente de los datos (0% a 14%, 15% a 36% y mayores a 36%)

3

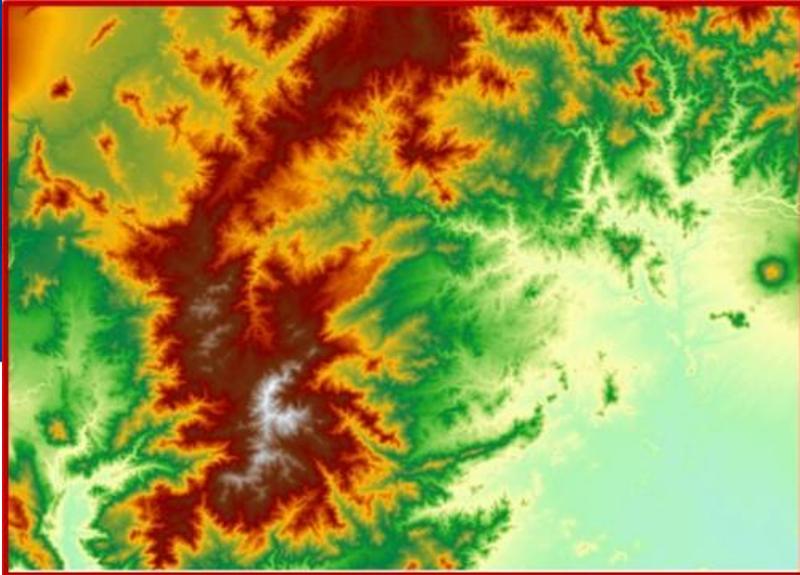
Obtener los Puntos de Control Terrestre distribuidos en el territorio continental del país, para cada estrato

4

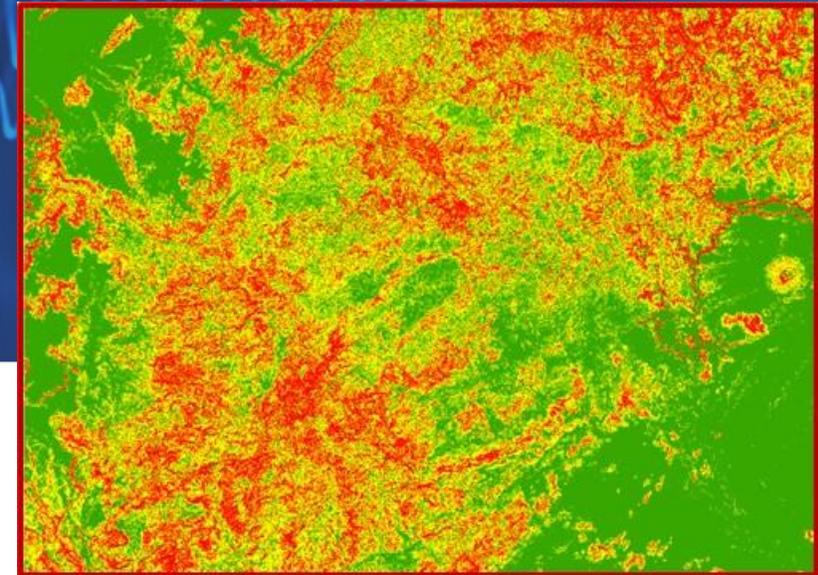
Calcular el indicador por estrato y presentar resultados

Error Cuadrático Medio Vertical – CEM por estrato

Clasificación de alturas del CEM



Datos originales (alturas)



Clasificación por % de pendiente

Estrato	% de pendiente	Tipo de terreno	PCT Empleados	% de PCT por Estrato
1	0 a 14	Plano a inclinado	14,140	85.5
2	15 a 36	Moderadamente escarpado	1,861	11.3
3	> 36	Escarpado a muy escarpado	530	3.2

Exactitud vertical del CEM (Resultado)

Estrato	Rango de pendiente (%)	Tipo de terreno	Celdas CEM	RMSE (metros)
1	0 a 14	Plano a inclinado	14,140	4.61
2	15 a 36	Moderadamente escarpado	1,861	5.8
3	> a 36	Escarpado a muy escarpado	530	7.26

La alturas del CEM en terreno plano a inclinado presentan diferencia de $\pm 4.61\text{m}$ respecto a la altura real en el terreno; para las que se encuentran en terreno moderadamente escarpado, se calcula una diferencia de $\pm 5.8\text{m}$ y para las que se encuentran en terreno escarpado a muy escarpado, se calcula una diferencia de $\pm 7.26\text{m}$

Cota de Confianza de Precisión Posicional



Elementos de la Ficha Técnica



Definición:

Es un valor estadístico que usa como principio la **estimación de intervalos de confianza para medidas de dispersión** - desviaciones estándar y varianzas -. Es en efecto el límite superior de un intervalo de confianza de cola derecha al $(1-\alpha)\%$. La cola derecha da un valor límite (máximo) de calidad que se puede lograr en los productos generados a partir de los insumos (por ejemplo, fotografías aéreas y/o imágenes satelitales).

Fórmula de cálculo:

Usando el resultado $gl \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma_0^2} \sim \chi_{gl}^2$, se deduce que la cota de confianza para un valor determinado de σ_0 , $LS_{(1-\alpha)}$ esta dada por:

$$LS_{(1-\alpha)} = \sqrt{\frac{\sigma_0^2 \chi_{gl,(1-\alpha)}^2}{gl}}$$

Si el $\sqrt{\hat{\sigma}^2} = \widehat{RMSE} \leq LS_{(1-\alpha)}$, entonces con los insumos disponibles se logra la precisión posicional dada por σ_0 , con $(1 - \alpha)\%$ de confianza.

Elementos de la Ficha Técnica



Uso previsto del indicador:

El indicador "Cota de confianza de precisión posicional" es de uso combinado. Inicialmente será de uso interno y cuando así se juzgue, será también de uso externo (entre otros en la publicación de los resultados del Mapa Topográfico).

Tipo de proyecto		
7	Información geográfica básica	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Información geográfica de recursos naturales	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Otro (de acuerdo a los objetivos de cada programa de información)	<input checked="" type="checkbox"/>

Principio de Política de Calidad Institucional		
11	Precisión geográfica	<input checked="" type="checkbox"/>

Implementación:

- Subproceso de Aerotriangulación del Mapa Topográfico

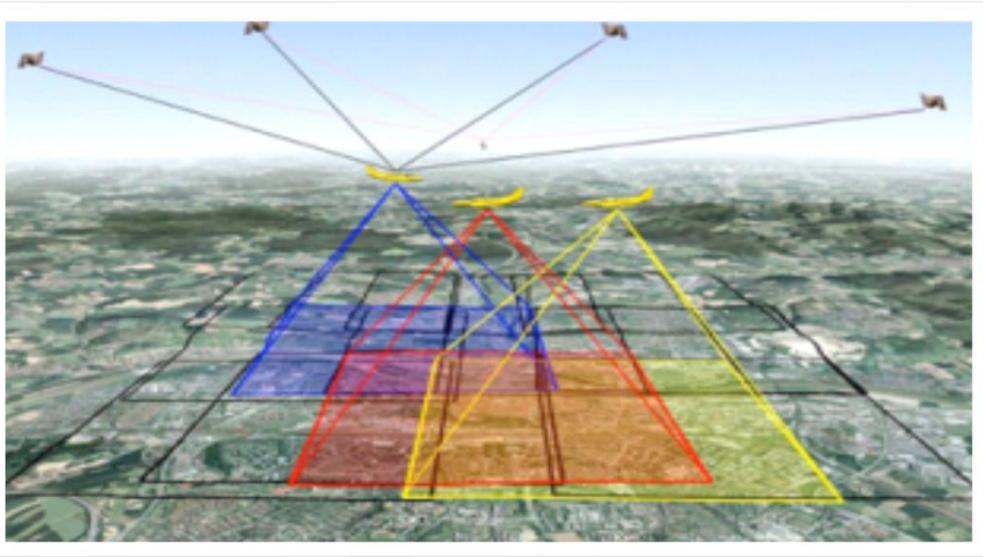


Subproceso de Aerotriangulación del Mapa Topográfico *Implementación*

Subproceso de Aerotriangulación del Mapa Topográfico



La aerotriangulación tiene por objeto propagar las coordenadas de diversos puntos del terreno al modelo tridimensional mediante los procedimientos de la fotogrametría.



Cota de Confianza de Precisión Posicional

Subproceso de Aerotriangulación del Mapa Topográfico (Resultado)

Palenque

		Cotas de Valores hipotéticos de RMSE al 95% de confianza (cm)			
Indicador	Polígono	20	25	30	35
Estimado precisión vertical	24.57	21.64	27.06	32.47	37.88
Estimado precisión horizontal	21.60	21.13	26.42	31.70	36.98

La precisión vertical que es posible lograr es de aproximadamente 25 cm ya que el $\widehat{RMSE}_z = 24.57$ cm es menor que la cota estimada para 25 cm la cual toma el valor de 27.06 cm. Para la precisión horizontal, ocurre igualmente en aproximadamente 25 cm ya que la precisión horizontal $\widehat{RMSE}_h = 21.60$ cm es menor a la cota correspondiente de 26.42 cm.

Es importante notar que para el nivel de precisión de 20 cm, el \widehat{RMSE} supera la cota de confianza de 20 cm, por lo que, con los insumos disponibles, no alcanzaría para este nivel de precisión en ambos casos.

Campeche

		Cotas de Valores hipotéticos de RMSE al 95% de confianza (cm)			
Indicador	Polígono	20	25	30	35
Estimado precisión vertical	35.48	22.03	27.54	33.05	38.56
Estimado precisión horizontal	32.46	21.37	26.71	32.06	37.40

En este caso, la precisión horizontal estimada de $\widehat{RMSE}_h = 32.46$ permite determinar que el nivel de precisión corresponde a la cota de calidad de $RMSE=35$, cuyo valor es de 37.40; de igual manera, el estimado de precisión vertical alcanza para la cota de calidad de $RMSE=35$, la cual tiene el valor de 38.56 que es mayor al estimado $\widehat{RMSE}_z = 35.48$.

Escárcega

		Cotas de Valores hipotéticos de RMSE al 95% de confianza (cm)			
Indicador	Polígono	20	25	30	35
Estimado precisión vertical	31.70	21.57	26.97	32.36	37.75
Estimado precisión horizontal	30.87	21.09	26.36	31.64	36.91

Las precisiones horizontal y vertical alcanzan el nivel de cota de calidad de $RMSE = 30$, ya que los valores estimados de $RMSE$ están por debajo de Los valores $\widehat{RMSE}_h = 30.87$ cm y $\widehat{RMSE}_z \hat{=} 31.70$

Mérida

		Cotas de Valores hipotéticos de RMSE al 95% de confianza (cm)			
Indicador	Polígono	20	25	30	35
Estimado precisión vertical	32.72	21.60	27.01	32.41	37.81
Estimado precisión horizontal	21.33	21.11	26.38	31.66	36.94

En este caso existe diferencia en las precisiones posicionales, ya que para la dimensión vertical alcanza un $RMSE = 35$, ya que el $\widehat{RMSE}_z = 32.72$ es superior al de la cota 30 pero inferior al de la cota 35; mientras que en la dimensión horizontal el $RMSE = 25$ cm, ya que el valor de $\widehat{RMSE}_h = 21.33$.

Cancún

		Cotas de Valores hipotéticos de RMSE al 95% de confianza (cm)				
Indicador	Polígono	15	20	25	30	35
Estimado precisión vertical	14.64	16.21	21.61	27.02	32.42	37.83
Estimado precisión horizontal	21.01	15.88	21.17	26.47	31.76	37.05

Para este polígono la precisión vertical alcanza el nivel de cota de calidad de $RMSE = 15$, ya que el valor $\widehat{RMSE}_z \approx 14.64$ cm es menor al calculado, que es 16.21; en tanto que para la presión horizontal le corresponde el $RMSE = 20$ ya que el \widehat{RMSE}_h tiene valores de 21.17.

Propuesta de Indicadores

Propuesta de Indicadores para Análisis en Grupos de Trabajo



Círculo de Error probable al 95%



Exactitud posicional vertical al 95%



Consistencia de dominio



Omisión de atributos



GRACIAS



Conociendo
México

800 111 46 34

www.inegi.org.mx

atencion.usuarios@inegi.org.mx

    **INEGI Informa**