

ABC

Nueva proyección
cartográfica para
Colombia

« O R I G E N N A C I O N A L »



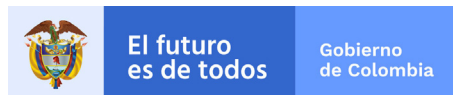
IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



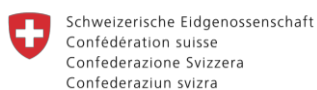
ABC Nueva proyección cartográfica para Colombia

« O R I G E N N A C I O N A L »

Autores:



Con el apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

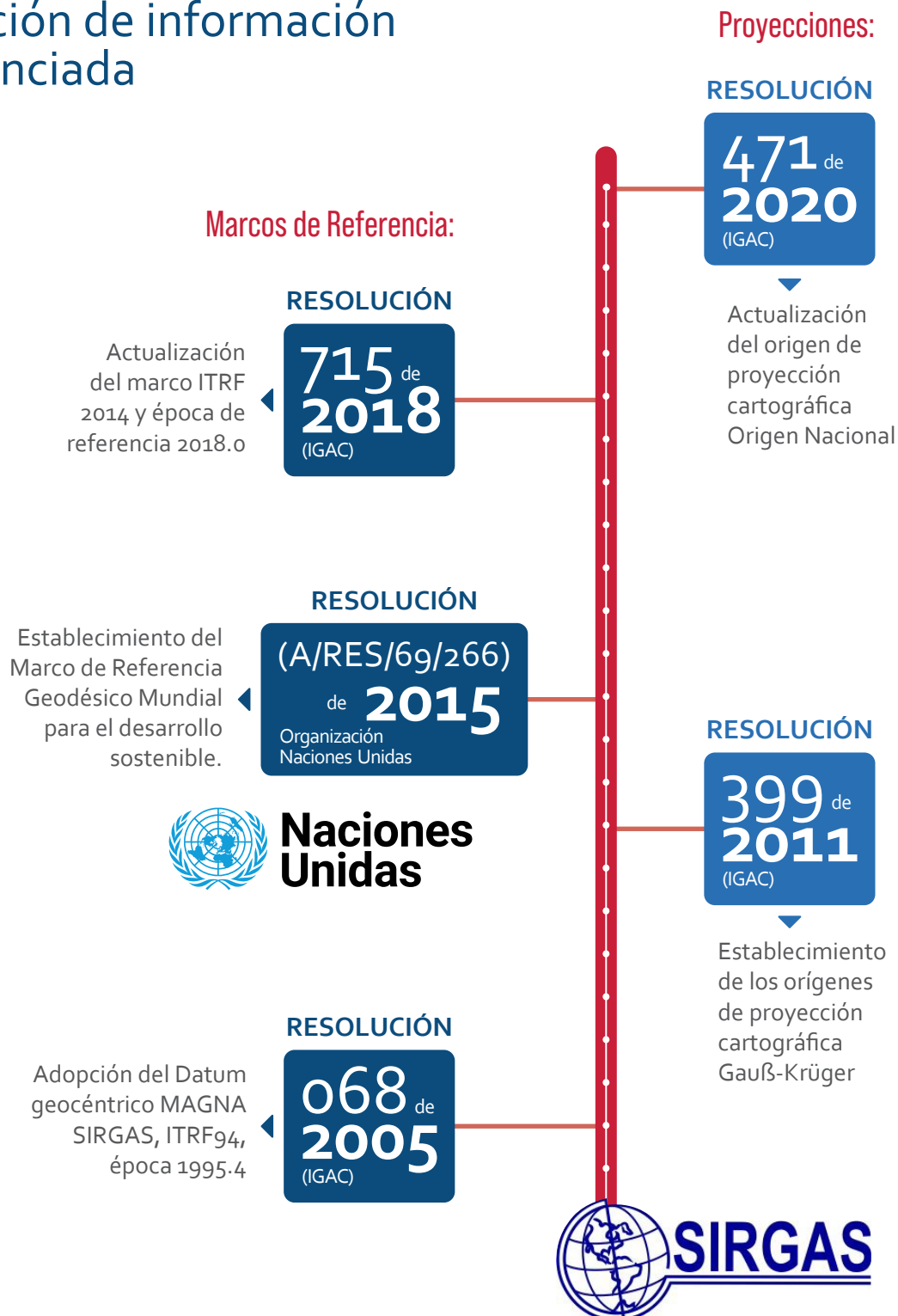
Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)



© Junio 2020

Cronología de las resoluciones técnicas en producción de información georreferenciada

MAGNA-SIRGAS



Primero recordemos lo que es una Proyección Cartográfica

La proyección cartográfica es el método que representa la superficie curva de la tierra sobre un plano mediante el uso de modelos matemáticos. No existe un método perfecto de proyección, de hecho, todos ellos de una manera u otra distorsionan la realidad.

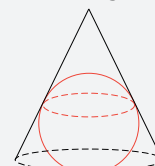


Tipos de proyección según la superficie de representación:

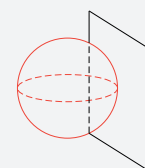
Cilindro Tangente



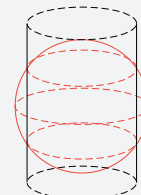
Cono Tangente



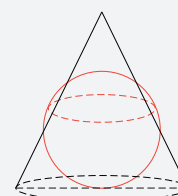
Plano Tangente



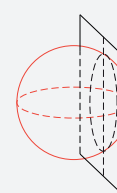
Cilindro Secante



Cono Secante



Plano Secante



El uso de una u otra proyección depende del tipo y finalidad de cada mapa. Las proyecciones tienen siempre un objetivo específico, puede ser con fines de Navegación, Ingeniería, Planeación Territorial de tipo local o regional o también de tipo político entre muchos otros fines.

Las proyecciones tienen asociada una propiedad geométrica predominante, las que conservan el área se llaman **equivalentes**, las que conservan distancias **equidistantes** y las que conservan la forma se llaman **conformes**.

SABÍAS QUE...

España y Colombia en la proyección Mercator se ven de similar tamaño, en realidad Colombia tiene más del doble de territorio continental que España. Lo anterior se debe a que la proyección Mercator es una proyección Conforme. Gall Peters presentó en 1855 una proyección de tipo Equivalente, la cual preserva las áreas pero distorsiona la forma.

PROYECCIÓN MERCATOR



PROYECCIÓN GALL PETERS



ESPAÑA



Área
505.944 km²

COLOMBIA



Área
1.142.748 km²

Fuente: Strebe, 2011. "The world on Gall-Peters projection. 15° graticule. Imagery is a derivative of NASA's Blue Marble summer month composite with oceans lightened to enhance legibility and contrast. Image created with the Geocart map projection software." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gall%E2%80%93Peters_projection_SW.jpg

¿CUÁL PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA HEMOS USADO OFICIALMENTE EN COLOMBIA HASTA 2020?

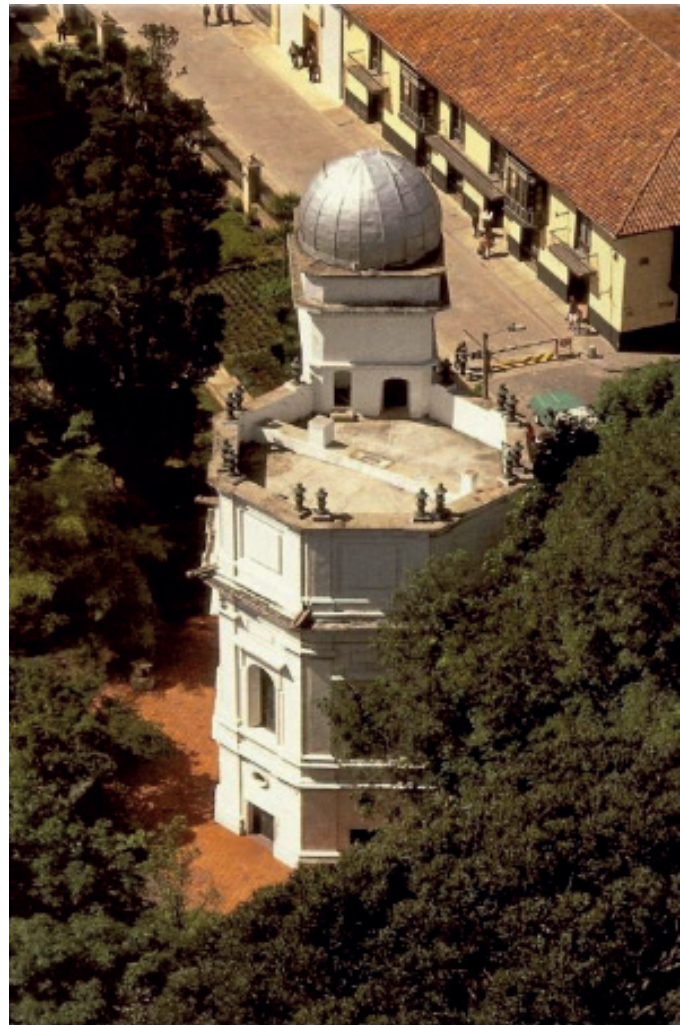
GAUß-KRÜGER

Para la representación de estas coordenadas geográficas en un plano, la proyección cartográfica oficial utilizada en Colombia hasta el año 2020 es Gauß-Krüger (IGAC, 2004), datum **MAGNA SIRGAS**.

Gauß-Krüger es una adaptación de la proyección transversa de Mercator, utiliza como superficie de referencia el área superficial de un cilindro transverso tangente a lo largo del meridiano de origen (meridiano central).



Proyección cilíndrica transversa
con meridiano central tangente



Observatorio Astronómico de Bogotá Punto
Origen Central de la Proyección. Gauß-Krüger
Fuente: LA ASTRONOMÍA EN COLOMBIA:
PERFIL HISTÓRICO, 2010.
<https://godues.wordpress.com/2010/12/28/la-astronomia-en-colombia-perfil-historico/>

RESOLUCIÓN

Mediante

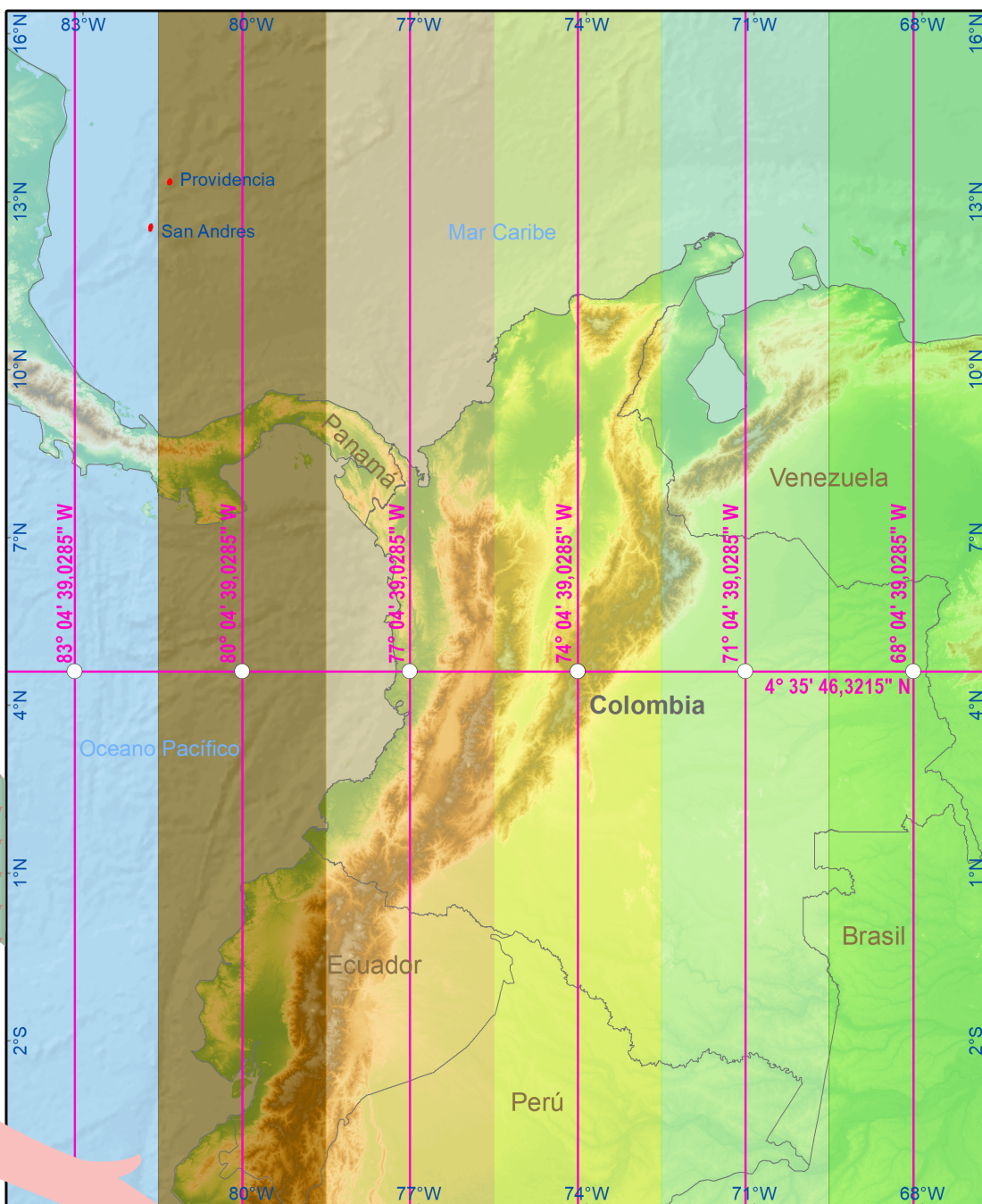
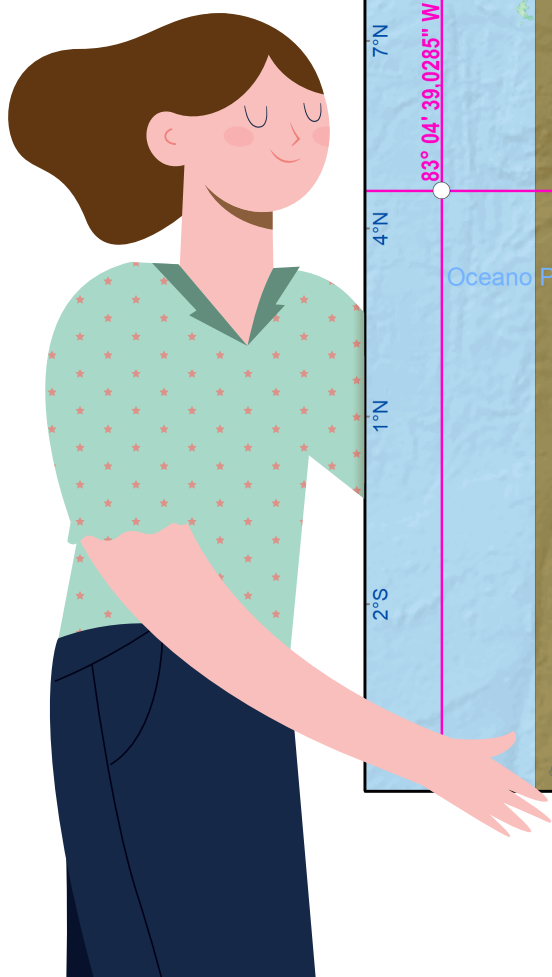
**0399
2011**
(IGAC)

Adopta la proyección conforme *Gauß-Krüger* (IGAC, 2011), usando el modelo **Transverse de Mercator**,

datum **MAGNA SIRGAS**

6
Orígenes

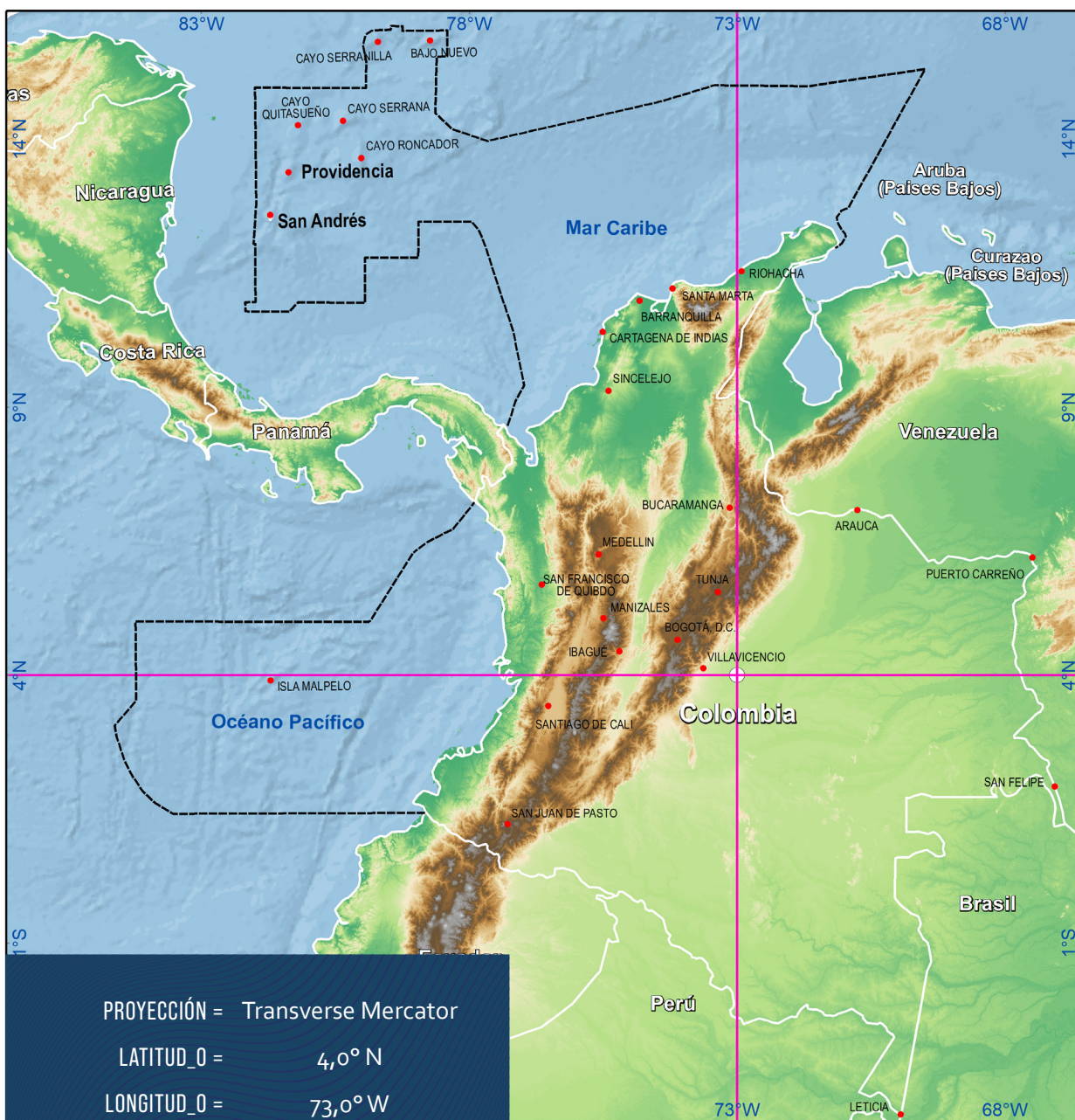
El meridiano origen es tangente al elipsoide y los husos se dividieron en tres grados cada uno.



¿CUÁL ES LA NUEVA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA OFICIAL EN COLOMBIA?

EPSG::9377

ORIGEN NACIONAL



PROYECCIÓN =	Transverse Mercator
LATITUD_0 =	4,0° N
LONGITUD_0 =	73,0° W
FALSO NORTE =	2'000.000 metros
FALSO ESTE =	5'000.000 metros
FACTOR DE ESCALA =	0,9992

Parámetros finales de la proyección «Origen Nacional», adoptados por la resolución IGAC 471 de 2020.

¿POR QUÉ UNA NUEVA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA?



Con la introducción de estándares internacionales para modernizar la administración de la tierra en Colombia, la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) aportó los elementos de un nuevo enfoque sobre el territorio. Esto significa, entre otros aspectos, disponer de información catastral completa, continua, actualizada y correcta, para brindar un insumo básico para cualquier análisis geoespacial, conduciendo a la determinación de los derechos, obligaciones y restricciones sobre el uso de la tierra. Esta meta solamente se logra mediante una ICDE integral y funcional.

Entre los fundamentos de cualquier infraestructura de datos se cuentan la aplicación de un ecosistema de modelos de datos con principios comunes, como por ejemplo el Land Administration Domain Model -LADM-, y un marco geográfico único. Este último significa, entre otros, una representación del territorio mediante coordenadas planas unificadas e inequívocas; es decir, una proyección cartográfica común.

A raíz de esta condición, se ha estudiado y seleccionado una única proyección cartográfica para Colombia. Su meta es simplificar y agilizar al máximo los análisis espaciales para potenciar la toma de decisiones en todos los niveles del Gobierno, evitando la división del país en múltiples zonas geográficas, las cuales generan discontinuidades topológicas de la información, así como complicaciones para ejecutar análisis de tipo regional o nacional.

▲ Kaspar Eggenberger



Campeño acompañando la georreferenciación ▲
de su predio localizado en Ovejas, Sucre, 2019.
Olga Lucía Fernández M., Archivo Particular.



AVANZAR

hacia una modernización de la administración del territorio Colombiano, enfocado hacia la Infraestructura de Datos Espaciales para la Administración de Tierras (IDE-AT) la cual busca disponer de información geográfica completa, continua, actualizada y correcta.

↓ Esta nueva proyección cartográfica

1

Facilitará la integración en una única base de datos en coordenadas planas para todo el territorio.

2

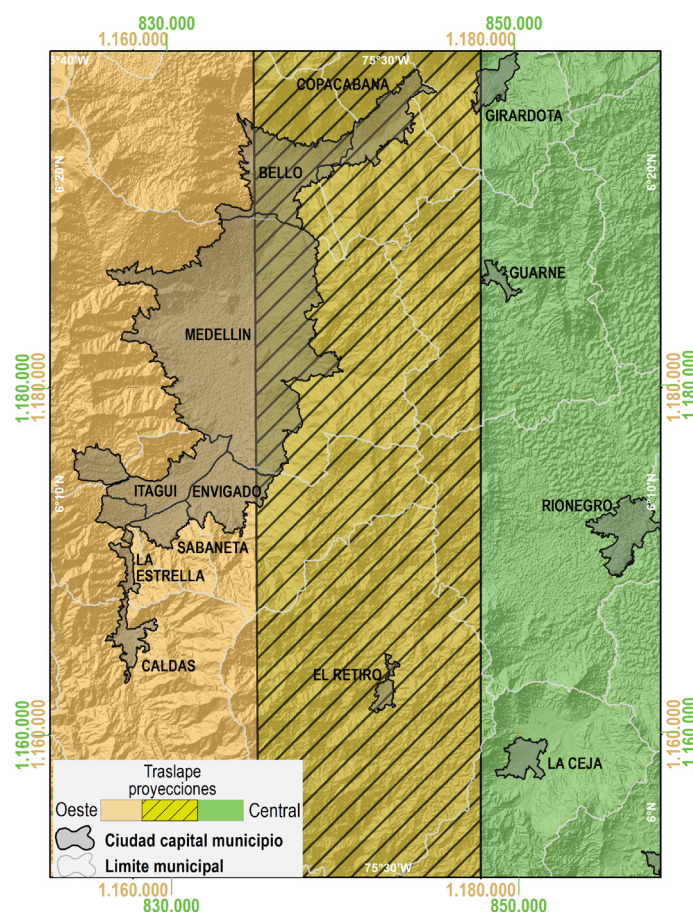
Eliminará problemas de ambigüedad y posibles equivocaciones en los datos.

3

Permitirá representaciones, desde escalas mayores 1:1000 hasta escalas regionales 1:1.500.000 usando una única proyección.

4

Facilitará las consultas interinstitucionales con la unicidad y continuidad del territorio, o sea facilitará la interoperabilidad.



SABÍAS QUE...

La ciudad de Medellín presentaba dos juegos de coordenadas para un mismo sitio, en la anterior proyección cartográfica Gauß-Krüger, oficialmente le correspondían dos orígenes Oeste y Central en su área de traslape.

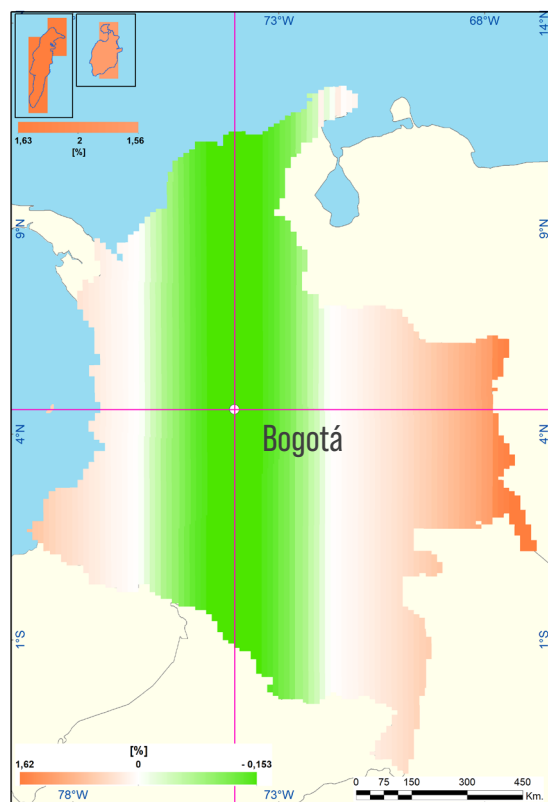
DATUM, PROYECCIÓN, ORIGEN...

PRIMERA ETAPA

COMO SE CONSTRUYÓ

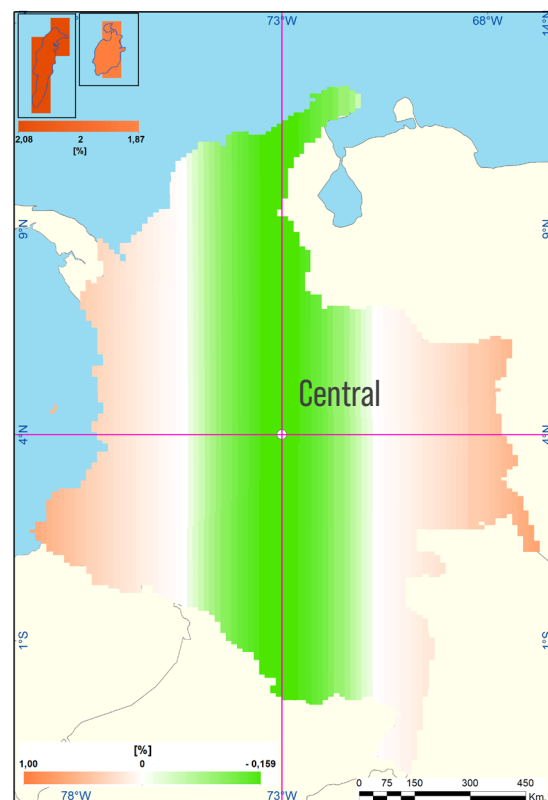
El datum seguirá siendo el datum MAGNA SIRGAS y la proyección se basará en la proyección cartográfica Transverse de Mercator.

Como primera opción se buscó que el origen coincida con el punto materializado del observatorio astronómico y como segunda opción un origen que fuera equidistante a cada extremo del territorio colombiano.



Luego de aplicar la fórmula de Deakin (2006), la selección del punto origen Bogotá supone distorsiones mayores para las zonas fuera de esta franja en comparación con la proyección central, teniendo como opción final la de origen central.

LATITUD 4°
LONGITUD -73°



FACTOR DE ESCALA

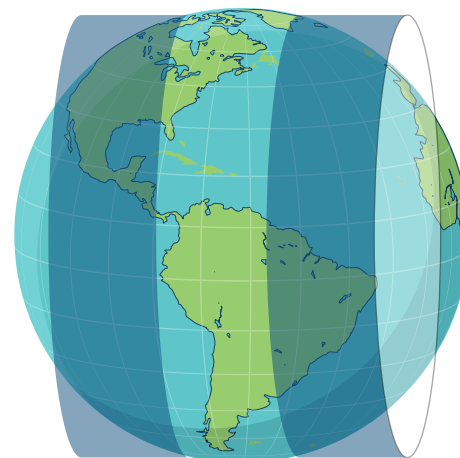
¿TANGENTE O SECANTE?

$$F_{dist} = k \times \left[1 + \left\{ \frac{(E_a - E_0)^2 + (E_a - E_0) \times (E_b - E_0) + (E_b - E_0)^2}{6 R_m^2} \right\} \times \left\{ 1 + \frac{(E_a - E_0)^2 + (E_a - E_0) \times (E_b - E_0) + (E_b - E_0)^2}{36 R_m^2} \right\} \right]$$

Deakin, R. (2006). Traverse computation on the UTM projection for surveys of limited extend.

El factor de escala óptimo es aquel que minimiza la suma de las distorsiones negativas y positivas presente a lo largo del territorio colombiano.

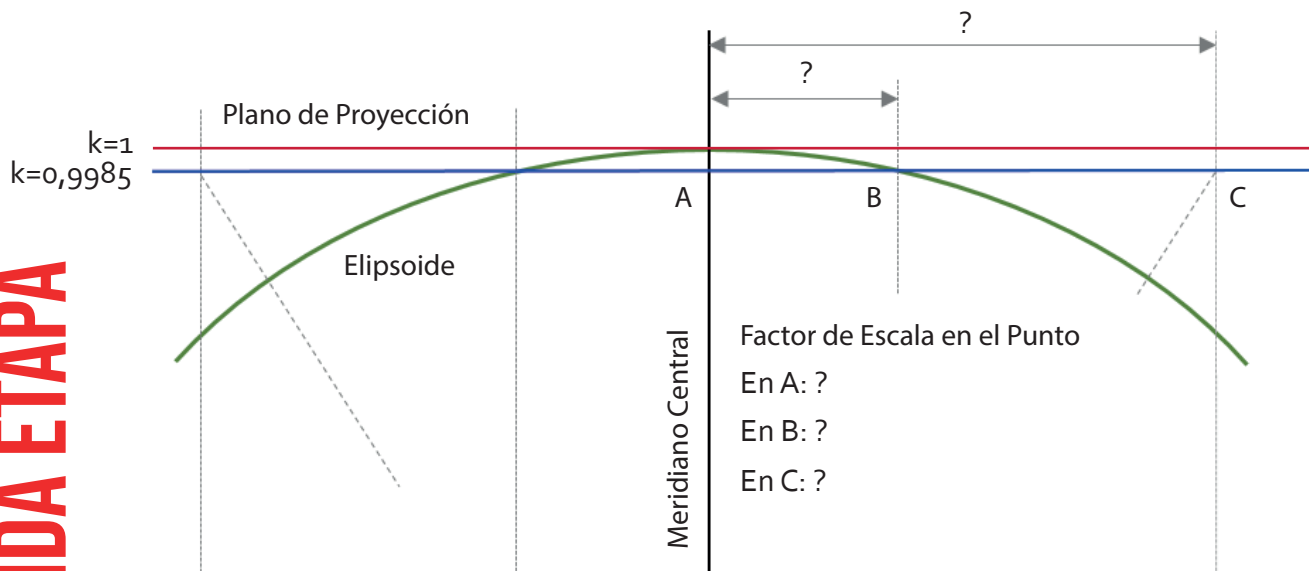
La selección del factor de escala óptimo para el meridiano central se realiza teniendo en cuenta las distorsiones que puedan ser inducidas por la proyección. Los valores máximos de las distorsiones (alargamiento de la distancia proyectada) ocurren en los puntos más distantes al meridiano central, mientras que los valores mínimos (acortamiento de la distancia proyectada) son obtenidos sobre el meridiano central. El factor de escala apropiado para la proyección debe minimizar la magnitud de estas distorsiones.



Proyección cilíndrica transversa con meridiano central secante

Al hacer el cálculo usando factores de escala desde k=1 hasta k=0,9985, se encontró que el factor de escala apropiado es k=0,9988.

SEGUNDA ETAPA



▲ Fuente: Salvini D., Bolívar F. (2018). Propuesta de la Proyección Cartográfica única para la Administración de Tierras en Colombia V2. Bogotá, Colombia: Agencia de Implementación, cooperación suiza.

FACTOR DE ESCALA

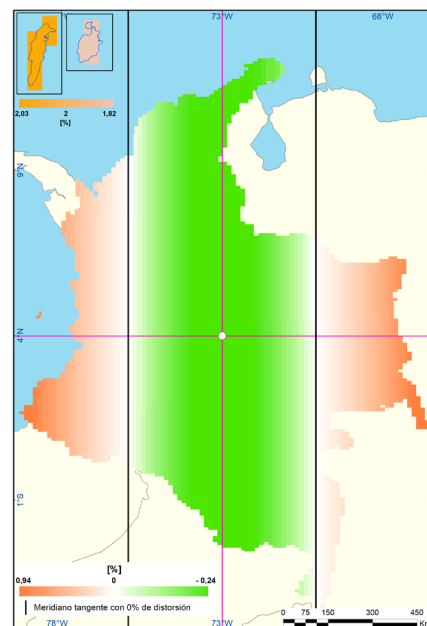
ASIGNANDO PESOS

Si consideramos las regiones con mayor densidad de población por kilómetro cuadrado (DANE, 2012), se ha ponderado el territorio colombiano, cuya ecuación para la selección óptima del k será:

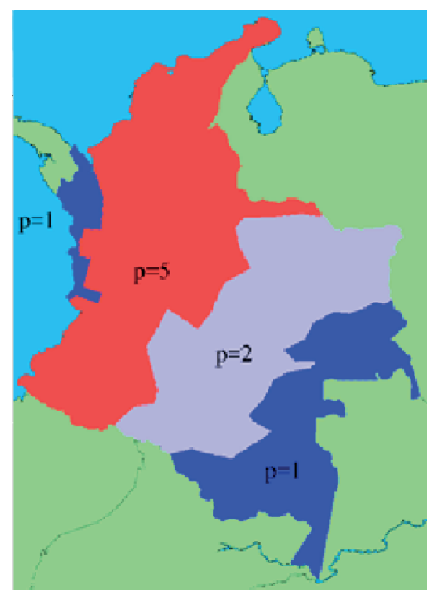
$$\frac{\sum(p_i \times F_{\text{área}}^+) + \sum(p_i \times F_{\text{área}}^-)}{\sum p_i} = 0; \quad k = ?$$

Usando los datos reportados por DANE en su censo poblacional y los datos reportados por el IGAC de catastro, se identificó que al cruzar esta información se observa una correspondencia directa entre la densidad poblacional y el número de predios por municipio. Por esta razón se decide manejar esta variable de densidad de población por municipio como factor ponderante.

La siguiente gráfica muestra el mapa de densidad de población reportado por DANE (izquierda) y a mano derecha una discretización, en la cual a las zonas de muy baja densidad poblacional asociadas a las selvas de la Amazonia, Orinoquia y Chococana, se ha asignado un peso de 1, para las zonas de mayor densidad un valor de 5 y para las zonas de baja densidad poblacional un valor de 2.



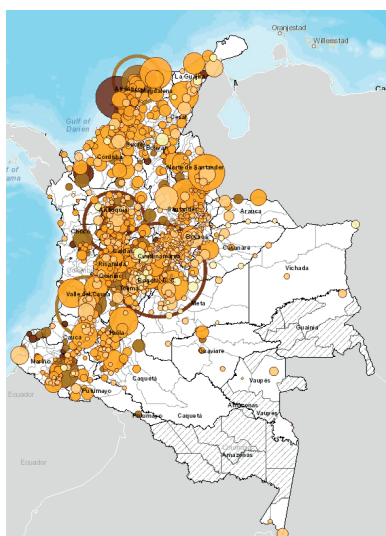
Colombia: "Distorsión Área k=0,9988"



Pesos para las distorsiones de las áreas en el cálculo del factor de escala (k) óptimo.

Fuente: Salvini D., Bolívar F. (2018). Propuesta de la Proyección Cartográfica única para la Administración de Tierras en Colombia V2. Bogotá, Colombia: Agencia de Implementación, cooperación suiza.

SEGUNDA ETAPA



◀ DANE. Atlas Estadístico de Colombia. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional.



FACTOR DE ESCALA

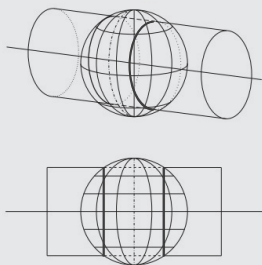
RESULTADO

Incorporando esta ponderación espacial en la fórmula para la sección óptima del k , se encontró el valor óptimo de $k=0,9992$ luego de variar $k=1$ hasta $k=0,9985$.

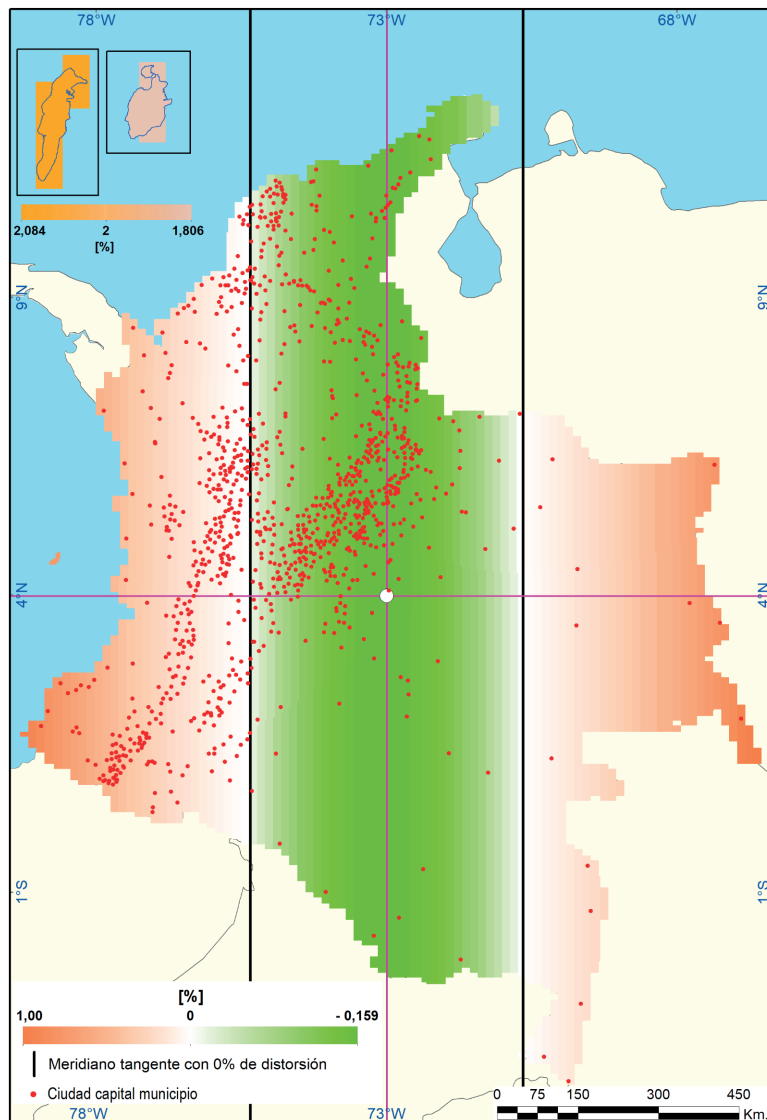
$k = 0,9992$

Este "k" implica que las líneas estándares se encontrarán a 254 km del meridiano central y la proyección será secante.

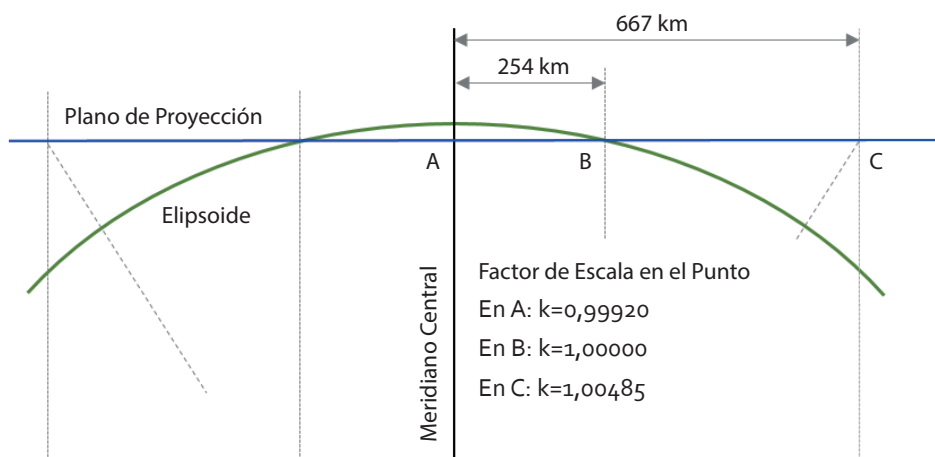
Proyección cilíndrica con dos estándar. Notese que las estándar no siguen los meridianos o los paralelos.



Meyer, Thomas. (2002). Grid, ground, and globe: Distances in the GPS era. *Surveying and Land Information Systems*. 62. 179-202.



SEGUNDA ETAPA



Colombia: "Distorsión Área $k=0,9992$ "
 Vemos en la gráfica derecha en color negro las dos líneas estándar a la izquierda y derecha del meridiano central, en color verde las distorsiones de área negativas y en color rojo las distorsiones de área positivas. Los puntos rojos representan los centros poblados de cada municipio y las capitales departamentales.

▲ Fuente: Salvini D., Bolívar F. (2018). Propuesta de la Proyección Cartográfica única para la Administración de Tierras en Colombia V2. Bogotá, Colombia: Agencia de Implementación, cooperación suiza.

SELECCIÓN DEL FALSO ORIGEN

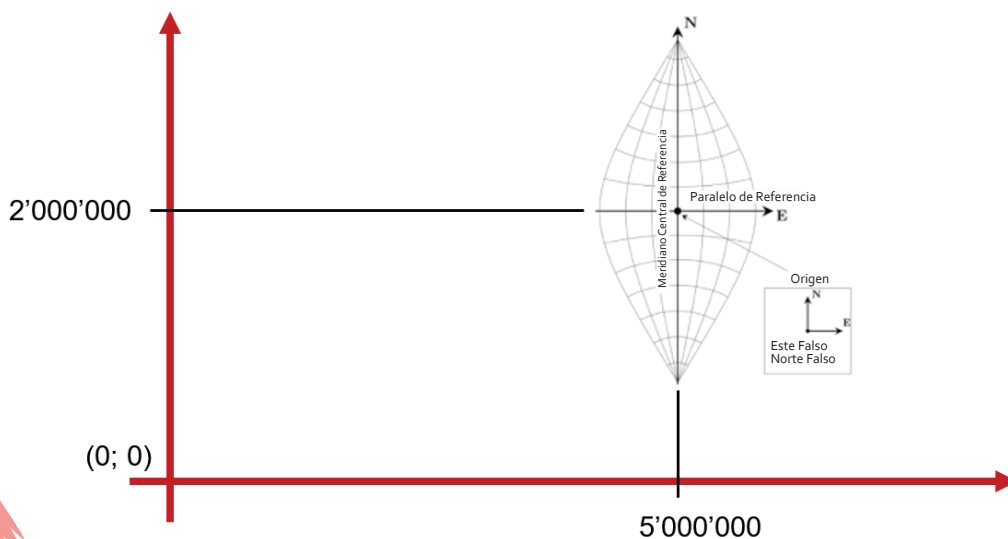
La selección del falso *norte* y falso *este* se da con el fin de evitar coordenadas negativas y permitir una distinción clara entre las coordenadas norte y este:

1

Evitar coordenadas negativas

2

Distinción entre las coordenadas norte y este



▲ Fuente: Salvini D., Bolívar F. (2018). Propuesta de la Proyección Cartográfica única para la Administración de Tierras en Colombia V2. Bogotá, Colombia: Agencia de Implementación, cooperación suiza.

SABÍAS QUE...

Los falsos orígenes de las coordenadas planas cartesianas se definieron en diferentes casos asimilándolos a las Gauß, pero modificando la altura, o también restando de ellas valores de un millón o novecientos mil metros. Además, estas decisiones cambiaron en diferentes ocasiones con lo cual se agregaba otra dificultad, la fecha en la cual se adoptó tal o cual origen y plano de proyección.

Como consecuencia, se tenían muchísimos planos de proyección locales, muy difíciles de estandarizar, cambiantes en el tiempo y poco documentados. Esto, por supuesto, ha hecho aún más difícil la gestión y análisis de datos sobre el territorio colombiano.

▲ William Martínez

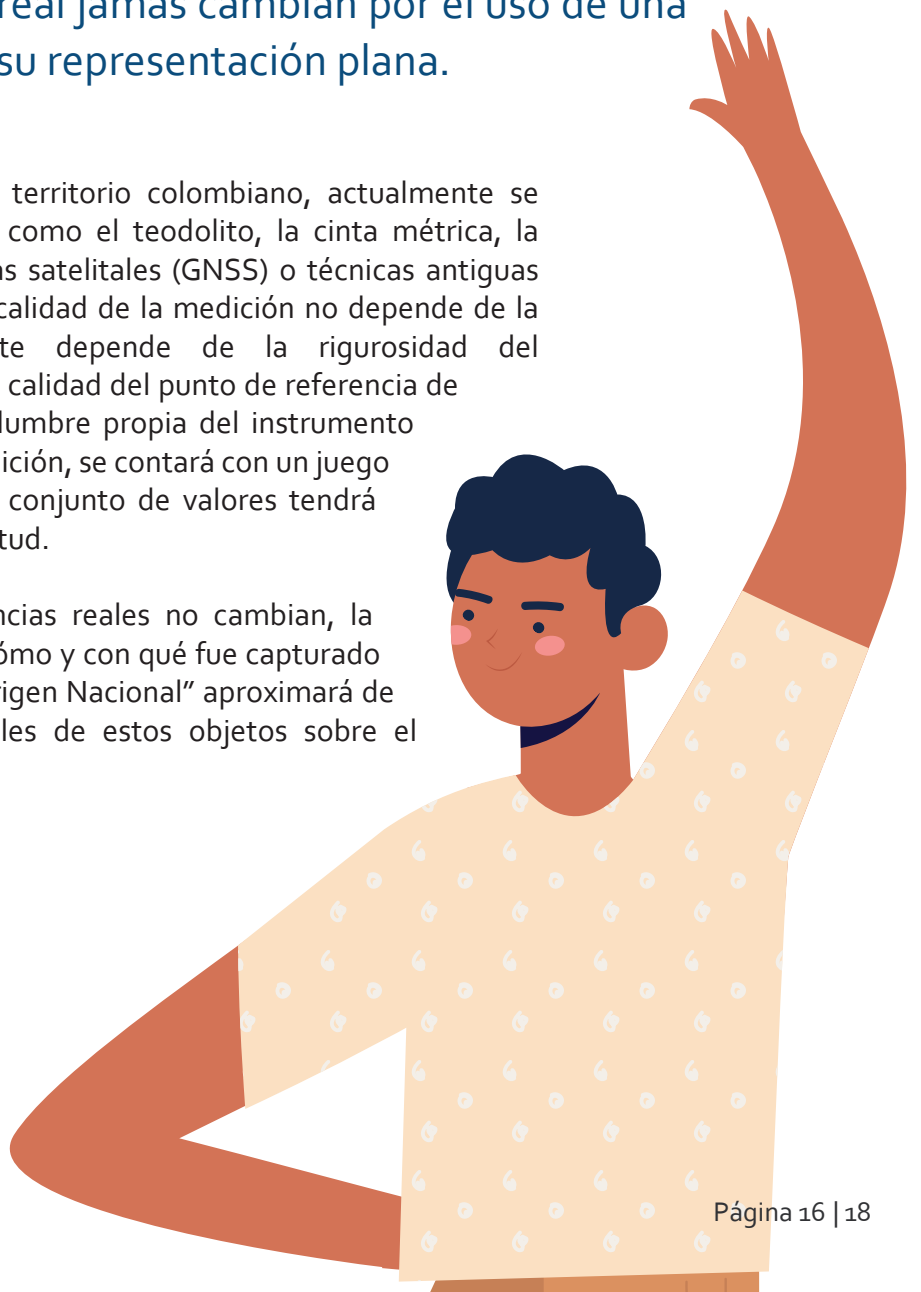
Como comentario final...

¿CAMBIARON LAS ÁREAS, LAS DISTANCIAS, LA PRECISIÓN DE MI INFORMACIÓN?

En Colombia, los objetos a representar por una proyección cartográfica **NO cambian**, una casa siempre estará en el mismo sitio, tendrá las mismas coordenadas geográficas, tendrá la misma forma y su tamaño real jamás cambian por el uso de una o varias proyecciones para su representación plana.

Para mediciones a realizar sobre el territorio colombiano, actualmente se emplean tecnologías convencionales como el teodolito, la cinta métrica, la estación total; otras técnicas como las satelitales (GNSS) o técnicas antiguas como la medición con pasos; aquí la calidad de la medición no depende de la proyección cartográfica, únicamente depende de la rigurosidad del procedimiento de captura de datos, la calidad del punto de referencia de coordenadas geográficas y la incertidumbre propia del instrumento empleado. Al final del ejercicio de medición, se contará con un juego de coordenadas, donde cada valor o conjunto de valores tendrá asociado un valor de precisión y exactitud.

En conclusión, las áreas y las distancias reales no cambian, la precisión dependerá únicamente de cómo y con qué fue capturado el dato, la proyección cartográfica "Origen Nacional" aproximará de una forma unificada los valores reales de estos objetos sobre el territorio.





origen.igac.gov.co



**El futuro
es de todos**

Gobierno
de Colombia

ABC

Nueva proyección
cartográfica para
Colombia

« O R I G E N N A C I O N A L »