REVISTA INTERNACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPPING

VOL. 35 • Nº 224 • 2026 • ISSN: 1131-9100



REPRESENTACIÓN DEL TESERACTO MEDIANTE PROYECCIÓN TRIDIMENSIONAL Y VALIDACIÓN CON UN SISTEMA BIDIÉDRICO XYZ-XYT

¿CÓMO SE MIDE LA ALTURA DE LAS MONTAÑAS?

PROBLEMÁTICAS DEL CATASTRO EN COLOMBIA. PLANTEAMIENTO DE UNA ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL PORCENTAJE DE ACTUALIZACIÓN CATASTRAL

ENTRE LA TRADICIÓN Y EL DESCUBRIMIENTO *"LA GEOGRAPHIA UNIVERSALIS VETUS ET NOVA"* DE SEBASTIAN MÜNSTER COMO ACTUALIZACIÓN DE LA GEOGRAFÍA DE PTOLOMEO

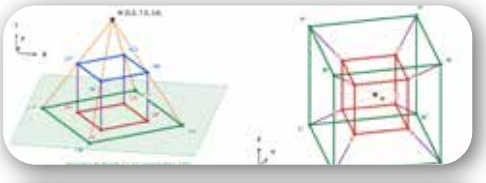
GENERACIÓN DE INFORMACIÓN VECTORIAL DEL DERECHO DE VÍA FERROVIARIO MEDIANTE EL USO DE GEOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA LÍNEA N DE LA CIUDAD DE TOLUCA


Geodesia
Topografía
Fotogrametría
Minería
Ciencias
Propiedad
Movilidad
Ciencias
Astronomía
UAV
Ciencias
Vulcanología
Propiedad
Instrumentación
Geomática
Ciencias
Catastro
Topografía
Fotogrametría
Batimetría
Biología
Paleontología
Urbana
Tierra
Ciencias
Ingeniería
Ciencias
SIG
Geomática
Geomorfología
Auscultación
Tierra
Geomorfología
Comunicación
ambiente
Geodesia
Instrumentación
Tierra
Tierra
Batimetría
IDE
Geomorfología
Ciencias
Vulcanología
Teledetección
Termodinámica
Meteorología
Biología
GNSS
Ciencias
Geodesia
Topografía
Fotogrametría
Vulcanología
Propiedad
Geodesia
escáner
Agricultura
Ciencias
GIS
Ciencias
Arquitectura
IDE
Geodesia
Teledetección
Geomática
Ciencias
UAV

MAPPING

VOL.35 Nº224 2026 ISSN 1131-9100

Sumario

















Pág. 4
Representación del teseracto mediante proyección tridimensional y validación con un sistema bidiédrico XYZ-XYT. *Representation of the tesseract through three-dimensional projection and validation using an XYZ-XYT bidihedral system.*
José Ignacio Rivas Negreira

Pág. 16
¿Cómo se mide la altura de las montañas?. *How is mountain height measuded?*
David Segura Pedarròs, Andreu Alvarruiz Serrano

Pág. 30
Problemáticas del catastro en Colombia. Planteamiento de una estrategia para mejorar el porcentaje de actualización catastral. *Cadastral Problems in Colombia. Proposal of a Strategy to Increase the Cadastral Updating Rate .*
Jaime Alberto Duarte Castro

Pág. 38
Entre la tradición y el descubrimiento «*La geographia universalis vetus et nova*» de Sebastian Münster como actualización de la geografía de Ptolomeo. *Between tradition and discovery Sebastian Münster's "Geographia universalis vetus et nova" as an update of Ptolemy's geography.*
Carmen García Calatayud

Pág. 44
Discrepancia entre superficie planimétrica y topográfica en San Andrés Tuxtla: implicaciones para la gestión municipal. *Discrepancy between planimetric and topographic surface in San Andrés Tuxtla: implications for municipal management.*
Rodrigo Tovar Cabañas, Hipólito Villanueva Hernández, Delia Elena Martínez Jiménez

Pág. 56
Mundo Blog

Pág. 62
Noticias IGN-CNIG

Pág. 68
Noticias

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 35 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etc.

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING is a technical- scientific publication with 35 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology, Planning, etc.

MAPPING

VOL.35 Nº224 2026 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA
eGeoMapping S.L.
C/ Arrastaria 21.
28022. Madrid. España
Teléfono: 91 006 72 23
info@revistamapping.com
www.revistamapping.com

MAQUETACIÓN
elninjafluorescente.es

IMPRESIÓN
Podiprint

Los artículos publicados expresan solo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación.
Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:
«Trabajos de medición de altura de montañas del equipo de ingenieros en Geomática y Topografía Sostremetries»

Fuente: Sostremetries 2024

Depósito Legal: M-14370-2015
ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542
Los contenidos de la revista MAPPING aparecen en: Catálogo BNE, CIRC, Copac, Crue- Red de Bibliotecas REBIUN, Dialnet, DULCINEA, EBSCO, GeoRef, Geoscience e-Journals, Gold Rush, Google Académico, ICYT-CSIC, IN-RECS, Latindex, MIAR SHERPA/RoMEO, Research Bible, WorldCat.

PRESIDENTE
Benjamín Piña Patón

DIRECTOR
Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA
Marta Criado Valdés
mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN
Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Gersón Beltrán
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

Antonio Crespo Sanz
Investigador

Efrén Díaz Díaz
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
ESTMinas. Ule. Léon

Mª Teresa Fernández Pareja
Doctora Metrología y Calidad Industrial
UPM. Madrid

Carmen García Calatayud
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Pilar Sanz del Rio
URBASANZ Estudio Jurídico S.L.

Roberto Rodríguez-Solano Suárez
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR
Ana Belén Anquela Julián
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García
Contratas Vilor. Madrid

José Juan Arranz Justel
ETSITGC. UPM. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo
IPGH. México

Ignacio Durán Boo
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Presidente

Representación del teseracto mediante proyección tridimensional y validación con un sistema bidiédrico XYZ-XYT

Representation of the tesseract through three-dimensional projection and validation using an XYZ–XYT bidihedral system

José Ignacio Rivas Negreira

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 04-15
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

La geometría en cuatro dimensiones está definida con todo rigor desde el punto de vista analítico, pero sigue faltando una herramienta gráfica equivalente al sistema diédrico: un sistema que permita operar sobre objetos 4D con reglas, paso a paso y con comprobaciones, igual que se hace en 3D.

Este trabajo propone el sistema bidiédrico, una extensión directa del diédrico clásico. Consiste en representar dos espacios tridimensionales que comparten los ejes X e Y: el espacio físico (X, Y, Z) y un espacio auxiliar (X, Y, T). Cada uno se dibuja con su propio diedro (planta y alzado) y los dos diedros se colocan uno encima del otro, con la misma escala y el mismo origen en X. Así, un punto 4D queda definido por cuatro proyecciones enlazadas por líneas de referencia verticales, igual que la planta y el alzado de un punto en el diédrico.

Sobre esta base se define la proyección central 4D → 3D desde un foco y se demuestra que, para las celdas del teseracto, equivale a una homotecia. Como validación se resuelve un ejemplo completo, gráfica y numéricamente: la conocida imagen del teseracto (un cubo dentro de otro) aparece como resultado de una construcción definida y comprobable, no como un dibujo interpretativo. El método abre la puerta a resolver otros problemas cuatridimensionales (incidencias, intersecciones, secciones, paralelismos y relaciones métricas) con el espíritu operativo de la geometría descriptiva.

Abstract

Four-dimensional geometry is rigorously defined from an analytical standpoint, yet a practical graphical tool equivalent to the dihedral system is still lacking: a system that allows operations on 4D objects to be carried out using rules, step by step, and with verifiable results, just as in 3D geometry.

This paper proposes the bi-dihedral system, a direct extension of classical dihedral projection. It consists of representing two three-dimensional spaces that share the X and Y axes: the physical space (X, Y, Z) and an auxiliary space (X, Y, T). Each space is represented by its own dihedral system (plan and elevation), and the two systems are arranged one above the other, using the same scale and sharing the same origin along the X-axis. Thus, a 4D point is defined by four linked projections connected by vertical reference lines, in the same way that the plan and elevation of a point are related in the classical dihedral system.

On this basis, a central projection from 4D to 3D is defined using a projection centre, and it is demonstrated that, for the cells of a tesseract, this projection is equivalent to a homothety. As a validation, a complete example is solved both graphically and numerically: the familiar image of a tesseract—a cube within another cube—emerges as the result of a well-defined, verifiable construction rather than an interpretative drawing.

The method opens the way to solving other four-dimensional geometric problems, including incidence, intersection, section, parallelism, and metric relationships, while preserving the operational approach of descriptive geometry.

Palabras clave: Teseracto; Cuarta dimensión; Proyección; Geometría descriptiva; Sistema bidiédridico; Doble diédrico.

Keywords: Tesseract; Fourth dimension; Projection; Descriptive geometry; Bidihedral system; Double dihedral system.

Universidad Privada del Norte. Perú
jirivasnegreira@gmail.com

Recepción 09/07/2026
Aprobación 20/07/2026

1. INTRODUCCIÓN

La geometría descriptiva no es sólo un recurso para visualizar: es un lenguaje para resolver. En tres dimensiones, el sistema diédrico convierte un problema espacial en una serie de operaciones sobre dos proyecciones coordinadas, la planta y el alzado, en las que cada paso tiene significado geométrico y puede comprobarse.

En cuatro dimensiones la situación es desigual. Las matemáticas definen sin ambigüedad puntos, rectas, planos e hiperplanos, pero en la práctica gráfica sólo quedan dos caminos poco satisfactorios: resolverlo todo algebraicamente o recurrir a dibujos intuitivos (las conocidas «sombras» del teseracto) que rara vez dicen qué transformación se ha aplicado, qué propiedades se conservan ni cómo comprobar el resultado.

El problema, por tanto, no es que la cuarta dimensión «no se pueda dibujar», sino que falta un **sistema de representación** que funcione como el diédrico: que codifique el objeto sin ambigüedad, que permita operar con reglas y que sea coherente por dentro.

La idea de partida es sencilla. En el diédrico, la tercera coordenada (Z) se incorpora al papel mediante una segunda vista, el alzado, ligada a la planta por líneas de referencia. Si la cuarta coordenada (T) se incorpora con esa misma disciplina, el paso de 3D a 4D no exige ninguna ruptura conceptual. Eso es el sistema bi-diédrico: dos diedros, uno para (X, Y, Z) y otro para (X, Y, T), dibujados uno encima del otro y sincronizados por el eje X.

Con este sistema, el paso de 4D a 3D se formaliza como lo que realmente es: una proyección desde un foco hacia un hiperplano de llegada. La imagen 3D resultante no es «un dibujo bonito», sino el resultado de una operación geométrica reproducible y verificable.

El teseracto es el caso de prueba natural. No es el único objeto interesante, pero obliga a responder las preguntas esenciales: qué es una arista paralela a T, cómo se conservan las incidencias al proyectar, por qué aparece un «cubo interior» y de qué depende su tamaño.

El artículo se organiza así: el apartado 2 resume los fundamentos; el 3 presenta el sistema bi-diédrico; el 4 define el teseracto; el 5 deduce las fórmulas de la proyección; el 6 describe la construcción gráfica paso a paso, y el 7 resuelve un ejemplo completo y comprueba el resultado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Qué hay que conservar del sistema diédrico

El plano no puede contener directamente el espacio tridimensional, pero sí dos proyecciones coordinadas que, juntas, lo determinan. En el diédrico, el espacio se proyecta sobre dos planos perpendiculares, el horizontal y el vertical. Al abatir el plano horizontal sobre el vertical, ambas proyecciones quedan en la lámina, separadas por la **línea de tierra (LT)** y ligadas por **líneas de referencia** perpendiculares a ella: un mismo punto aparece en planta y en alzado sobre la misma perpendicular a la LT.

De esta estructura interesan tres ideas que pueden llevarse a 4D:

- **Descomposición de la información.** Una sola vista no basta; varias vistas coordinadas, sí.
- **Referencias compartidas.** Los ejes comunes permiten reconstruir el objeto y comprobar la construcción.
- **Operaciones regladas.** Abatir, girar, cambiar de plano o hallar intersecciones son procedimientos definidos, no dibujos libres.

Extender el diédrico a 4D no consiste, por tanto, en inventar símbolos para la cuarta dimensión, sino en incorporar la coordenada T con la misma disciplina con la que el diédrico incorpora la coordenada Z.

2.2. El espacio de cuatro dimensiones

Un punto del espacio euclídeo de cuatro dimensiones se describe con cuatro coordenadas:

$$Q = (x, y, z, t)$$

donde *t* es independiente de las otras tres: no puede expresarse como combinación de x, y y z.

En 3D, un plano es un subespacio de dimensión 2 dentro de un espacio de dimensión 3. En 4D aparece un elemento nuevo, el **hiperplano**: un subespacio de dimensión 3. Su ecuación general es

$$aX + bY + cZ + dT = e$$

y los más útiles para nuestro propósito son los hiperplanos de nivel *T* = constante. Cada uno de ellos es un espacio tridimensional completo. Por eso el espacio 4D puede imaginarse como una familia continua de espacios 3D «apilados» según T, del mismo modo que el espacio 3D es una pila de planos horizontales *Z* = constante.

2.3. De 4D a 3D: sección y proyección

Para obtener una figura tridimensional a partir de un objeto 4D hay dos caminos, y los dos deben estar definidos con precisión:

- **Sección.** Se corta el objeto con un hiperplano, por ejemplo $T = c$. El resultado es una figura 3D real; al variar c se observa cómo «evoluciona» el objeto a lo largo de la cuarta coordenada.
- **Proyección.** Se elige un hiperplano de llegada y una ley de proyección. En la **proyección central** se fija un foco Φ en 4D; para cada punto Q del objeto se traza la recta ΦQ, y su imagen Q' es el punto donde esa recta corta al hiperplano de llegada.

La proyección central es la que explica la imagen clásica del teseracto: el factor de escala depende de la coordenada T de cada punto, de modo que las partes situadas en distintos «niveles» de T se ven con tamaños distintos (apartado 5). La diferencia entre una «sombra» rigurosa y un dibujo intuitivo es sencilla: en la primera la transformación está definida y se puede comprobar.

3. EL SISTEMA BI-DIÉDRICO

3.1. Idea: dos espacios 3D que comparten X e Y

El sistema trabaja con dos espacios tridimensionales coordinados:

- $E1$, **espacio físico (X, Y, Z)**: es donde aparecerá la imagen final.
- $E2$, **espacio auxiliar (X, Y, T)**: es igual que el anterior, pero con T en lugar de Z. Sirve para controlar la cuarta coordenada.

Los dos comparten el plano XY con el mismo origen, la misma orientación y la misma escala. Los ejes X e Y actúan como una «bisagra»: lo que se dibuja en un espacio tiene que ser compatible con lo que se dibuja en el otro.

3.2. Los dos diedros y su disposición en la lámina

Cada espacio se representa con un diedro clásico, con su plano horizontal, su plano vertical y su línea de tierra (Figura 1):

Diedro	Espacio	Plano horizontal	Plano vertical	Línea de tierra
Diedro 1	(X, Y, Z)	XY (planta)	XZ (alzado Z)	LT_1 = eje X
Diedro 2	(X, Y, T)	XY (planta)	XT (alzado T)	LT_2 = eje X

Regla de disposición. En la lámina, el Diedro 2 (X, Y, T) se dibuja **encima** del Diedro 1 (X, Y, Z), con las dos líneas de tierra paralelas, el mismo origen O y la misma escala en X.

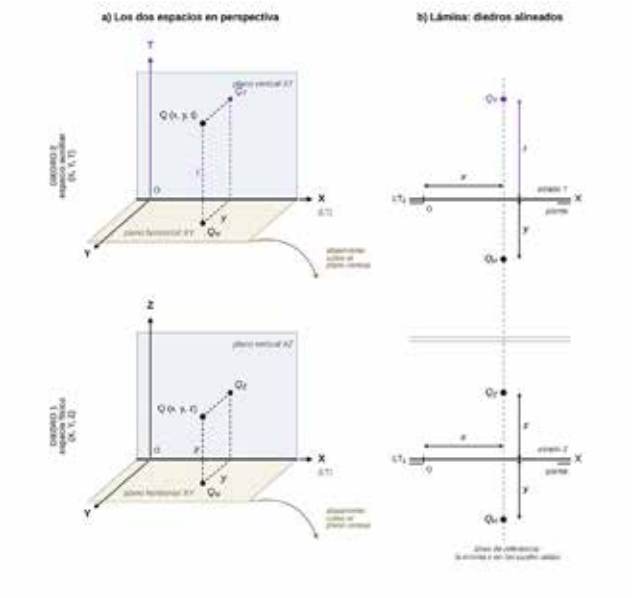


Figura 1. Sistema bi-diédrico. a) Los dos espacios en perspectiva: un punto Q tiene planta QH y alzado QT en el espacio (X, Y, T), y planta QH y alzado QZ en el espacio (X, Y, Z). b) Lámina: tras abatir el plano horizontal sobre el vertical, el Diedro 2 queda encima del Diedro 1 y una misma línea de referencia vertical recorre las cuatro proyecciones.

Así, cualquier abscisa x ocupa la misma vertical en las cuatro vistas y se transporta de una vista a otra con una simple línea de referencia vertical. Esta alineación es lo que hace operativo el sistema: si los diedros no estuvieran alineados, habría que trasladar las medidas a compás y se perdería la comprobación visual.

3.3. Representación de un punto 4D

Un punto $Q = (x, y, z, t)$ queda representado por cuatro proyecciones planas:

Proyección	Vista	Coordenadas que muestra
Q_H	planta (igual en los dos diedros)	(x, y)
Q_Z	alzado del Diedro 1	(x, z)
Q_T	alzado del Diedro 2	(x, t)

Para que el punto esté bien definido deben cumplirse dos **condiciones de coherencia**, equivalentes a la correspondencia entre planta y alzado en el diédrico:

- Las cuatro proyecciones están sobre la **misma línea de referencia vertical** (misma x).
- Las **dos plantas coinciden** (misma y).

REVISTA MAPPING VOL.35 Nº224 2026 ISSN: 1131-9100

Si alguna no se cumple, la construcción contiene un error. La diferencia entre la altura física z y el «nivel» t sólo aparece en los alzados: z se mide desde LT_1 y *t* desde LT_2.

Notación. Las proyecciones se indican con subíndices: Q_H (planta), Q_Z (alzado Z) y Q_T (alzado T). La imagen proyectada de un punto se indica con prima: Q'. Para no confundirlo con el vértice F del teseracto, el **foco de proyección** se designa con la letra griega Φ.

3.4. Figuras situadas en un nivel T constante

Muchas figuras del teseracto, en particular sus celdas cúbicas, están contenidas en un hiperplano $T = T_0$. Para ellas:

- En el **alzado T** todos sus puntos quedan sobre una misma horizontal, a la altura T_0: la figura se ve «de canto».
- Sus distancias, ángulos y paralelismos no dependen de T, así que se leen directamente en el **Diedro 1**, como en cualquier figura 3D.

Dicho de otro modo: el Diedro 2 indica en qué «capa» 4D se encuentra cada figura; una vez fijada la capa, su forma real se estudia en el Diedro 1.

4. EL TESERACTO (HIPERCUBO 4D)

4.1. Definición

El teseracto o hipercubo es a la cuarta dimensión lo que el cuadrado es a la segunda y el cubo a la tercera. Puede construirse por desplazamientos sucesivos (Figura 2): un punto desplazado según X genera un segmento; el segmento desplazado según Y, un cuadrado; el cuadrado desplazado según Z, un cubo; y el cubo desplazado según T, el teseracto. En cada paso la figura nueva está formada por **dos copias de la anterior unidas por aristas en la dirección nueva**.

Con coordenadas, el teseracto unidad es el conjunto de puntos que cumplen

$$0 \leq x, y, z, t \leq 1$$

Vértices: todas las combinaciones de 0 y 1 en las cuatro coordenadas, es decir, $2^4 = 16$.

- **Aristas:** unen dos vértices que difieren en una sola coordenada. Hay 32, y en cada vértice concurren 4 (una por cada dirección X, Y, Z y T), perpendiculares entre sí.
- **Caras:** 24 cuadrados.
- **Celdas:** 8 cubos. Cada celda se obtiene fijando una coordenada (en 0 o en 1) y dejando libres las otras tres.

Elemento	Cuadrado (2D)	Cubo (3D)	Teseracto (4D)
Vértices	4	8	16
Aristas	4	12	32
Caras cuadradas	1	6	24
Celdas cúbicas	–	1	8

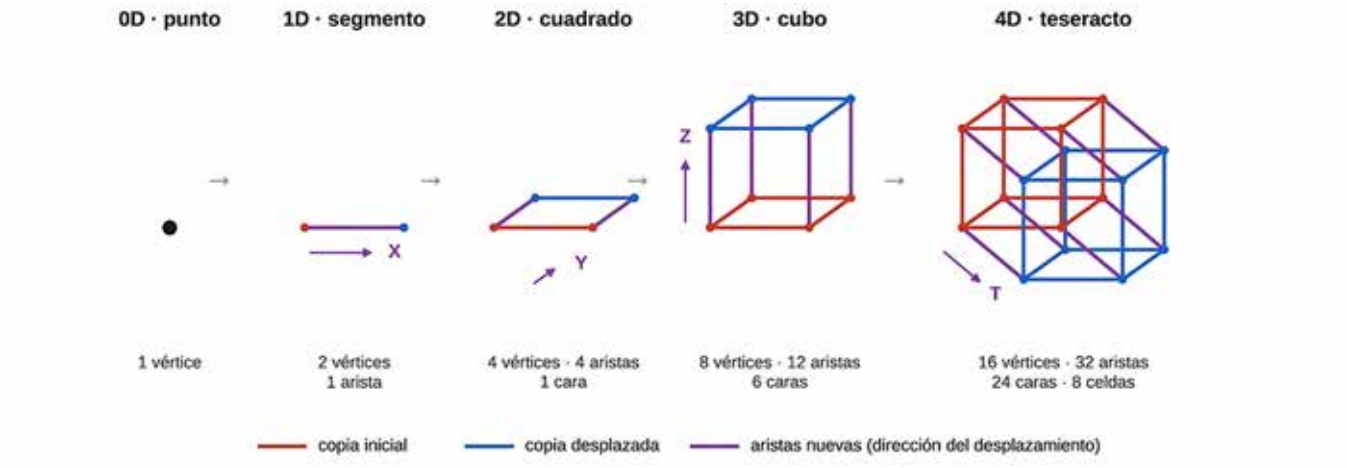


Figura 2. Del punto al teseracto. Cada figura está formada por dos copias de la anterior (rojo y azul) unidas por aristas en una dirección nueva (morado). El teseracto son dos cubos unidos por 8 aristas en dirección T.

Igual que la superficie de un cubo está formada por 6 cuadrados, la «superficie» del teseracto está formada por 8 cubos.

El teseracto es un politopo **regular**: todas sus aristas, caras y celdas son iguales.

4.2. Interpretación útil para el sistema bi-diédrico

La forma más práctica de entender el teseracto es como **dos cubos iguales situados en dos niveles de la cuarta dimensión** (por ejemplo, uno en $T = T_1$ y otro en $T = T_2$) cuyos vértices correspondientes están unidos por aristas paralelas al eje T. Esta lectura encaja directamente con el sistema:

La **forma de cada cubo** (cada nivel $T = cte.$) se estudia en el Diedro 1 (X, Y, Z).

La **conexión entre niveles**, es decir, las aristas paralelas a T, se ve en el Diedro 2 (X, Y, T).

5. LA PROYECCIÓN CENTRAL 4D → 3D

El teseracto no puede verse directamente en 3D: lo que podemos ver es su **proyección** sobre un espacio tridimensional, que identificamos con un hiperplano de llegada $T = T_1$. En este apartado se deducen paso a paso las fórmulas de esa proyección.

5.1. Recta proyectante

Sean $Q = (x, y, z, t)$ un punto del objeto y $\Phi = (X_\Phi, Y_\Phi, Z_\Phi, T_\Phi)$ el foco, ambos en el espacio 4D. La recta que los une se describe con un parámetro λ:

$$r(\lambda) = \Phi + \lambda\,(Q - \Phi)$$

es decir, componente a componente:

$$\begin{aligned} X(\lambda) &= X_\Phi + \lambda(x - X_\Phi) \\ Y(\lambda) &= Y_\Phi + \lambda(y - Y_\Phi) \\ Z(\lambda) &= Z_\Phi + \lambda(z - Z_\Phi) \\ T(\lambda) &= T_\Phi + \lambda(t - T_\Phi) \end{aligned}$$

Para $\lambda = 0$ estamos en el foco; para $\lambda = 1$, en el punto Q; los demás valores recorren toda la recta.

5.2. Corte con el hiperplano de llegada

La imagen Q' es el punto de la recta que está en el hiperplano $T = T_1$. Basta imponer esa condición a la cuarta coordenada:

$$T_\Phi + \lambda(t - T_\Phi) = T_1$$
$$\lambda = \frac{T_1 - T_\Phi}{t - T_\Phi}$$

Este valor de λ es el mismo para las cuatro coordenadas, porque describe un único punto de la recta.

5.3. Fórmulas generales

Sustituyendo λ en las tres primeras componentes se obtienen las coordenadas del punto proyectado $Q' = (X', Y', Z', T_1)$:

$$\begin{aligned} X' &= X_\Phi + \frac{T_1 - T_\Phi}{t - T_\Phi}(x - X_\Phi) \\ Y' &= Y_\Phi + \frac{T_1 - T_\Phi}{t - T_\Phi}(y - Y_\Phi) \\ Z' &= Z_\Phi + \frac{T_1 - T_\Phi}{t - T_\Phi}(z - Z_\Phi) \end{aligned}$$

Como la cuarta coordenada de Q' vale siempre T_1, el punto proyectado se interpreta directamente como un punto del espacio físico (X, Y, Z).

5.4. Celdas con T constante: la proyección es una homotecia

En el teseracto, cada celda que se proyecta tiene todos sus puntos en el mismo nivel $t = T_2$. Entonces el factor

$$\lambda = \frac{T_1 - T_\Phi}{T_2 - T_\Phi}$$

es **el mismo para todos sus puntos** (no depende de x, y ni z) y las fórmulas se reducen a:

$$\begin{aligned} X' &= X_\Phi + \lambda(x - X_\Phi) \\ Y' &= Y_\Phi + \lambda(y - Y_\Phi) \\ Z' &= Z_\Phi + \lambda(z - Z_\Phi) \end{aligned}$$

Es decir: **la proyección de una celda es una homotecia de centro** (X_Φ, Y_Φ, Z_Φ) **y razón** λ. Por eso una celda cúbica se proyecta como otro cubo, semejante al original, más grande o más pequeño según el valor de λ (Figura 3):

Si el foco está **más allá** de la celda $(T_\Phi > T_2 > T_1)$, $\lambda > 1$: la celda se ve **ampliada**.

Si el foco está **al otro lado** del hiperplano de llegada $(T_\Phi < T_1 < T_2)$, $0 < \lambda < 1$: la celda se ve **reducida**. Este es el origen del «cubo interior» de muchas representaciones del teseracto.

Una celda contenida en el propio hiperplano de llegada $(T_2 = T_1)$ tiene $\lambda = 1$: **no se mueve**.

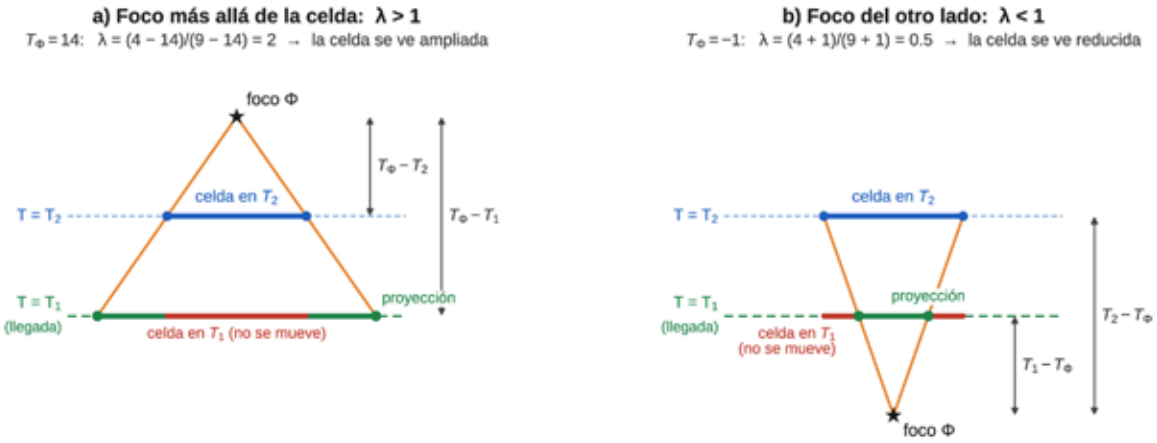


Figura 3. Principio de la proyección central, visto en el alzado T. Los rayos que salen del foco Φ y pasan por la celda situada en T2 cortan al hiperplano de llegada T1; el cociente de las distancias al foco es la razón de homotecia λ. a) Foco más allá de la celda: ampliación. b) Foco al otro lado: reducción.

6. CONSTRUCCIÓN GRÁFICA EN EL SISTEMA BI-DIÉDRICO

Las fórmulas del apartado anterior tienen una traducción gráfica directa en la lámina. Para proyectar un vértice *Q*, situado en $T = T_2$, sobre el hiperplano $T = T_1$ se procede así:

Paso 0 · Datos. Se representan el foco Φ y el vértice Q en los dos diedros: Φ_T y Q_T en el alzado T, Φ_H y Q_H en las plantas, Φ_Z y Q_Z en el alzado Z.
Paso 1 · Alzado T: hallar x'. Se traza el rayo $\Phi_T\, Q_T$ y se prolonga hasta la horizontal $T = T_1$. El punto de corte Q'_T da la abscisa x' del punto proyectado. Es el corte de la recta proyectante con el hiperplano de llegada, que en esta vista se ve de canto.
Paso 2 · Planta: hallar y'. Desde Q'_T se baja una línea de referencia vertical. Donde corta a la planta del rayo, $\Phi_H\, Q_H$, está Q'_H, que da y'. Como las dos plantas son iguales, Q'_H se marca en ambas.
Paso 3 · Alzado Z: hallar z'. La misma línea de referencia continúa hasta el alzado Z, donde corta al rayo $\Phi_Z\, Q_Z$ en Q'_Z, que da z'.
Comprobación. Q'_T, Q'_H y Q'_Z están sobre la misma vertical, y en cualquiera de las vistas la distancia de Φ a Q' es λ veces la distancia de Φ a Q.

El procedimiento sólo funciona porque **los diedros están alineados uno encima del otro**: la abscisa *x'* obtenida en el Diedro 2 baja al Diedro 1 sin medir nada. Es exactamente la misma operación que, en el diédrico, permite pasar de la planta al alzado.

Caso particular. Si la planta del rayo es perpendicular a la LT ($x = x_\Phi$), la línea de referencia coincide con el rayo y el paso 2 no da un punto de corte. En ese caso basta llevar sobre la planta del rayo la razón λ leída en el alzado T, o bien hacer un cambio de plano.

En todas las láminas se usa el mismo código de colores: **rojo** para la celda en el hiperplano de llegada, **azul** para la celda que se proyecta, **verde** para su proyección, **morado** para las aristas en dirección T y **naranja** para los rayos que salen del foco. Las líneas discontinuas verticales son líneas de referencia.

7. EJEMPLO COMPLETO: CONSTRUCCIÓN GRÁFICA Y CÁLCULO

7.1. Datos

Se toma un teseracto de arista 5 formado por dos celdas cúbicas idénticas, una en $T = 4$ y otra en $T = 9$. Los cubos están girados en planta: su base es el cuadrado $ABCD$, cuyos lados miden 5 (por ejemplo, $AB = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$).
Los vértices $I, J, \ldots, P$ tienen las mismas coordenadas (x, y, z) que $A, B, \ldots, H$ y sólo se diferencian en T: $\Delta T = 9 - 4 = 5$, igual que la arista. Los segmentos $AI, BJ, \ldots, HP$ son las 8 aristas en dirección T.

- **Hiperplano de llegada:** $T = 4$. La celda 1 está contenida en él, así que no se mueve $(\lambda = 1)$. Sólo hay que proyectar la celda 2.
- **Foco:** $\Phi = (5.5, 7.5, 9.5, 14)$. En (X, Y, Z) coincide con el centro del cubo; en T está por encima de las dos celdas.

La Figura 4 muestra estos datos en el sistema bi-diédrico. Es la primera comprobación de que el sistema aporta información: en la planta y en el alzado Z las dos celdas **coinciden**, y sólo el alzado T las separa.

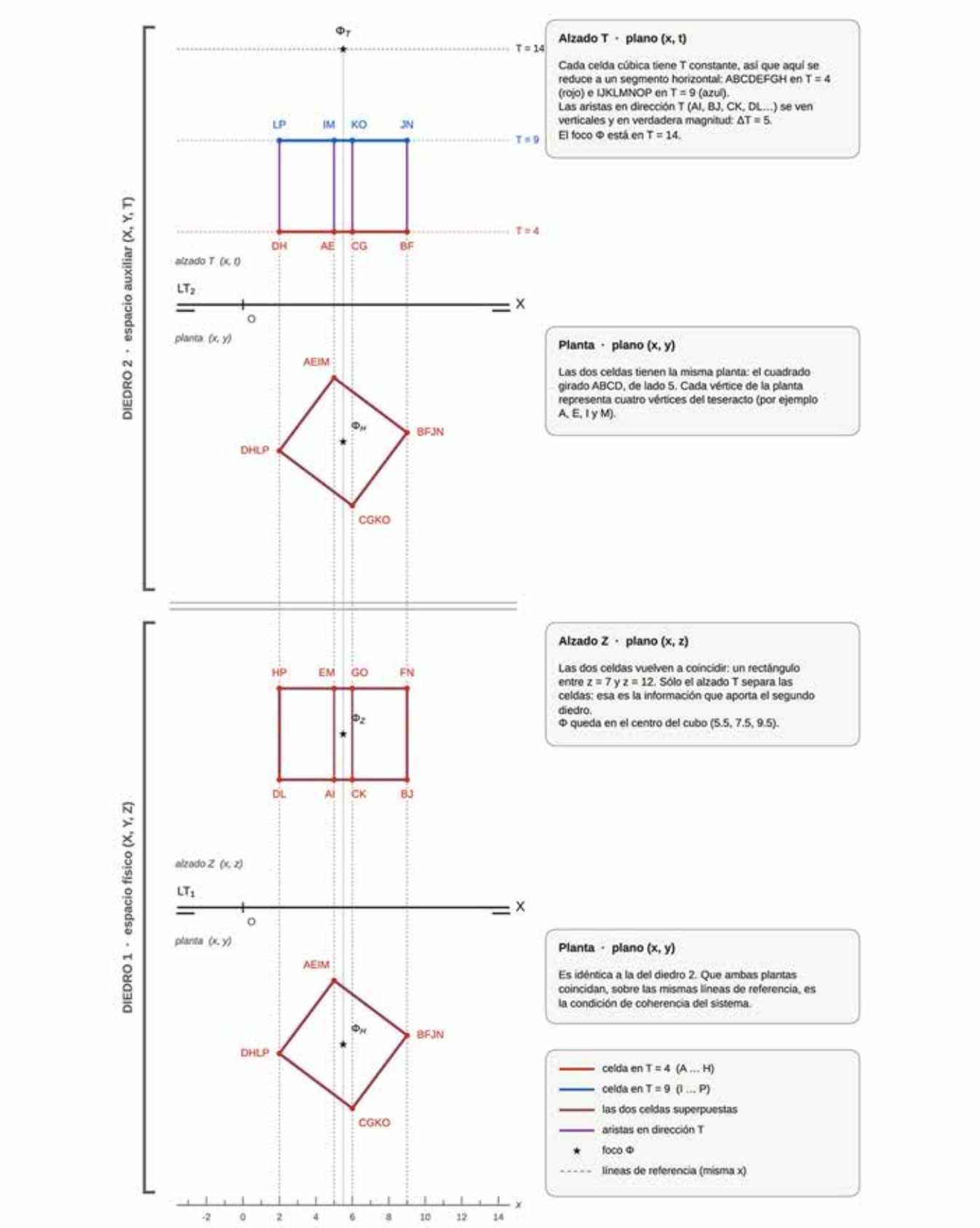


Figura 4. Datos del ejemplo en el sistema bi-diédrico, con el Diedro 2 (X, Y, T) encima del Diedro 1 (X, Y, Z). En el alzado T cada celda se ve como un segmento horizontal (T = 4 y T = 9) y las aristas en dirección T como segmentos verticales. En planta y en alzado Z las dos celdas se superponen. Las líneas de referencia enlazan las cuatro vistas.

Celda 1 · T = 4 (hiperplano de llegada)				Celda 2 · T = 9 (celda que se proyecta)			
Vértice	X	Y	Z	Vértice	X	Y	Z
A	5	4	7	I	5	4	7
B	9	7	7	J	9	7	7
C	6	11	7	K	6	11	7
D	2	8	7	L	2	8	7
E	5	4	12	M	5	4	12
F	9	7	12	N	9	7	12
G	6	11	12	O	6	11	12
H	2	8	12	P	2	8	12

Tabla 1. Coordenadas de los 16 vértices

7.2. Cálculo numérico

En este punto se calcula dónde cae cada vértice de la celda 2 (la que está en $T = 9$) cuando se proyecta desde el foco $\Phi = (5.5, 7.5, 9.5, 14)$ sobre el hiperplano $T = 4$. La celda 1 no hace falta calcularla: ya está en $T = 4$ y se queda donde está. El cálculo se hace en cinco pasos.

Paso 1. La recta que une el foco con un vértice. Un vértice cualquiera de la celda 2 se escribe $P = (x, y, z, 9)$. La recta que va del foco a ese vértice es $r(\lambda) = \Phi + \lambda\,(P - \Phi)$, y coordenada a coordenada queda:

$$X(\lambda) = 5.5 + \lambda(x - 5.5)$$
$$Y(\lambda) = 7.5 + \lambda(y - 7.5)$$
$$Z(\lambda) = 9.5 + \lambda(z - 9.5)$$
$$T(\lambda) = 14 + \lambda(9 - 14) = 14 - 5\lambda$$

El número λ indica en qué punto de la recta estamos: con $\lambda = 0$ estamos en el foco y con $\lambda = 1$ estamos en el vértice.

Paso 2. Dónde corta la recta al hiperplano T = 4. Buscamos el valor de λ para el que la cuarta coordenada vale 4:

$$14 - 5\lambda = 4$$
$$5\lambda = 10$$
$$\lambda = 2$$

Es el mismo resultado que da la fórmula general de la proyección:

$$\lambda = \frac{T_1 - T_\Phi}{T_2 - T_\Phi} = \frac{4 - 14}{9 - 14} = 2$$

¿Qué significa λ = 2? Que la imagen está al doble de distancia del foco que el vértice. Se ve fácilmente en la coordenada T: del foco $(T = 14)$ a la celda $(T = 9)$ hay 5 unidades, y del foco al hiperplano $(T = 4)$ hay 10, el doble. Por eso la celda 2 se verá **ampliada al doble**.

Paso 3. Las fórmulas de proyección. Se sustituye $\lambda = 2$ en las tres primeras coordenadas y se simplifica:

$$X' = 5.5 + 2(x - 5.5) = 2x - 5.5$$
$$Y' = 7.5 + 2(y - 7.5) = 2y - 7.5$$
$$Z' = 9.5 + 2(z - 9.5) = 2z - 9.5$$

La regla es muy sencilla: **cada coordenada de la imagen es el doble de la del vértice menos la del foco**. La cuarta coordenada de todas las imágenes es $T = 4$.

Paso 4. Un ejemplo: el vértice I. El vértice *I* = (5, 4, 7, 9) se proyecta así:

$$X' = 2 \cdot 5 - 5.5 = 4.5$$
$$Y' = 2 \cdot 4 - 7.5 = 0.5$$
$$Z' = 2 \cdot 7 - 9.5 = 4.5$$

Su imagen es, por tanto, $I' = (4.5,\ 0.5,\ 4.5)$ en el hiperplano $T = 4$.

Paso 5. Los ocho vértices. Haciendo lo mismo con todos los vértices de la celda 2 se obtiene la Tabla 2.

Comprobación. Si el cálculo es correcto, la celda proyectada tiene que ser un cubo de arista 10 (el doble de 5). Basta medir dos aristas:

$$I'J' = \sqrt{(12.5 - 4.5)^2 + (6.5 - 0.5)^2}$$
$$= \sqrt{64 + 36} = 10$$
$$I'M' = 14.5 - 4.5 = 10$$

Además, el centro del cubo proyectado es $(5.5, 7.5, 9.5)$, el mismo punto que el foco en (X, Y, Z) y que el centro de la celda 1. Es decir: **la celda 1 queda dentro, en verdadera magnitud, y la celda 2 la rodea con el doble de tamaño**, que es la imagen clásica del teseracto.

Como resumen se obtiene la Tabla 2.

Vértice (x, y, z)	X' = 2x – 5.5	Y' = 2y – 7.5	Z' = 2z – 9.5	Imagen
I (5, 4, 7)	2·5 – 5.5 = **4.5**	2·4 – 7.5 = **0.5**	2·7 – 9.5 = **4.5**	I' (4.5, 0.5, 4.5)
J (9, 7, 7)	2·9 – 5.5 = **12.5**	2·7 – 7.5 = **6.5**	2·7 – 9.5 = **4.5**	J' (12.5, 6.5, 4.5)
K (6, 11, 7)	2·6 – 5.5 = **6.5**	2·11 – 7.5 = **14.5**	2·7 – 9.5 = **4.5**	K' (6.5, 14.5, 4.5)
L (2, 8, 7)	2·2 – 5.5 = **–1.5**	2·8 – 7.5 = **8.5**	2·7 – 9.5 = **4.5**	L' (–1.5, 8.5, 4.5)
M (5, 4, 12)	2·5 – 5.5 = **4.5**	2·4 – 7.5 = **0.5**	2·12 – 9.5 = **14.5**	M' (4.5, 0.5, 14.5)
N (9, 7, 12)	2·9 – 5.5 = **12.5**	2·7 – 7.5 = **6.5**	2·12 – 9.5 = **14.5**	N' (12.5, 6.5, 14.5)
O (6, 11, 12)	2·6 – 5.5 = **6.5**	2·11 – 7.5 = **14.5**	2·12 – 9.5 = **14.5**	O' (6.5, 14.5, 14.5)
P (2, 8, 12)	2·2 – 5.5 = **–1.5**	2·8 – 7.5 = **8.5**	2·12 – 9.5 = **14.5**	P' (–1.5, 8.5, 14.5)

Tabla 2. Proyección de la celda 2 sobre T = 4 (λ = 2)

Vértice (T = 9)				Proyectado (T = 4)			
Vértice	x	y	z	Vértice	X'	Y'	Z'
I	5	4	7	I'	4.5	0.5	4.5
J	9	7	7	J'	12.5	6.5	4.5
K	6	11	7	K'	6.5	14.5	4.5
L	2	8	7	L'	–1.5	8.5	4.5
M	5	4	12	M'	4.5	0.5	14.5
N	9	7	12	N'	12.5	6.5	14.5
O	6	11	12	O'	6.5	14.5	14.5
P	2	8	12	P'	–1.5	8.5	14.5

Tabla 2. Vértices de la celda 2 y sus proyecciones sobre T = 4

7.3. Construcción gráfica

La Figura 5 aplica los tres pasos del apartado 6 a un solo vértice, $J = (9, 7, 7, 9)$. El rayo $\Phi_T J_T$ corta a $T = 4$ en $x' = 12.5$ (paso 1); la línea de referencia de x' corta a la planta del rayo en $y' = 6.5$ (paso 2) y a su alzado Z en $z' = 4.5$ (paso 3). Resulta $J' = (12.5, 6.5, 4.5)$, el mismo valor que da el cálculo.

Obsérvese que J y N tienen la misma planta y el mismo alzado T (sólo difieren en z), de modo que los pasos 1 y 2 sirven para los dos y sólo el paso 3 es distinto. Lo mismo ocurre con las parejas $I–M$, $K–O$ y $L–P$. Por eso, en el alzado T bastan cuatro rayos para proyectar los ocho vértices.

Repitiendo la construcción para los ocho vértices se obtiene la lámina completa (Figura 6). En ella, el cubo proyectado aparece en planta como el cuadrado verde $I'J'K'L'$, homotético del $ABCD$ con centro Φ_H y razón 2, y en alzado Z como el rectángulo verde comprendido entre $z' = 4.5$ y $z' = 14.5$.

Resultado en el espacio físico: La Figura 7 muestra el resultado en perspectiva. En el espacio auxiliar (X, Y, T) se ve el haz de rayos que sale de Φ, atraviesa la celda en $T = 9$ y llega al hiperplano $T = 4$. En el espacio físico (X, Y, Z) aparece la imagen del teseracto:

- **Cubo rojo ABCDEFGH:** la celda en $T = 4$, en verdadera magnitud (arista 5).
- **Cubo verde I'J'K'L'M'N'O'P':** la celda en $T = 9$, ampliada al doble porque está más cerca del foco (arista 10).
- **Ocho segmentos morados:** las aristas en dirección T.
- **Las otras seis celdas** del teseracto (por ejemplo, la que forman las caras $ABFE$ e $IJNM$) se ven como troncos de pirámide entre una cara del cubo rojo y la cara correspondiente del cubo verde.

El recuento confirma que no falta nada: 16 vértices, 32 aristas (12 rojas, 12 verdes y 8 moradas), 24 caras (6 + 6 + 12 trapecios) y 8 celdas (2 cubos y 6 troncos de pirámide), exactamente los elementos del teseracto.

Comprobación: La construcción gráfica y el cálculo coinciden en los ocho vértices. Además se cumplen todas las propiedades que predice la teoría:

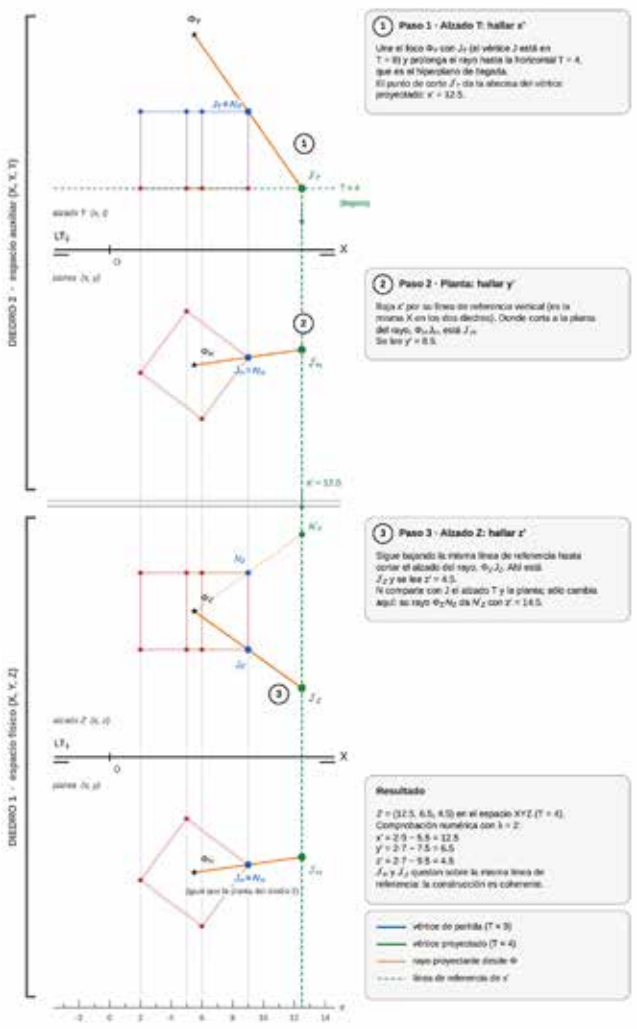


Figura 5. Construcción de un vértice paso a paso (J → J'). 1) En el alzado T, el rayo desde ΦT da la abscisa x' sobre T = 4. 2) Bajando por la línea de referencia, la planta del rayo da y'. 3) Siguiendo la misma línea, el alzado Z del rayo da z'. El vértice N, con la misma planta y el mismo alzado T que J, sólo cambia en el paso 3.

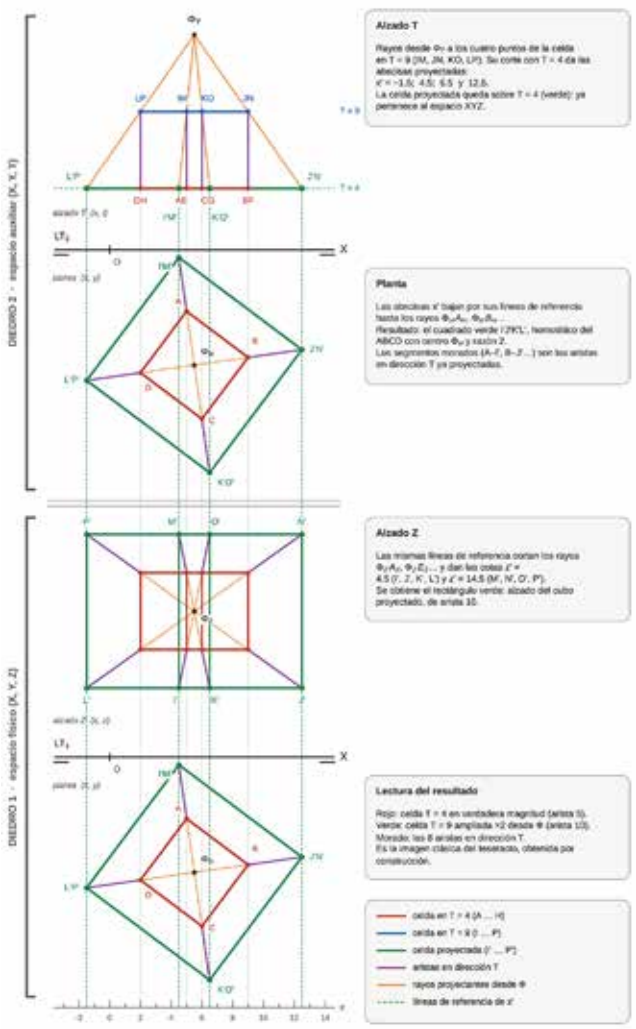


Figura 6. Lámina completa de la proyección del teseracto en el sistema bi-diédrico. Rojo: celda en T = 4, que no se mueve. Verde: celda en T = 9 proyectada desde Φ sobre T = 4. Morado: aristas en dirección T ya proyectadas. Las líneas de referencia verdes llevan cada abscisa x' del alzado T a la planta y al alzado Z.

- El cubo proyectado tiene arista $10 = \lambda \cdot 5$; por ejemplo, $I'J' = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10$.
- Su centro es $(5.5,\ 7.5,\ 9.5)$, el mismo que el del cubo original y que la posición del foco en (X, Y, Z): la homotecia tiene su centro en Φ.
- Cada arista en dirección T, por ejemplo AI, se proyecta en el segmento AI', que está sobre el rayo que sale de Φ. Por eso las 8 aristas en dirección T aparecen como segmentos radiales.
- Se conservan las incidencias: cada vértice proyectado sigue unido a los mismos vecinos que en 4D.
- En la lámina, las proyecciones de cada vértice están sobre una misma línea de referencia y las dos plantas son idénticas: se cumplen las condiciones de coherencia del apartado 3.3.

8. COMPROBACIÓN

La construcción gráfica y el cálculo coinciden en los ocho vértices. Además se cumplen todas las propiedades que predice la teoría:

- El cubo proyectado tiene arista $10 = \lambda \cdot 5$; por ejemplo, $I'J' = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10$.
- Su centro es $(5.5,\ 7.5,\ 9.5)$, el mismo que el del cubo original y que la posición del foco en (X, Y, Z): la homotecia tiene su centro en Φ.
- Cada arista en dirección T, por ejemplo AI, se proyecta en el segmento AI', que está sobre el rayo que sale de Φ. Por eso las 8 aristas en dirección T aparecen como segmentos radiales.
- Se conservan las incidencias: cada vértice proyectado sigue unido a los mismos vecinos que en 4D.

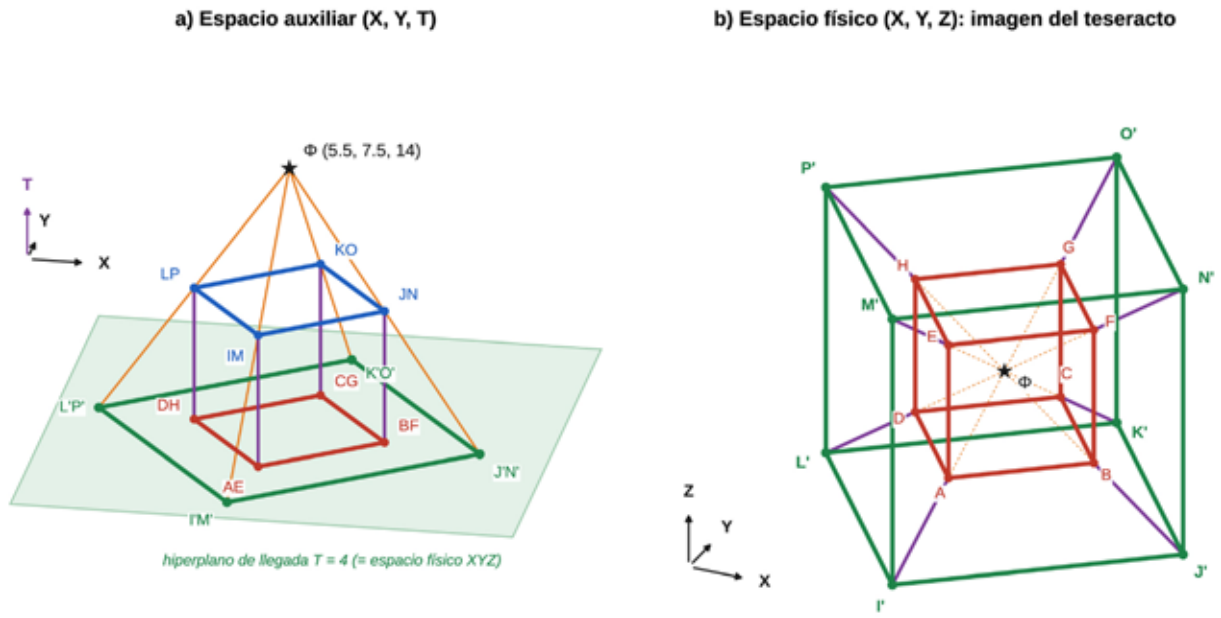


Figura 7. Resultado en perspectiva. a) Espacio auxiliar (X, Y, T): rayos desde Φ que atraviesan la celda en T = 9 y cortan al hiperplano de llegada T = 4. b) Espacio físico (X, Y, Z): imagen del teseracto, con la celda en T = 4 (rojo), la celda en T = 9 proyectada (verde) y las aristas en dirección T (morado).

- En la lámina, las proyecciones de cada vértice están sobre una misma línea de referencia y las dos plantas son idénticas: se cumplen las condiciones de coherencia del apartado 3.3.

9. CONCLUSIÓN

El sistema bi-diédrico extiende el diédrico a cuatro dimensiones sin cambiar sus reglas: dos diedros, (X, Y, Z) y (X, Y, T), dibujados uno encima del otro y enlazados por el eje X.

La alineación vertical de los diedros es la clave operativa: permite llevar abscisas de un espacio a otro con simples líneas de referencia y comprobar la coherencia de cada punto.

La proyección central 4D → 3D queda definida por un foco y un hiperplano de llegada. Para celdas con T constante es una homotecia de razón $\lambda = (T_1 - T_\Phi) / (T_2 - T_\Phi)$, que explica el tamaño relativo de los cubos en la imagen del teseracto.

En el ejemplo, la construcción gráfica y el cálculo coinciden en todos los vértices, y la imagen clásica del teseracto aparece como consecuencia de una construcción definida, no como un dibujo interpretativo.

El mismo marco puede aplicarse a otros problemas 4D, como secciones por hiperplanos, intersecciones, paralelismos y verdaderas magnitudes, que quedan como líneas de trabajo futuras.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Enrique Rey Rey, del IES de Cee, por despertar en mí la pasión por la geometría descriptiva.

REFERENCIAS

Izquierdo Asensi, F. (1980). *Geometría descriptiva*.

Sobre los autores

José Ignacio Rivas Negreira

Profesional con amplia experiencia en el Desarrollo de Negocio en España y América de Sur (Uruguay, Ecuador, Bolivia, Paraguay, Perú, Brasil) durante los últimos 20 años. Gran conocimiento de obras civiles e infraestructuras con aporte de soluciones constructivas y de diseño. Miembro del comité de gerencia de varios consorcios de obras de infraestructuras. Miembro de la Mesa de Organización de la Feria EXPO ECOMIN. Socio de MENSA PERÚ. Profesor de Topografía y Geodesia en Ingeniería Ambiental y Arquitectura en la Universidad Privada del Norte.

¿Cómo se mide la altura de las montañas?

How is mountain height measused?

David Segura Pedarrós
Andreu Alvarruiz Serrano

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 16-28
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

El presente escrito es un repaso por los principales métodos de medición de altura de las montañas a lo largo de la historia llegando hasta nuestros días, donde un equipo de ingenieros en geomática y topografía llamados Sostremetries, está actualizando las cotas de toda la cordillera del Pirineo con la tecnología y los métodos más precisos del momento, elaborando así una nueva la lista de los tres miles basada en criterios objetivos y mediciones precisas.

Abstract

This paper reviews the main methods for measuring mountain heights throughout history up to the present day. Currently, a team of geomatics and surveying engineers called Sostremetries is updating the elevations of the entire Pyrenees range using the most precise technology and methods available. This project aims to establish a new list of "three-thousanders" (peaks over 3,000 meters) based on objective criteria and accurate measurements.

Palabras clave: Geomática; Topografía; Cota; Nivel del mar; Precisión; Prominencia; LiDAR; GNSS.

Keywords: Geomatics; Surveying; Elevation; Sea level; Accuracy; Prominence; LiDAR; GNSS

Ingenieros en Geomática y Topografía. Universidad Politécnica de Catalunya. Miembros del equipo Sostremetries
sostremetries@gmail.com

Recepción 08/04/2026
Aprobación 15/04/2026

1. INTRODUCCIÓN

La altitud publicada para la amplia mayoría de cumbres de todo el mundo contiene errores de hasta varios metros. Prueba de ello es que, en función de la cartografía consultada, la altitud que encontramos para un mismo pico a menudo puede variar entre uno y cinco metros, y puntualmente hasta en más de veinte. Incluso si nos limitamos a repasar los mapas de una misma editorial, la altitud puede sufrir variaciones a lo largo de sus diferentes ediciones.

¿Pero por qué sucede esto? ¿No se han medido bien?

El equipo de Sostremetries formado por cinco profesionales de la medición, nos explica en este reportaje quién establece la altitud de las montañas, qué técnicas se suelen utilizar para medirlas y hasta qué punto son fiables los valores que podemos encontrar publicados.

2. LAS PRIMERAS MEDICIONES

A la hora de medir la altitud de las montañas, muy lejos en el tiempo han quedado aquellos primeros métodos utilizados a finales del siglo XVIII por el físico, naturalista y geólogo suizo Horace-Bénédict de Saussure. Hasta entonces, nadie había conseguido hollar el techo de los Alpes y la única manera de medir su altitud era por métodos trigonométricos desde su misma base, pero en aquella época las tablas con correcciones de refracción atmosférica todavía no eran suficientemente fiables.

El 3 de agosto de 1787, un año después de la primera ascensión al Mont-Blanc, Saussure fue conducido hasta la cumbre por aquellos mismos pioneros, Michel-Gabriel Paccard y Jacques Balmat, con el objetivo de determinar su altitud. Entre los diferentes instrumentos que cargaron hasta la cima con la ayuda de 18 guías y un mayordomo personal, portaban una versión mejorada del barómetro de mercurio de Torricelli.



Figura 1. Ilustración de la ascensión de Horace Bénédict de Saussure al Mont Blanc. Fuente: DuBois 1840.

La nivelación barométrica de Saussure permitió establecer una nueva altitud del Mont-Blanc de 4775 m sobre el nivel del mar, tan sólo 12 metros menor que el valor que obtuvo una década antes Sir George Shuckburgh mediante nivelación trigonométrica desde Ginebra (Kasser 2015). Sorprendentemente, los valores que obtuvieron tanto Saussure como Shuckburg no quedaron demasiado lejos de los 4807.81 m medidos por la *Union Nationale des Géomètres-Experts* de Francia el 17 de septiembre de 2021, como parte de su programa bianual de campañas que realizan utilizando receptores GNSS profesionales (acrónimo en inglés de *Global Navigation Satellite System*).

Avanzando en el tiempo, debemos hacer un alto a principios del siglo XIX en plenas campañas del *Great Trigonometric Survey* (GTS), un levantamiento topográfico que estaba llevando a cabo el imperio británico con el objetivo de cartografiar la India. Hasta finales del siglo XVIII, el mundo entero pensaba que la cordillera de los Andes era la más alta del planeta. Sin embargo, esto estaba a punto de cambiar.



Figura 2. Detalle de la red de triangulación del Gran Levantamiento Trigonométrico de la India en 1870 bajo la supervisión del superintendente James Thomas Walker. Fuente: Walker 1870.

Una primera cumbre al oeste de Nepal, conocida localmente como Nanda Devi, con sus 7800 m de altitud, fue la primera en desbancar los Andes como techo del mundo, pero a medida que los cartógrafos avanzaban, irían apareciendo nuevos candidatos. El principal obstáculo era que el gobierno de Katmandú no permitía la entrada de los exploradores a la mayor parte del territorio nepalí y esto les obli-

gaba a proyectar larguísimas visuales desde la frontera. Por ejemplo, unas mediciones preliminares realizadas por William Webb en 1808 ya hacían pensar que el Dhaulagiri sobrepasaba los 8000 m, pero con unos ángulos tan cercanos al horizonte y con demasiada incertidumbre en sus correcciones de refracción atmosférica no se atrevieron a hacer público el descubrimiento (Keay 2000).

En la Figura 2 se pueden apreciar las largas visuales de más de 150 km que se usaron para triangular la altitud de picos como el Dhaulagiri o el Everest desde la frontera entre la India y Nepal. En cambio, tanto el Nanda Devi como el Kanchenjunga pudieron observarse desde más cerca y en consecuencia con mayor exactitud.

Tras veinte años como superintendente al frente de este enorme proyecto, el topógrafo británico George Everest se retiró en 1843 por problemas de salud y Andrew Scott Waugh asumió el cargo. Cuatro años después, el nuevo superintendente se encontraba al norte de Sonakhoda haciendo mediciones para conectar la cadena de triángulos que transcurre al sur de la cordillera del Himalaya (*North East Longitudinal Series*) con la que pasa por el meridiano de Calcuta (*Calcutta Meridional Series*). Mientras Waugh realizaba observaciones desde las colinas de Darjeeling dirigió su teodolito hacia el norte para medir un relativamente cercano Kanchenjunga que se encontraba a tan solo 70 km. Esta nueva medición, más cercana y precisa, le permitió concluir que su altitud debía ser de al menos 8580 m, arrebatándole el título al Nanda Devi.

Pero la superioridad del Kanchenjunga también tenía los días contados. En cuestión de menos de tres años, John Armstrong, James Nicholson y el mismo Waugh, cada uno por su lado, realizaron observaciones a la misma cima que asomaba lejos en el horizonte a más de 150 km de distancia. Al verificar que el pico 'b' de Armstrong, el 'h' de Nicholson y el 'gamma' de Waugh eran en realidad una única montaña, pasaron a designarlo como *Peak XV* (Keay 2000). Sus cálculos preliminares les hacían pensar que el Peak XV podía ser incluso más alto que el Kanchenjunga, pero para confirmarlo necesitarían la ayuda del mejor matemático de la época.

Con tan sólo 18 años, el gran matemático bengalí y experto en trigonometría esférica Radhanath Sikdar entró a formar parte del equipo asumiendo el cargo de *Computador* para realizar complejos cálculos geodésicos cuando todavía no existían los ordenadores. Veinte años más tarde, en 1849, fue nombrado *Computador Jefe* y *Superintendente del Departamento de Meteorología*. Parece ser que Sikdar nunca llegó a participar en las campañas de medición del Everest (Lahiri 2016), pero Waugh confió en sus habilidades como geodesta para revisar los cálculos de la altitud del *Peak XV*.

Lejos de ser una simple relación trigonométrica, el cálculo de la altitud requirió refinar los coeficientes de refracción atmosférica, aplicar correcciones de marea, realizar ajustes de seis visuales por el método de mínimos cuadrados a mano

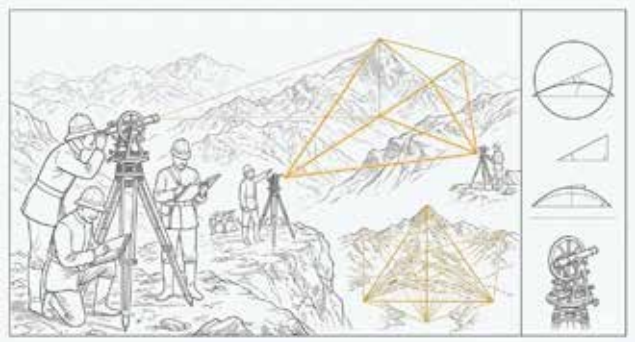


Figura 3. Las primeras mediciones de la altitud de montañas inaccesibles se realizaban mediante triangulación utilizando teodolitos desde al menos dos puntos de coordenadas conocidas. Fuente: Sostremetries 2026.

e incluso tener en cuenta la deflexión de la vertical causada por la sutil atracción gravitatoria del propio Himalaya y de las llanuras del Tíbet que tienen una influencia no despreciable sobre la verticalidad de la plomada en la vertiente sur de la cordillera (Pratt 1855).

El resultado fue un valor redondo de 29000 pies sobre el nivel del mar, pero Waugh decidió añadir un par de pies por temor a que la cifra pareciera un redondeo (Stegman 1982). Antes de sacar a la luz un descubrimiento de semejante envergadura, Waugh decidió guardar el secreto hasta asegurarse de que no hubieran cometido ningún error de cálculo. Cuatro años más tarde, en 1856, anunciaría públicamente la altitud del *Peak XV* como 29002 pies o 8840 m.

Fue en la misma publicación cuando el mismo Waugh decidió rebautizar nuevamente la montaña, esta vez con el nombre de Everest, en honor a su predecesor en el cargo, a pesar de la oposición del propio George Everest que era partidario de utilizar la toponimia local. Actualmente la montaña se conoce localmente como *Sagarmatha* en nepalí o *Chomolungma* en tibetano. Según Waugh, no fueron capaces de averiguar estos nombres locales ante la imposibilidad de entrar en Nepal (Keay 2000).

Los 8840 m sobre el nivel del mar se mantuvieron como cota oficial del Monte Everest durante prácticamente un siglo, hasta que en el año 1954 un nuevo estudio encabezado por el topógrafo indio Bihari Lal Gulatee elevó la cota de la cima a los 8848 m, calculada también por métodos trigonométricos, pero utilizando teodolitos más modernos, cálculos geodésicos más refinados, un geoide mejor modelado, apoyándose en una red de nivelación más precisa y realizando visuales más cortas gracias a la obertura de la frontera nepalí en 1950 (Gulatee 1954).

Las historias sobre las primeras mediciones del Mont Blanc y del Everest nos ilustran la dificultad de determinar la altitud de una cima con precisión. En el resto del artículo presentaremos las técnicas utilizadas hoy en día que, lejos de ser perfectas, permiten calcular altitudes suficientemente buenas como para calmar las necesidades de los excursionistas más exigentes.

REVISTA MAPPING VOL.35 Nº224 2026 ISSN: 1131-9100

3. LOS VUELOS FOTOGRAMÉTRICOS

Con el siglo XX y los primeros vuelos a motor llegó la era de la fotogrametría aérea y ésta sigue siendo hoy en día la técnica que se utiliza para calcular la altitud de prácticamente todas las montañas del planeta.

Esta técnica consiste en hacer mapas a partir de fotografías que se toman desde cualquier tipo de aeronave. El principio fundamental es el hecho de que, a partir de dos o más fotografías de un mismo objeto, pero tomadas desde puntos de vista ligeramente diferentes, se puede calcular la distancia entre la cámara y dicho objeto. Este concepto se conoce como "paralaje" y es el mismo principio que permite que los animales con visión binocular seamos capaces de calcular distancias cercanas con precisión. La paralaje también se utiliza por ejemplo para calcular la distancia hasta las estrellas más cercanas aprovechando que la Tierra cambia, relativamente poco, su punto de vista a lo largo del año.

El primer paso consiste en sobrevolar el territorio mientras se toman fotografías con una cámara de muy alta resolución. Al volver a tierra, las imágenes se descargan y se calibran para reducir las distorsiones inherentes a la óptica. El siguiente paso consiste en identificar en esas imágenes un puñado de elementos del terreno de coordenadas previamente conocidas. Luego, un complejo proceso de ajuste que tiene en cuenta las coordenadas de dichos elementos, la posición relativa entre imágenes y la trayectoria del avión permitirá determinar al decímetro la posición y orientación de la cámara en el instante de cada captura. Con toda esta información se da paso a la denominada restitución fotogramétrica, que permite triangular coordenadas para casi cualquier otro punto del terreno, entre ellos los puntos culminantes de las montañas. Este último paso sigue siendo hoy en día un proceso bastante manual. Concretamente es un operador experto el que, mediante visión estereoscópica (i.e. visión 3D), posiciona el cursor sobre el elemento que le parece visualmente más elevado.

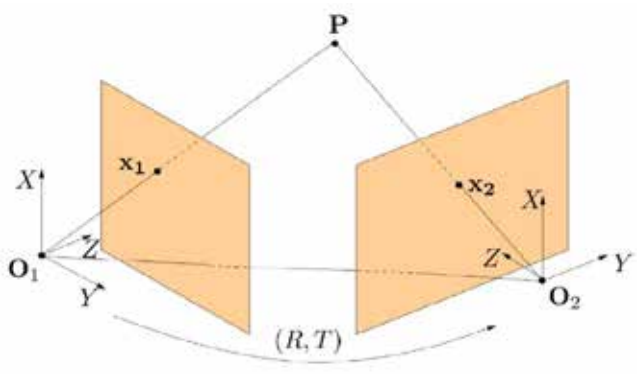


Figura 4. Concepto de paralaje. La visión de un mismo objeto desde dos puntos de vista diferentes permite determinar la profundidad. Fuente: Kleinsteuber 2014.

La exactitud ha ido mejorando con los años. A mediados del siglo XX la exactitud en cota de los puntos triangulados era de unos 2 m (Aguilar et al. 2013) y actualmente se encuentra alrededor de los 15 cm (IGN 2021). Esta mejora es fruto de múltiples avances tecnológicos que han permitido realizar vuelos a menor altura, disponer de cámaras métricas de mayor resolución, una georeferenciación más precisa gracias a la reobservación de redes geodésicas y de nivelación, algoritmos automáticos de correlación entre imágenes, etc. Pero, aunque hoy en día los puntos triangulados sean muy precisos, a menudo es muy difícil o imposible identificar la piedra más alta de una cima sobre fotografías tomadas desde tan lejos y la altitud asignada a la cumbre puede tener errores superiores a un metro (ICGC 2011). Evidentemente, en cimas que están cubiertas por bosque, los errores serán todavía mayores porque el operador no ve a través de los árboles y se verá obligado a estimar su altura.

La gran eficiencia de los vuelos fotogramétricos para cubrir mucho territorio en pocas horas compensa con creces estas limitaciones y hace que la fotogrametría aérea siga siendo hoy en día la técnica casi universal para medir la altitud de las montañas.

Pero todavía hay técnicas que ofrecen mayor precisión.

4. NUBES DE PUNTOS LIDAR

El LiDAR (acrónimo inglés de *Light Detection And Ranging*) es un instrumento que mide la distancia a la que se encuentran los objetos que tiene a su alrededor. El emisor envía continuamente impulsos de luz que rebotan sobre los objetos y, al regresar, el sensor cronometra el tiempo que han tardado en hacer el viaje de ida y vuelta. Como la velocidad del impulso es conocida, esto permite calcular la distancia hasta el objeto.

Esta tecnología se desarrolló a principios de los años 60 y actualmente tiene múltiples aplicaciones, entre ellas la creación de modelos tridimensionales que se utilizan por ejemplo para la detección de obstáculos en la conducción



Figura 5. Simulación de la captura de nube de puntos LiDAR utilizando un sensor aerotransportado. Fuente: Just 2019.

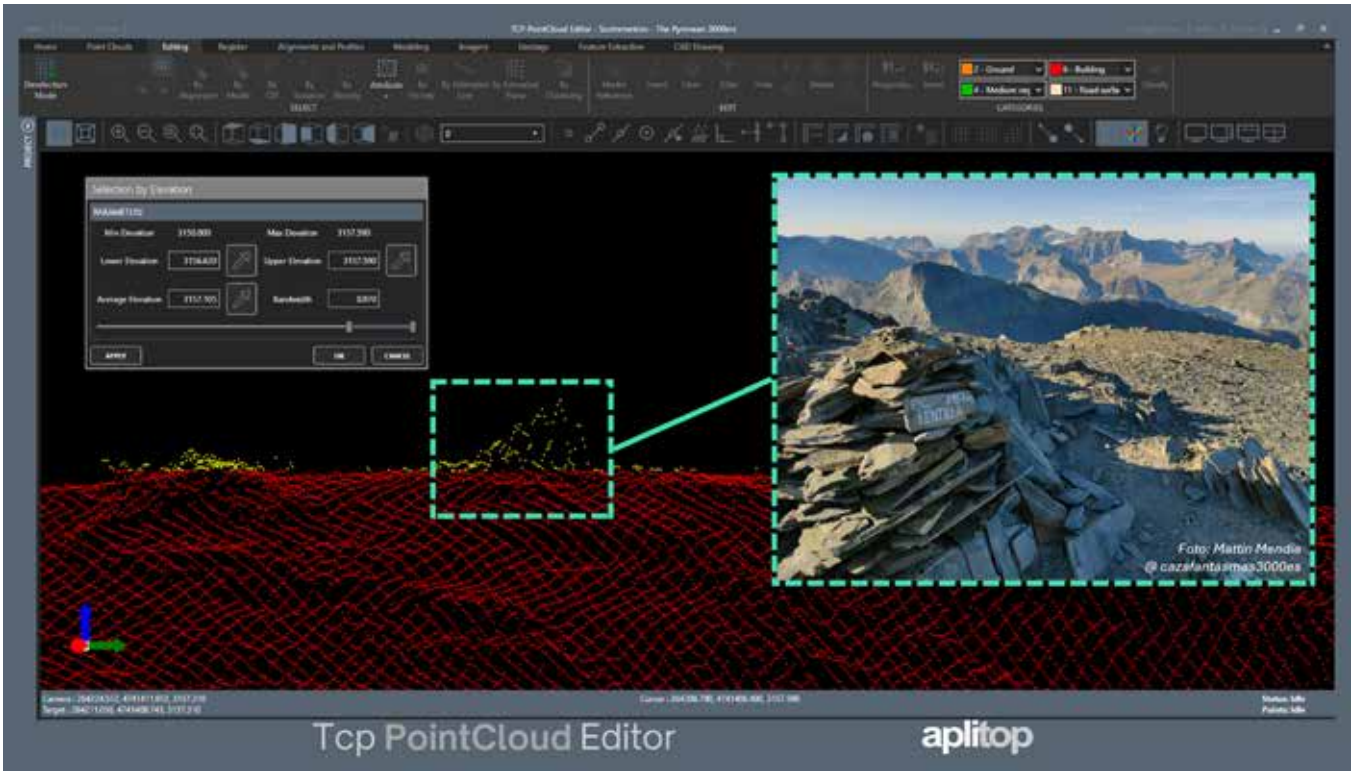


Figura 6. Perfil de una nube de puntos LiDAR que permite distinguir el hito de piedras (amarillo) de la cima del Camieil SW. Fuente: Sostremetries y foto de de Mattin Mendia (grupo Cazafantasmas) el 9 de octubre de 2023.

automatizada de coches. Pero si este mismo sensor se sube a bordo de una avioneta y se apunta hacia el suelo, evidentemente con el fuselaje perforado, esto permite calcular la altura del terreno.

Desde principios de siglo, algunas empresas y agencias de cartografía utilizan un LiDAR para generar modelos de alturas del terreno. Por ejemplo, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) distribuye a través de su portal de descargas una nube de puntos LiDAR desde 2008, tanto la nube original, como versiones interpoladas en forma de malla regular (CNIG 2023).

La densidad máxima de la nube de puntos dependerá de la altura de vuelo, la velocidad mínima del avión, el solapamiento entre pasadas y de la rapidez con la que el sensor es capaz de procesar la información que le llega, pero a grosso modo es del orden de un punto por metro cuadrado (IGN 2019). Cada punto se almacena en un registro junto con sus coordenadas, el ángulo de incidencia, intensidad de retorno, número de objetos en los que ha rebotado, etc. Incluso a veces se combina con una cámara fotogramétrica para guardar el color del suelo en dicho punto. Aunque esto pudiera parecer poca cosa, suponiendo que la información de cada punto requiera unos 300 bits (OGC 2018), en una extensión como la del Pirineo central entre el Balaitús y la Pica d'Estats, se obtendrían alrededor de tres mil millones de puntos y esto requeriría unos 100 GB de RAM para visualizar o trabajar con todo el conjunto a la vez (Isenburg 2017). Hoy en día pocos ordenadores serían capaces de cargar esta nube entera en memoria y algunos procesos con tantos puntos tardarían semanas o meses. Tal cantidad de información dificulta trabajar con la nube de puntos original y la mayoría de los usuarios opta por utilizar la versión en forma de malla regular. La malla contiene mucha menos información que la nube original, pero se puede visualizar con cualquier sistema de información geográfica y muy poca memoria.

Gracias a un proceso de calibración y ajuste entre pasadas, los puntos capturados mediante LiDAR aerotransportado típicamente alcanzan precisiones en cota entre 5 y 30 cm según varios factores (ASPRS 2013). Pero la limitación principal a la hora de determinar la altitud de las montañas es similar a la de la fotogrametría en el sentido de que probablemente no tendremos una medición exactamente en el punto más alto. El caso extremo son las típicas crestas de bloques de granito con agujas afiladas donde apenas cabe una persona. Incluso con un punto por metro cuadrado sería muy improbable que uno de ellos hubiera rebotado justo en el vértice más prominente de la roca más alta.

Pero el LiDAR esconde un as bajo la manga. Su gran ventaja es que los haces casi siempre serán capaces de penetrar a través de la vegetación, y al menos una parte de la señal retornará al sensor (Isenburg 2017). Esta característica le da una clara ventaja respecto a la fotogrametría sobre todo en cimas cubiertas por bosques densos. Sólo que un puñado de puntos llegue hasta el suelo será suficiente para estimar la altura de los árboles.

Probablemente, en la próxima década veremos que gracias a los vuelos LiDAR de mayor densidad, las mejoras en algoritmos de proceso y unas máquinas capaces de procesar más rápido será posible calcular automáticamente la altitud de todas las montañas sin necesidad de que una persona tenga que determinar el punto más alto por fotointerpretación.

Un LiDAR de alta densidad ofrecería sin duda la solución más precisa de medir la altitud de una montaña… desde el aire, pero si tenemos la oportunidad de subir a la cima, podemos ir más allá.

5. RECEPTORES GPS

Técnicamente conocidos como receptores GNSS, estos aparatos reciben señales que provienen de una o varias constelaciones de satélites y las utilizan para determinar nuestras coordenadas sobre el globo.

La primera constelación en ponerse en órbita fue la Global Positioning System (GPS), creada por el departamento de defensa de Estados Unidos (DoD) a finales de los años 70 e inicialmente restringida al uso militar. Pocos años después, la antigua Unión Soviética lanzó su propia constelación, llamada GLONASS, muy similar en características a la norteamericana. Pero como acostumbra a pasar a menudo, el primero en llegar es el que bautiza y por este motivo los receptores se conocen como GPS y no como GLONASS. No fue hasta principios del siglo XXI en que China (Xinhua 2020), la Unión Europea (EC 2016), Japón (CAO 2023) e India (URRao 2019) pusieron en órbita sus propias constelaciones, Galileo, BeiDou, QZSS y IRNSS respectivamente. El conjunto de todas estas constelaciones es el sistema conocido como *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

¿Cómo funciona un GPS?

Los receptores GPS determinan su posición a partir de la información que reciben de las constelaciones que acabamos de describir. Cada satélite emite continuamente su posición y la hora de emisión. Mientras tanto, los receptores únicamente se dedican a «escuchar y calcular». El satélite no le dice al receptor dónde se encuentra, simplemente le dice

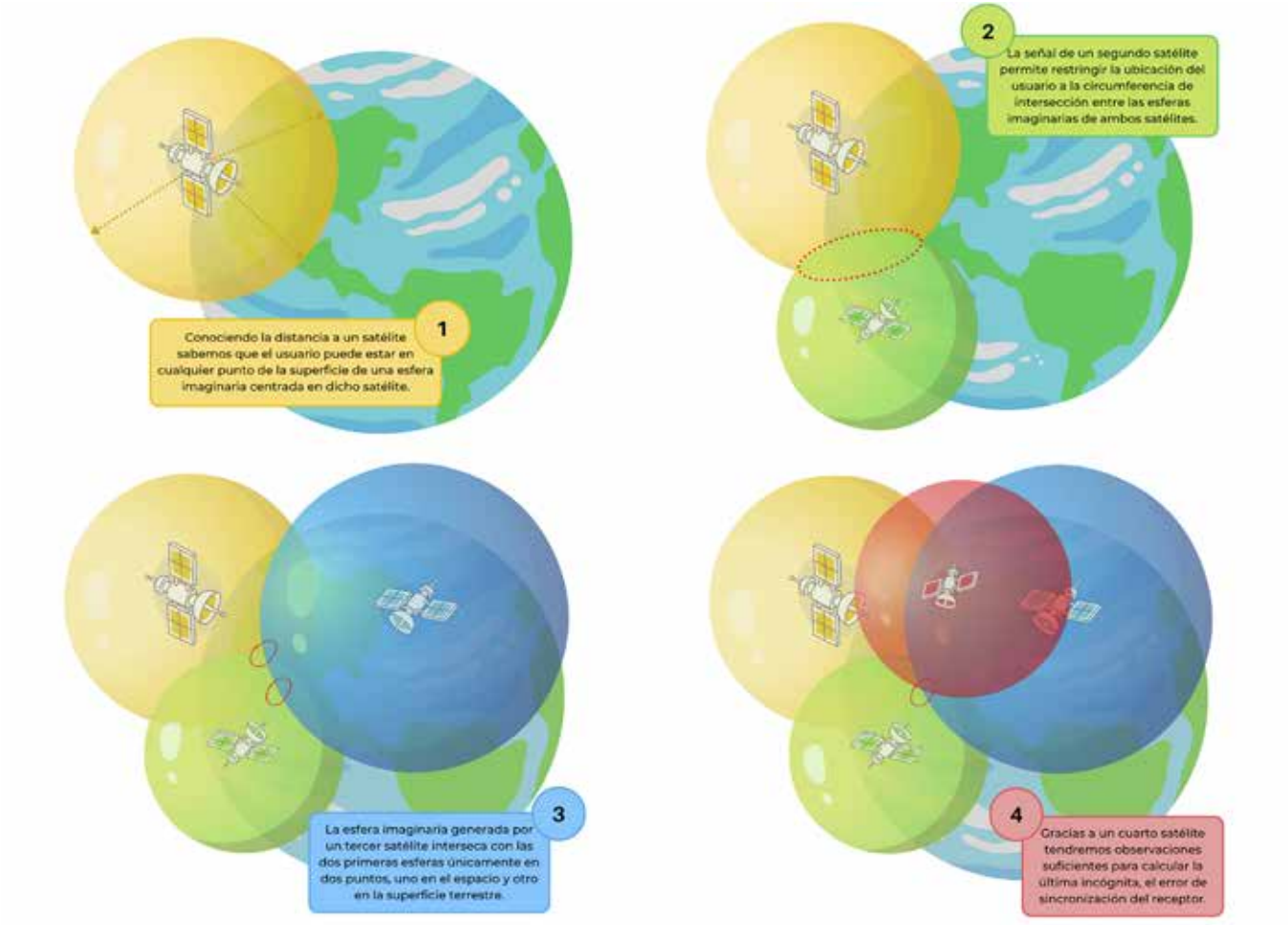


Figura 7. Principio de funcionamiento del GPS. La posición del receptor se calcula por multilateración a partir de la distancia a al menos cuatro satélites. Fuente: Sostremetries 2026.

«he enviado una señal a esta hora y desde esta posición». Con tan sólo estos dos datos, el receptor es capaz de calcular la distancia a la que se encuentra de ese satélite.

Conociendo la distancia a un satélite, el receptor «sabe» que puede estar en cualquier punto de la superficie de una esfera imaginaria centrada en dicho satélite. Si el receptor recibe señales de un segundo satélite, esto le permite restringir su posición a cualquier punto de la circunferencia definida por la intersección entre las esferas imaginarias de cada uno. Captar un tercer satélite permitiría limitar la posición a sólo dos puntos (la intersección de la circunferencia anterior con la tercera esfera imaginaria), pero uno de estos puntos se puede descartar porque típicamente estará situado demasiado lejos de la superficie terrestre. Esto nos deja un único punto posible.

La determinación de coordenadas a partir de distancias a varios puntos de coordenadas conocidas se conoce como multilateración y consiste en resolver un sistema de ecuaciones que contiene una ecuación por cada satélite.

Este concepto es mucho más fácil de imaginar mediante una simplificación del problema en dos dimensiones. Supongamos que un receptor ha medido la distancia a los tres satélites de la Figura . La distancia a cada uno limita su posición a la circunferencia correspondiente y, por lo tanto, el receptor se halla en el único punto donde intersecan las tres circunferencias.

Numéricamente encontrar el punto de intersección es equivalente a resolver un sistema de ecuaciones como el de la Ecuación 1. Las distancias a los satélites rojo, verde y azul son *Dr, Dv, Da*, respectivamente. Las coordenadas x, y de cada satélite utilizan la misma nomenclatura que las

$$D_r = \sqrt{(x_u - x_r)^2 + (y_u - y_r)^2}$$
$$D_v = \sqrt{(x_u - x_v)^2 + (y_u - y_v)^2}$$
$$D_a = \sqrt{(x_u - x_a)^2 + (y_u - y_a)^2}$$

Ecuación 1. Sistema de ecuaciones para determinar las coordenadas (xu, yu) del punto donde intersecan tres circunferencias.

distancias. Finalmente, *xu* e *yu* son las coordenadas del punto de intersección, las incógnitas del sistema.

Probablemente, más de un lector a estas alturas ya se ha percatado de que la Ecuación 1 es un sistema sobredeterminado que en general no tiene solución (y sin duda más de un lector se ha horrorizado al ver tanta ecuación en un artículo de montaña). Es precisamente este exceso de ecuaciones la clave para el éxito.

En un mundo perfecto donde las observaciones de distancia y tiempo fueran infinitamente precisas ya habríamos terminado y tendríamos nuestra posición exacta, pero en el mundo real cualquier observación tiene un error. En este caso estamos midiendo una distancia en base al tiempo que tarda una señal que viaja casi a la velocidad de la luz en recorrer una distancia relativamente corta, poco más de 20000 km. Es decir, tenemos que cronometrar una carrera que en total dura menos de una décima de segundo y asumir que si cometiéramos un error de tan solo una milésima de segundo, el error en nuestra posición sería de 300 km. Claramente insuficiente para calcular la altitud de una montaña. Como hoy en día un reloj atómico supera el presupuesto de cualquier

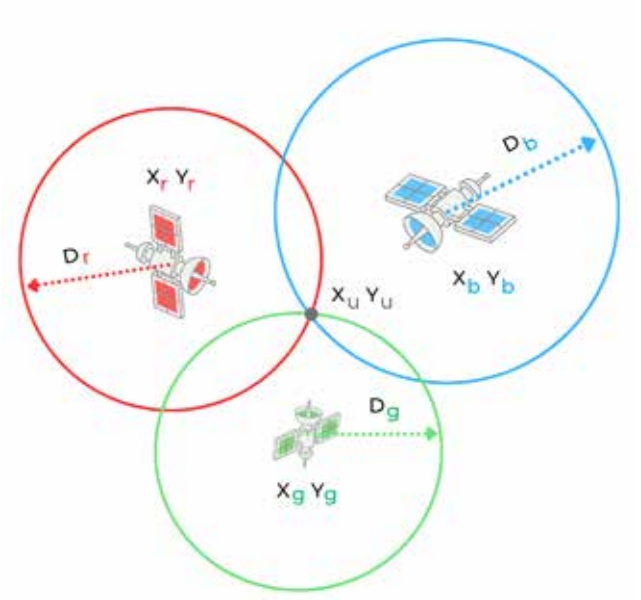


Figura 8. Simplificación bidimensional de la trilateración a partir de tres satélites. Fuente: Sostremetries 2026.

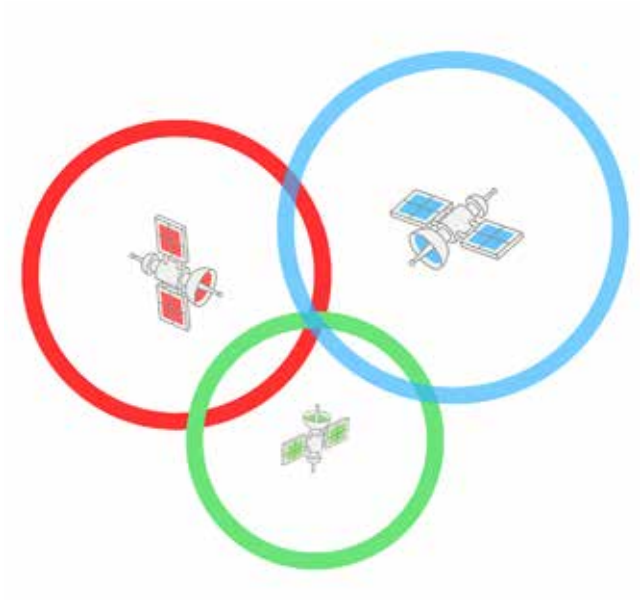


Figura 9. Si introducimos cierto error en el cálculo de las distancias, la intersección pasa a tener una cierta extensión. Fuente: Sostremetries 2026.

excursionista (al menos uno que nos quepa en la mochila), la alternativa es utilizar más satélites. Recibiendo señales de cuatro satélites tendremos observaciones suficientes para resolver las cuatro incógnitas del sistema (las coordenadas *x, y, z* y el error de sincronización del receptor). Cuatro satélites es el mínimo imprescindible, pero a partir de aquí cuantos más recibamos más esferas imaginarias podremos añadir al sistema de ecuaciones y más precisa será nuestra posición.

Volviendo al símil bidimensional, añadir el error inherente a la observación de distancia equivaldría a convertir las circunferencias en anillos con un cierto grosor como los de la Figura . El área de la intersección entre anillos (la zona donde se superponen los tres colores) es un reflejo de la incertidumbre de nuestra localización.

¿Qué precisión se puede obtener?

Para responder esta pregunta hay que distinguir entre dos tipos de receptores muy diferentes. Los de ocio y los profesionales.

Los receptores de ocio tienen una precisión máxima de entre 3 y 5 metros en condiciones óptimas de constelación y siempre que no haya edificios, árboles o montañas que oculten parcialmente la bóveda celeste (van Diggelen y Enge 2014). Los encontramos en teléfonos móviles, relojes deportivos y navegadores (tanto los de coche como los de excursionismo) y su precisión está limitada por el tipo de señal que son capaces de procesar, típicamente están restringidos a utilizar el código C/A (*coarse acquisition code*) cuyos bits tienen una longitud de 300 metros. La longitud de los bits determina la precisión teórica máxima alcanzable, aproximadamente un 1% del tamaño de cada bit, es decir 3 metros (van Diggelen y Enge 2014).

El inconveniente de usar un receptor de ocio para medir la altitud de las montañas es que la precisión es del mismo orden de la que se consigue por fotogrametría o incluso peor. A los receptores de ocio se les llama también navegadores porque su función es guiar al usuario y por lo tanto este rango de precisiones es más que suficiente para dar indicaciones. La única manera de mejorar la precisión sería promediando varias lecturas, pero si todas ellas se realizan en las mismas condiciones la exactitud global no mejorará en absoluto. La única manera de mejorar la exactitud sería espaciando las lecturas al menos cuatro horas entre ellas para que la constelación de satélites varíe y combinando al menos tres receptores diferentes. Después de dos semanas de duro trabajo subiendo a la misma cima al menos un par de veces cada día, en el mejor de los casos habremos conseguido determinar la altitud con un margen de error de un metro. Eso sí, estaremos en mejor forma física.



Figuras 10. Receptor GNSS profesional marca Emlid modelo RS3. El elemento que hay sobre el extremo superior del jalón y del trípode es la antena. Fuente: Sostremetries 2024.

Una alternativa es utilizar un receptor profesional. Con estos dispositivos se pueden obtener precisiones que van desde el medio metro hasta unos pocos milímetros (Perosanz 2019), en función del tipo concreto de receptor, del tiempo de observación y de qué datos se aprovechan y cómo se procesan.

Pero este segundo tipo de receptores merece su propio apartado en este reportaje porque es, con diferencia, la manera más precisa de medir la altitud de una montaña.

6. MEDIR MONTAÑAS CON PRECISIÓN CENTIMÉTRICA

La principal característica que distingue un receptor GPS profesional de los de ocio es el tipo de antena que llevan. En general la antena suele ser multifrecuencia, multiconstelación, con mayor sensibilidad y capaz de filtrar mejor la señal. Se distinguen a simple vista porque suelen venir en el interior de una carcasa en forma de disco de un palmo de diámetro y se suelen colocar en el extremo de un jalón largo o de un trípode (ver Figuras 5 y 11). Además, los receptores profesionales son capaces de «escuchar» la señal portadora original, una onda sinusoidal (sin modular) de frecuencia mucho mayor que el código C/A y consecuentemente con una longitud de onda mucho más corta, de unos 20 cm (van Diggelen y Enge 2014). Esto proporciona una resolución que es tres órdenes de magnitud superior a la de los bits de 300 m del código C/A.

Pero la cosa no acaba aquí, el receptor además es capaz de fijarse en el desfase angular dentro del ciclo. Suponiendo que pueda calcular correctamente el número de ciclos enteros que han transcurrido desde que se envió la señal y sumar la fracción del último ciclo, el resultado será una medición de la distancia hasta el satélite con precisión centimétrica.

Otra mejora sustancial de la precisión se consigue gracias a la técnica GNSS diferencial que consiste en utilizar dos receptores simultáneamente. Uno de ellos se coloca sobre el punto que queremos medir y el otro sobre un punto cercano de coordenadas conocidas (por



Figura 11. Concepto de GNSS diferencial. La estación permanente (izquierda) envía correcciones al usuario (derecha). Ambos deben observar un mínimo de satélites en común. Fuente: Sostremetries 2023.

ejemplo, un vértice geodésico). Si los receptores están relativamente cerca entre ellos (a pocos kilómetros), podemos asumir que ambos estarán observando los mismos satélites y los errores de propagación de la señal a través de la ionosfera serán muy similares. Esto es una información privilegiada. Al conocer las coordenadas «exactas» de uno de los receptores, podremos estimar el error en un momento dado y acto seguido corregir las coordenadas del otro receptor.

Para entender mejor esta técnica imaginemos que tenemos dos receptores GPS profesionales. Uno de ellos lo estacionamos sobre la roca más alta del Pico de Alba y lo dejamos media hora calculando coordenadas. Mientras tanto, nuestra compañera ha subido con un receptor similar al Aneto y lo ha dejado también calculando coordenadas sobre el recientemente renovado



Figura 12. Operador comprobando a través de un nivel óptico si la arista que se ve en primer plano es la más alta de la cima. Fuente: Sostremetries 2023.

vértice geodésico. Cuando ella compara las coordenadas que acaba de obtener con los valores publicados del vértice se da cuenta de que hay una discrepancia de 28 cm hacia el NE y de -62 cm en cota. Como «sabemos» que el Aneto no se ha movido de sitio y que las coordenadas del vértice son fiables, podemos asumir que en todo el macizo de la Maladeta el error será similar y explotar este conocimiento para corregir las coordenadas del Pico de Alba. Por ejemplo, este error quizás nos alerta de que, a esa hora y en esa zona, todas las distancias a los satélites se quedan más cortas de lo esperado y será necesario «estirarlas» para que la intersección de esferas ocurra en el punto correcto. Todo esto no es más que una abstracción del concepto de GNSS diferencial, en la práctica las correcciones se llevan a cabo desde programas de ajuste que tienen en cuenta mucha más información, pero en esencia el símil es válido.

Algunas empresas privadas y organismos gubernamentales han ido un paso más allá desplegando una red de estaciones permanentes por todo el territorio con receptores que están constantemente recalculando coordenadas sobre puntos geodésicos muy bien determinados (Figura 1). Esta información la ofrecen a través de internet para que la aproveche cualquier usuario que se encuentre por la zona sin tener que preocuparse ni siquiera de saber qué estación es la más cercana, simplemente se conecta al sistema y recibirá las correcciones que debe aplicar a su receptor. Las correcciones se pueden aplicar en tiempo real o bien a posteriori en la oficina. La primera opción permite obtener precisiones de algunos centímetros en menos de un minuto (Parareda 2007). En cambio, con la segunda opción podríamos conseguir un resultado todavía más preciso, pero sobre todo más fiable.

Hoy en día un GNSS profesional cuesta varios miles de euros y procesar la información para alcanzar estas precisiones requiere un mínimo de experiencia, especialmente a la hora de interpretar los resultados. Por ejemplo, aunque el receptor nos informe que ha registrado más de 100 observaciones correctamente y con una desviación estándar de 3 mm entre ellas, no tenemos ningún tipo de garantía de que el resultado esté cerca del valor real. Si el usuario no revisa adecuadamente la convergencia de la solución, la altitud podría estar desplazada más de medio metro sin advertencia alguna, teniendo observaciones muy precisas pero un resultado totalmente erróneo.

Utilizar uno de estos receptores permitiría calcular la altitud de la montaña con precisión de pocos centímetros, la «definitiva» desde el punto de vista excursionista, pero es un trabajo demasiado caro. Utilizar receptores profesionales para medir montañas es un lujo que se ha llevado a cabo sólo para un puñado de cumbres, típicamente la más alta de cada cordillera y pocas excepciones más.

REVISTA MAPPING VOL.35 Nº224 2026 ISSN: 1131-9100



Figura 13. Visor del nivel óptico. La línea horizontal indica que el mojón de piedras que vemos a lo lejos está más bajo que el horizonte del observador. Fuente: Sostremetries 2021.

7. MEDIR DESNIVELES CON PRECISIÓN MILIMÉTRICA

Tal y como hemos visto, la tecnología GNSS es la que ofrece mayor precisión para medir la altura de un punto determinado. Pero ¿qué sucede si en la cima hay varios puntos de cota muy similar? En ese caso encontrar la ubicación del punto culminante, incluso con el mejor de los receptores, no es tarea fácil y será necesario utilizar un nivel óptico. Este instrumento permite medir rápidamente pequeños desniveles con precisión milimétrica y sin necesidad de cobertura ni señal de ningún satélite.

Un nivel óptico consiste en una mira telescópica montada sobre una plataforma perfectamente horizontal y que únicamente tiene libertad para girar en torno al eje vertical. Vendría a ser como un telescopio que sólo permite ver las estrellas más cercanas al horizonte. Cuando el operador mira a través del visor, por delante del paisaje ve una cruz filar. La línea horizontal de la cruz le permite diferenciar aquellos elementos que quedan por encima de su horizonte de los que quedan por debajo.

Mientras tanto, un segundo operador sostiene una mira reglada (que no es más que una regla muy larga) y va visitando todos aquellos puntos que le parecen visualmente candidatos a ser el culminante. Al apoyar la mira reglada sobre el suelo, el primer operador la busca con su mira telescópica y se fija la marca que coincide con la línea del horizonte. Este valor le indica el desnivel que hay entre el plano horizontal del nivel y el punto del suelo donde se apoya la mira reglada.

Como el nivel siempre estará más elevado que cualquiera de los puntos visitados, aquel que muestre un desnivel menor será el punto culminante de la montaña y, por lo tanto, el único que habrá que medir con el receptor GNSS.

Una opción similar, mucho más ligera y con unos parámetros de precisión más que suficientes para la labor de medir la altura de las montañas es el clinómetro.

Este artilugio ligero y compacto sigue el mismo principio del nivel óptico, establece un plano horizontal sobre el que cotejar los elementos que aparezcan en el horizonte. De este modo conseguimos saber si hay algún punto por encima del punto des de el que establecemos el cero del plano horizontal.

8. ¿EL MAR COMO COTA CERO?

La altitud de las montañas se suele medir respecto del nivel del mar sobre todo porque es una frontera muy objetiva para nosotros, pero desde un punto de vista técnico es una muy mala elección. La superficie de los mares en calma oscila continuamente debido a la atracción gravitatoria de la Luna, cambios locales en la presión atmosférica, deshielo de los polos, glaciares que dejan de ser un lastre para algunos continentes, etc (NOAA 2023a). De hecho, si el nivel del mar varía a lo largo de los años y queremos ser muy rigurosos, ¿no deberíamos ir actualizando la altitud de todas las montañas del planeta?

Incluso ignorando estos cambios temporales, el nivel medio del mar en algunas zonas de la Tierra está permanentemente 100 metros más «elevado» que en otras debido a que la aceleración de la gravedad terrestre no es uniforme en toda la superficie del globo (Milbert y Smith s.f.). Este concepto se conoce técnicamente con el nombre de geoide, una superficie imaginaria de potencial gravitatorio constante que pretende coincidir, en la medida de lo posible, con la superficie de los mares en calma y que se prolonga por debajo de los continentes. El geoide permite determinar la altura a la que se encontraría el mar justo debajo de la montaña que deseamos medir. Si imaginamos un mundo ficticio como el de la película *Waterworld*, en el que los océanos cubren todo y tierra seca ya no existe, el geoide sería muy fácil de visualizar, pero lamentablemente ya no quedarían montañas por escalar.

La Figura muestra el nivel medio del mar entre el océano Índico e Indonesia según el modelo de geoide EGM08 (Pavlis et al. 2012). Los tonos azules y verdes corresponden a regiones donde el nivel del mar está más cerca del centro de la Tierra de lo que correspondería a esa latitud. En cambio, en las zonas con tonos anaranjados y rojos el mar está más lejos del centro de la Tierra porque la atracción gravitatoria es menor aquí.

Por ejemplo, si nos fijamos en los dos puntos blancos de la Figura 6, vemos que el nivel medio del océano Índico unos



Figura 14. Mira reglada. El operador que observa a través de la mira telescópica deberá fijarse en la marca que coincide con la línea horizontal de la cruz filar. Fuente: Sostremetries 2022

700 km al sur de Sri Lanka, justo sobre la línea del ecuador, está unos 180 metros más cerca del centro de la Tierra que el nivel medio del Pacífico en la costa norte de la isla de Waigeo, en Indonesia, a pesar de que ambos puntos están a la misma latitud. Éste es un caso extremo, pero este tipo de variaciones del nivel medio del mar se dan en todo el planeta y es imprescindible considerarlas para poder calcular altitudes usando receptores GNSS. De no hacerlo, en la cima del Aneto nuestro GNSS nos indicaría que estamos a unos 3458 metros de altitud, unos 54 metros por encima del valor que debería mostrar.

En la era del posicionamiento vía satélite sería técnicamente más sencillo y sobre todo más preciso medir la altitud de las montañas empezando a contar desde el centro de masas de la Tierra porque los satélites orbitan continuamente alrededor de este punto. De esta manera evitaríamos el problema de un origen que cambia con el tiempo o que depende de si empezamos a contar desde el Mediterráneo o desde el Atlántico. De hecho, los receptores GNSS suelen calcular inicialmente nuestras coordenadas respecto del centro de la Tierra o desde la superficie de un elipsoide de revolución, una esfera ligeramente achatada en los polos que intenta parecerse a la superficie de la Tierra (el radio de la Tierra en los polos es unos 21 km más corto que en el Ecuador (NOAA 2023b).

Pero en 2023 escalar montañas submarinas todavía no está de moda y preferimos seguir midiendo la altitud de las montañas desde el mar a pesar de las dificultades técnicas y de la inevitable pérdida de precisión. Además, si midiéramos desde el centro de la Tierra, las altitudes dejarían de reflejar fielmente la disminución de presión atmosférica y por lo tanto la capacidad de nuestra sangre para transportar oxígeno.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Sostremetries es posible gracias a la confianza y el patrocinio económico y tecnológico de la marca EMLID de antenas GNSS y su principal distribuidor MENDILUR. De APLITOP y su programario TCP PointCloud Editor imprescindible en el análisis de datos LiDAR. También del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica (COIGT) de Euskadi, Navarra, Aragón y La Rioja. Y de la empresa MONTANYÀ que nos equipa para poder llevar a cabo las mediciones de campo de la manera más confortable.

Y también debemos mencionar de forma muy especial a Miquel Soro (geógrafo gran conocedor del Pirineo), Òscar Argudo (doctor en informática y conocedor también del Pirineo), y a los amigos de Cazafantasmas (grandes alpinistas y conocedores del terreno).



Figura 15. A la izquierda, Andreu Alvarruiz coteja el horizonte apoyando el clinómetro en el primer candidato a punto más alto de la cima. A la derecha, detalle del clinómetro donde se aprecia la regulación que permite conocer la diferencia angular con el punto visado. Fuente: Sostremetries 2025.

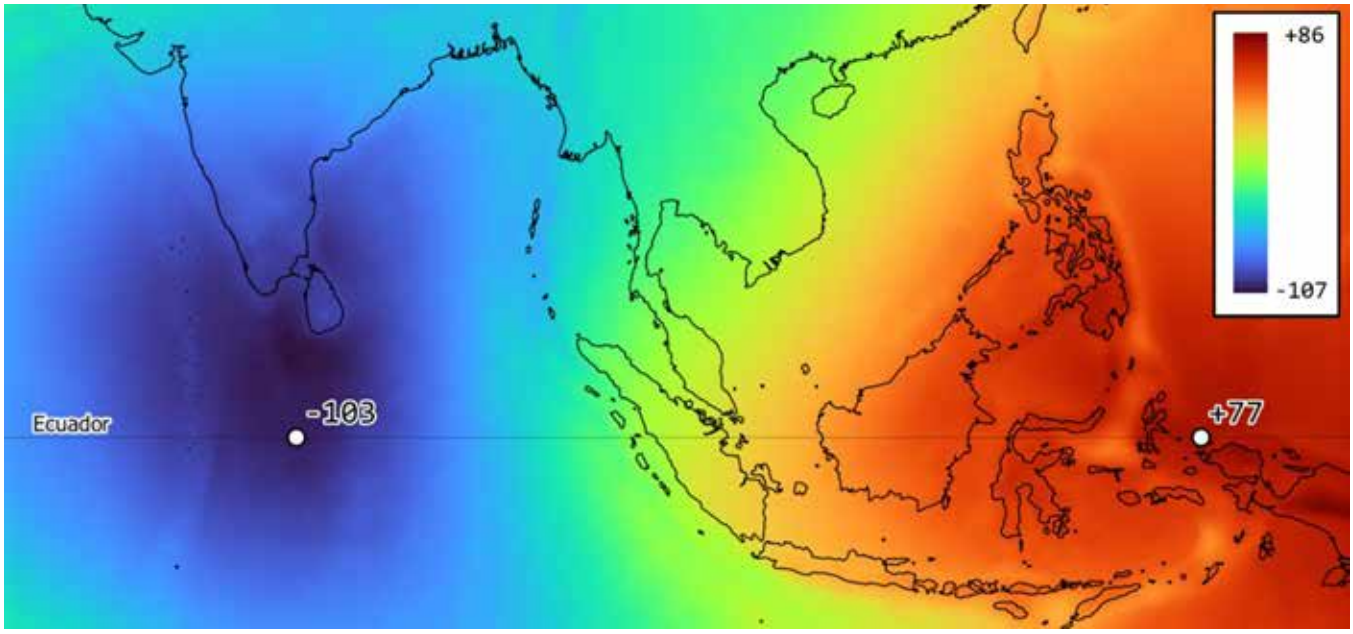


Figura 16. Nivel medio del mar en metros según el modelo EGM08 en el sureste asiático. Fuente: Sostremetries 2023.

REFERENCIAS

Aguilar et al. 2013. Accuracy assessment of commercial self-calibrating bundle adjustment routines applied to archival aerial photography. The photogrammetric record. 28(141): 105-108. https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2012.00704.x

[ASPRS] American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 2013. ASPRS accuracy standards for digital geospatial data. Photogrammetric engineering & remote sensing. https://www.asprs.org/a/society/divisions/pad/Accuracy/Draft_ASPRS_Accuracy_Standards_f or_Digital_Geospatial_Data_PE&RS.pdf

[CNIG] Centro Nacional de Información Geográfica. 2023. Centro de descargas. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Último acceso: 19 de marzo de 2023. http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp

DuBois J. 1840. Haute-Savoie, Mont Blanc: ascension par Horace Bénédict de Saussure. Bibliothèque de Genève. Ville de Genève, Genève. Referencia: Icon P 1951-116-6. https://bge-geneve.ch/iconographie/oeuvre/icon-p-1951-116-6

[EC] European Commission. 2016. Galileo goes live! Bruselas. Último acceso: 21 de marzo de 2023. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_4366

Friedt J-M. 2014. Photogrammetric 3D structure reconstruction using Micmac. http://jmfriedt.free.fr/lm_sfm_eng.pdf

Géomètres-Experts de Haute Savoie. 2021. L'evolution de la mesure. 4810 Mesures & demesure. Último acceso: 20 de marzo de 2023. https://4810.eu/la-mesure-2

Gulatee BL. 1954. The height of Mount Everest: a new determination (1952-54). Indian Agricultural Research Institute. Survey of India. Nueva Delhi. https://archive.org/details/Everest_201304

[ICGC] Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. 2011. Especificacions tècniques de la base topogràfica de Catalunya 1:5000 (BT-5M) v2.0 (pdf). https://datacloud.ide.cat/especificacions/topografia-5000-v2r0-esp-04ca-20110601.pdf

[IGN] Instituto Geográfico Nacional. 2019. Especificaciones técnicas para la realización del vuelo lidar que permita la obtención de datos altimétricos de precisión (pdf). https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-lidar/especificaciones-tecnicas

[IGN] Instituto Geográfico Nacional. 2021. Especificaciones técnicas para el postproceso de vuelo fotogramétrico digital a 25 cm y 15 cm (PNOA) 2021 (xlsx). https://pnoa.ign.es/resources/archivos/EspTec/211103_Espec_PNOA_POSTPROC_18-22-35%20cm.zip

Isenburg M. 2017. Three videos from full day workshop on LiDAR at IIST Trivandrum in India. Parte 1. Minuto 5:45 - 13:00. https://rapidlasso.com/2018/04/27/three-videos-from-full-day-workshop-on-lidar-at-iist-trivandrum-in-india

Just A. 2019. Aportació del LiDAR en la generació de geoinformació 3D. Observació de la Terra. Conferències a jornades (pdf). Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Último acceso: 19 de marzo de 2023. https://www.icgc.cat/ca/Innovacio/Publicacions-tecniques/Observacio-de-la-Terra

Kasser M. 2015. Historique des mesures de l'altitude du mont Blanc. Revue XYZ. Association Francophone de

Topographie. 145(4): 29-30.
Keay J. 2000. The great arc: the dramatic tale of how India was mapped and Everest was named. First American edition. New York: HarperCollins Publishers.
Kleinsteuber M. 2014. Epipolargeometrie. Einführung in computer vision. Technische Universität München (TUM). Fachgebiet Geometrische Optimierung und Maschinelles Lernen.
Lahiri A. 2016. Radhanath Sikdar and the final phase of measuring Peak XV. Indian J. Hist. Sci. 51.2.1.(2016): 280-288. https://doi.org/10.16943/ijhs/2016/v51i2/48439
Milbert DG, Smith DA. s.f. Converting GPS height into NAVD88 elevation with the GEOID96 geoid height model. National Geodetic Survey. National Oceanic and Atmospheric Administration. Último acceso: 25 de marzo de 2023. https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/gislis96.html
NOAA. 2023a. National Ocean Service. What is glacial isostatic adjustment? National Oceanic and Atmospheric Administration. EEUU. Fecha de última actualización: 20 de enero de 2023. Último acceso: 25 de marzo de 2023. https://oceanservice.noaa.gov/facts/glacial-adjustment.html
NOAA. 2023b. Is the Earth round? National Ocean Service. National Oceanic and Atmospheric Administration. EEUU. Fecha de última actualización: 20 de enero de 2023. Último acceso: 25 de marzo de 2023. https://oceanservice.noaa.gov/facts/earth-round.html
[OGC] Open Geospatial Consortium. c2018. LAS Specification 1.4: OGC community standard. http://www.opengis.net/doc/CS/las/1.4
Parareda C, Soro M, Bosch E, Térmens A. 2007. Un año de experiencias con el servicio RTKAT. https://www.researchgate.net/publication/39119762_Un_ano_de_experiencias_con_el_servi cio_RTKAT
Pavlis N, Holmes S, Kenyon S, Factor J. 2012. The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). J. geophys. res. 117(B4): 1-38. https://doi.org/10.1029/2011JB008916
Perosanz F. 2019. GNSS: a revolution for precise geopositioning. Comptes Rendus Physique. 20(3): 171-175. https://doi.org/10.1016/j.crhy.2019.05.018
Pratt JH. 1855. On the attraction of the Himalaya mountains, and the elevated regions beyond them, upon the plumb-line in India. Proceedings of the Royal Society of London. 145: 53. https://doi.org/10.1098/rstl.1855.0002
[CAO] Cabinet Office, Government of Japan. 2023. QZSS Satellite Information. Último acceso: 23 de marzo de 2023. https://qzss.go.jp/en/technical/qzssinfo/index.html
Stegman CE. 1982. The problem of numeracy: Mount Everest shrinks. The American statistician. 36(1): 64. https://doi.org/10.1080/00031305.1982.10482782
[URSC] U R Rao Satellite Center. 2019. IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System. Último acceso: 22 de marzo de 2023. https://www.ursc.gov.in/navigation/irnss.jsp
Van Diggelen F, Enge P. 2014. GPS: an introduction to satellite navigation, with an interactive worldwide laboratory using smartphones. Stanford University. MOOC. https://scpnt.stanford.edu/about/gps-mooc-massive-open-online-course
Walker JT. 1870. Index chart to the Great Trigonometrical Survey of India. Calcutta. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/1870_Index_Chart_to_GTS_India-1.jpg
Xinhua. 2020. China launches last BDS satellite to complete global navigation constellation. Último acceso: 22 de marzo de 2023. http://www.xinhuanet.com/english/2020-06/23/c_139161359.htm

Sobre los autores

Andreu Alvarruiz y David Segura

Los autores de este artículo forman parte del colectivo de ingenieros y alpinistas llamado Sostremetries, nacido de la convergencia entre la pasión por la montaña y la excelencia profesional en el ámbito de la geomàtica y la topografía. El proyecto se consolidó en 2021, impulsado por la voluntad de trasladar un bagaje de más de 20 años de experiencia en el sector de la topografía hacia las cumbres de nuestra geografía, con el firme objetivo de determinar, con el máximo rigor científico, la cota más probable de sus cimas.

El equipo está integrado, además, por Oriol Boixareu, Marc Calaff y Salvador Sala, compañeros de formación en la Universitat Politècnica de Catalunya. Con una trayectoria profesional que ronda las dos décadas, han sabido combinar su pericia técnica con una sólida experiencia alpinística de calado internacional, habiendo alcanzado cimas emblemáticas como el Aconcagua, el Monte Fuji o el Toubkal, además de una veintena de ascensiones a cuatromiles en los Alpes y la numerosas cimas de la cordillera de los Pirineos.

Esta simbiosis entre la capacidad de análisis del ingeniero y la resistencia del montañero permite a Sostremetries afrontar el reto de actualizar la cartografía de los tresmiles pirenaicos mediante una metodología basada en criterios objetivos y mediciones de alta precisión.

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica



www.ign.es

@ignspain

DESCARGA NUESTROS PRODUCTOS

consulta@cnig.es

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cnig.es - www.ign.es

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Problemáticas del catastro en Colombia. Planteamiento de una estrategia para mejorar el porcentaje de actualización catastral

Cadastral Problems in Colombia. Proposal of a Strategy to Increase the Cadastral Updating Rate

Jaime Alberto Duarte Castro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 30-37
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

En Colombia el término catastro, evolucionó y se reglamentó en la última década como catastro multipropósito, con el fin de garantizar que los productos obtenidos del proceso se utilicen en las diferentes actividades de infraestructura, servicios públicos, planeación y de desarrollo territorial en todo el país. No obstante, aún el grado de actualización catastral esta lejano de alcanzar la meta del 100%.

El presente artículo, derivado del libro Construyendo el catastro desde la comunidad: Una visión con propiedad (Duarte Castro, 2023), realiza un análisis técnico de las causas de la desactualización, como son la insuficiencia presupuestal, la centralización histórica del proceso, limitada capacitación técnica, problemas de orden público y falta de sensibilización de la comunidad. Pero, a su vez este artículo, plantea una metodología alternativa de levantamiento predial que incluye la participación directa de los sujetos pasivos catastrales (propietarios y poseedores), que permita reducir esa alta brecha de desactualización.

El enfoque metodológico es de tipo mixto (cualitativo-cuantitativo), que permita la incorporación activa de la comunidad en las fases de uso de insumos, diligenciamiento de fichas censales, demarcación predial sobre ortofotos y aporte documental jurídico, permitiendo reducir significativamente el número de visitas por predio, incrementando el rendimiento operativo, y mejorando la calidad y legitimidad de la información georreferenciada.

Abstract

In Colombia, the term "catastro" has evolved and been regulated over the last decade as multipurpose cadastre, with the aim of ensuring that the products obtained from the process are used in the various activities related to infrastructure, public services, planning, and territorial development throughout the country. However, the current level of cadastral updating remains far from reaching the 100% target.

This article, derived from the book Construyendo el catastro desde la comunidad: Una visión con propiedad (Duarte Castro, 2023), presents a technical analysis of the causes of cadastral obsolescence, such as budgetary insufficiency, the historical centralization of the process, limited technical training, public order problems, and the lack of community awareness. At the same time, the article proposes an alternative methodology for cadastral surveying that includes the direct participation of cadastral passive subjects (owners and possessors), which would help reduce this significant gap in updating.

The methodological approach is mixed (qualitative-quantitative), designed to enable the active involvement of the community in the following phases: use of inputs, completion of cadastral census forms, demarcation of properties on orthophotos, and provision of legal documentation. This approach significantly reduces the number of field visits per property, increases operational efficiency, and improves the quality and legitimacy of the georeferenced information.

Palabras clave: Catastro multipropósito; Participación comunitaria; Desactualización catastral; Eficiencia operativa; Ordenamiento territorial.

Keywords: Multipurpose cadastre; Community participation; Cadastral outdatedness; Operational efficiency; Land-use planning..

Coordinador Catastro de Sigma Consultores
jaimeduartecastro@gmail.com

Recepción 06/04/2026
Aprobación 14/04/2026

1. INTRODUCCIÓN

El catastro multipropósito surge en el país a comienzos del año 2016, como una Política Pública que tenía por objeto avanzar hacia la consolidación de un inventario físico, jurídico y económico, como soporte de los diferentes procesos de transformación territorial de un país tan complejo en su geografía y orden público como es Colombia.

Pero, no es que el catastro multipropósito inicié en esta fecha, sino que es producto de la evolución del término simple de «catastro», a una estrategia territorial más profunda al ponerle la característica fundamental de «multipropósito», lo cual lo eleva a una función y a unos resultados que deben ser la primera fase de cualquier proyecto territorial, ambiental o de infraestructura que se desarrolle en el país.

Sin embargo, transcurrida una década de su implementación, el grado de desactualización catastral en Colombia es muy alto, generando impactos negativos en la seguridad jurídica de la propiedad, el fortalecimiento de la base gravable para el impuesto predial, en la formulación oportuna de los planes de ordenamiento territorial (POT), y no permitiendo una implementación efectiva de políticas públicas derivadas del Acuerdo Final de Paz firmado en el año 2016.

Además, en Colombia persiste un elevado grado de obsolescencia de la información catastral, especialmente en zonas rurales, donde la cobertura efectiva y de actualización se sitúa en niveles críticos, según series históricas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Esta problemática no es solamente técnica, sino estructural, respondiendo a factores como la insuficiente asignación presupuestal, la centralización operativa histórica del proceso catastral en el IGAC, la limitada capacitación de operadores catastrales, las restricciones de acceso a ciertos territorios por problemas de orden público, y la escasa participación de los propietarios en el proceso de formación y actualización catastral. Tales deficiencias comprometen la interoperabilidad entre el catastro y el registro, obstaculizan el recaudo fiscal eficiente, y limitan la capacidad del Estado, para diseñar e implementar políticas de ordenamiento territorial, restitución de tierras y desarrollo rural integral.

El Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera del año 2016, estableció la meta ambiciosa de formar y actualizar el catastro rural en un plazo máximo de siete años, en el marco de un Sistema General de Información Catastral integral y multipropósito, el cual se traduce y es materializado en el CONPES 3958 de 2019.

Por lo anterior, el presente artículo analiza estas problemáticas desde un enfoque técnico y analítico, proponiendo una metodología de levantamiento predial *«desde y con la comunidad>>* sustentada en la premisa de que *«nadie conoce más su predio que quien lo habita»*. Esta aproximación busca optimizar recursos, mejorar la precisión de los datos mediante conocimiento local, fortalecer la legitimidad y sostenibilidad del proceso catastral, y principalmente, alcanzar una actualización en el mediano plazo que supere el 70 %.

2. DIMENSIONES DE ANÁLISIS DENTRO DEL CATASTRO

Para analizar el catastro multipropósito dentro de un aspecto territorial, regional y nacional, se plantea una perspectiva de análisis, a partir de cuatro dimensiones básicas: normativa, ambiental, geográfica y escalar.

La **dimensión normativa** del catastro en Colombia es amplia y compleja, destacando las principales disposiciones estructurales que orientan su desarrollo, especialmente aquellas relacionadas con el ordenamiento territorial. Entre ellas se encuentran la Ley de Desarrollo Territorial, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, el Acuerdo Final de Paz de 2016, los documentos CONPES, así como las leyes de expedición de los más recientes Planes Nacionales de Desarrollo: 2018 – 2022, *«Pacto por Colombia, pacto por la equidad»*, y 2022 – 2026, *«Colombia, potencia mundial de la vida»*.

Desde una perspectiva normativa, el catastro multipropósito se consolida como un instrumento técnico, jurídico y fiscal de carácter integral y multifinalitario, diseñado para recopilar, integrar y gestionar información actualizada, precisa y georreferenciada sobre los predios y el territorio en su conjunto, tanto en ámbitos urbanos como rurales.

Su relevancia radica en que no se limita solo a la identificación y valoración de bienes inmuebles con fines fiscales (como ocurre en el catastro tradicional), sino que incorpora múltiples capas de información (jurídica, económica, ambiental, social y física) en un único sistema de información territorial.

Desde la **dimensión ambiental** el catastro multipropósito habilita la identificación de sistemas de articulación urbano - rural, permitiendo visualizar y planificar flujos funcionales entre el campo y la ciudad (cadenas productivas agroalimentarias, movilidad, servicios públicos, entre otros). Así mismo, posibilita:

- **Delimitación de áreas de riesgo**: mediante la integración de capas de información geográfica, se generan mapas de amenaza y riesgo que sirvan de base para la restricción de usos del suelo y la priorización de obras de mitigación.
- **Establecimiento de zonas de protección ambiental**: facilita la identificación precisa de ecosistemas estratégicos, corredores biológicos, páramos, humedales y áreas de reserva forestal, permitiendo su incorporación efectiva en los instrumentos de planificación territorial.
- **Ordenamiento territorial alrededor del recurso**

hídrico: al integrar la información catastral con la hidrografía, se puede orientar el desarrollo urbano y rural respetando las rondas de los cuerpos de agua, las zonas de recarga acuífera y las áreas de protección de nacimientos, alineándose con el enfoque de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH).

- **Gestión del riesgo de desastres**: identificación y elaboración de cartografía de amenazas por deslizamientos, movimientos en masa, inundaciones, incendios forestales, sequías y eventos hidrometeorológicos extremos, utilizando herramientas como Modelos Digitales de Elevación, análisis de susceptibilidad y modelos de vulnerabilidad.
- **Articulación con instrumentos de planificación ambiental**: el catastro multipropósito sirve de base técnica para la actualización de Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Gestión Ambiental Regional, y demás instrumentos, consolidando un enfoque integral de ordenamiento territorial alrededor del agua.

Esto le permite convertirse en una herramienta fundamental para:

- **Aprovechar las ventajas comparativas del territorio**: al generar un conocimiento profundo y actualizado de las aptitudes y vocaciones productivas de cada unidad espacial, facilita la toma de decisiones orientadas a maximizar el valor económico y social del territorio.
- **Fortalecer la competitividad territorial**: al proporcionar información confiable y estandarizada, mejora la capacidad de atracción de inversiones, optimiza la asignación de recursos públicos y privados, y reduce la incertidumbre en los procesos de planificación y ejecución de proyectos estratégicos.
- **Contribuir al cumplimiento de objetivos de desarrollo económico y social**: actúa como habilitador de políticas públicas de mediano y largo plazo, al suministrar insumos técnicos para la formulación de planes de desarrollo, esquemas de ordenamiento territorial, planes de ordenamiento y manejo de cuencas (POMCA), entre otros.

La **dimensión geográfica** del catastro multipropósito consiste en la caracterización espacial integral de un municipio o territorio, a partir de sus componentes físico, natural y socioespacial. Entre los elementos clave se incluyen:

- **Atributos físicos**: ubicación geográfica (coordenadas, altitud), extensión territorial (hectáreas o km^2), límites político - administrativos, relieve (pendientes, formas del terreno), topografía, clima, hidrografía (red de drenaje, cuencas hidrográficas) y usos actuales del suelo (cobertura vegetal, áreas cultivadas, urbanizadas, etc.).
- **Atributos socioespaciales**: distribución de la población (densidad urbana vs. rural), red vial y de transporte, niveles de accesibilidad, infraestructura existente y patrones de ocupación del territorio.

Estos atributos constituyen insumos esenciales para realizar un análisis y diagnóstico preliminar robusto. Permiten clasificar el municipio según tipologías técnicas, por ejemplo: municipios de alta densidad urbana, municipios intermedios con vocación mixta, municipios rurales dispersos, municipios de frontera o de alta montaña, etc., según criterios establecidos en la normatividad catastral colombiana. Esta clasificación es clave para diseñar estrategias diferenciadas de actualización catastral, debido a que las metodologías, tecnologías y recursos requeridos varían significativamente según el contexto territorial.

Finalmente, la **dimensión escalar** hace referencia al alcance, la magnitud y la complejidad operativa de los procesos catastrales. Esta dimensión analiza variables críticas como:

- Extensión territorial total del municipio.
- Distribución y densidad predial (número de predios por km^2 en zona urbana vs. rural).
- Accesibilidad física y tecnológica de las diferentes veredas o barrios.
- Disponibilidad de infraestructura tecnológica y de personal capacitado.

No representa el mismo desafío técnico ni logístico realizar la actualización catastral en un municipio pequeño con alta densificación urbana (donde predominan predios multifamiliares, cerramientos y estratos altos) que, en un municipio de gran extensión rural con baja densidad predial, dispersión de predios y dificultades de acceso (caminos de herradura, zonas de difícil topografía).

Por ello, la comprensión profunda de esta dimensión es clave para:

- Diseñar metodologías diferenciadas con actividades de fotogrametría, drones, LiDAR, levantamientos terrestres con GNSS de alta precisión, métodos participativos, etc.
- Optimizar la asignación de recursos humanos, técnicos y financieros.
- Mejorar la eficiencia, reducir costos y plazos de ejecución, y garantizar la sostenibilidad financiera del proceso catastral a largo plazo.
- Localización planificada de infraestructura y equipamientos: permite realizar análisis de aptitud del territorio para definir de manera óptima la ubicación de vías, acueductos, alcantarillados, plantas de tratamiento, centros educativos, hospitales y zonas industriales, minimizando costos ambientales, sociales y económicos.

En resumen, el éxito del catastro multipropósito depende en gran medida de la calidad y disponibilidad de una serie de insumos base que se han construido progresivamente en cada municipio: cartografía básica, levantamientos topográficos, registros fotogramétricos, información socioeconómica, bases de datos de predios, entre otros. Estos insumos se fortalecen de manera significativa cuando el municipio adquiere la condición de gestor catastral, o inicia procesos formales de actualización catastral masiva o mantenimiento.

3. PROBLEMÁTICAS PARA LA ACTUALIZACIÓN CATASTRAL

La actualización catastral en Colombia enfrenta un conjunto de problemáticas estructurales que han frenado de manera significativa el desarrollo de un catastro moderno, multipropósito y eficiente. Estas limitaciones no son solamente operativas, sino que responden a deficiencias sistémicas de largo plazo en el modelo institucional y técnico del catastro nacional.

Entre las principales problemáticas estructurales se destacan:

- **Falta de información predial confiable y actualizada**: gran parte del territorio colombiano aún cuenta con catastros obsoletos, muchos con más de 15 años sin actualización, con errores en la identificación de predios, linderos imprecisos y ausencia de georreferenciación. Esto genera una brecha importante entre la realidad territorial y la información registrada.
- **Avalúos desactualizados**: los valores catastrales no reflejan las condiciones reales del mercado inmobiliario ni las vocaciones productivas del suelo, lo que afecta la equidad en el cobro del impuesto predial, reduce la base gravable de los municipios y limita la capacidad de autofinanciamiento territorial.
- **Deficiencias en la planificación territorial**: la ausencia de una articulación efectiva entre el catastro y los instrumentos de planificación territorial, impide que la información catastral sirva como base técnica para la toma de decisiones estratégicas en materia de ordenamiento del territorio.
- **Monopolio institucional en la gestión catastral**: hasta la entrada en vigencia de normativas recientes, -posteriores al año 2017 -, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi mantenía un monopolio de facto en la formación y actualización catastral, limitando la participación de los municipios como gestores catastrales.
- **Falta de coordinación interinstitucional**: existe una frágil articulación entre el catastro, el Registro de Instrumentos Públicos, las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), las autoridades ambientales, las entidades de planeación y las Agencias Nacionales. Esta fragmentación genera duplicidad de esfuerzos y contradicciones en la información.
- **Escasa capacidad operativa para la actualización predial**: la mayoría de municipios carecen de la infraestructura tecnológica, de sistemas de información geográfica (SIG) y de recursos humanos especializados, necesarios para mantener actualizado el catastro de forma permanente.

Adicionalmente a las problemáticas estructurales, se identifican factores operativos concretos que complican la ejecución técnica de los procesos de actualización catastral:

- **Insuficientes recursos presupuestales**: la actualización catastral requiere inversiones significativas en tecnología, personal y logística; recursos que frecuentemente no están contemplados de manera adecuada en los presupuestos municipales.
- **Escasas fuentes de financiación**: la dependencia casi exclusiva de recursos propios de los municipios o de transferencias nacionales limita la ejecución de proyectos masivos.
- **Falta de personal capacitado**: hay un déficit crónico de profesionales con formación especializada en temáticas catastrales y territoriales.
- **Exigencias técnicas elevadas**: las normas técnicas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi exigen estándares de precisión muy altos, que incrementa la complejidad, los costos y los tiempos de ejecución, especialmente en zonas de difícil acceso.

Las dificultades se agravan por las particularidades geográficas y sociales del territorio colombiano, que lo convierten en uno de los más difíciles para la gestión catastral en América Latina:

- **Dificultad de acceso a zonas rurales**: un alto porcentaje de predios se encuentran en zonas de montaña, selva o llanos inundables, con vías de acceso deficientes o inexistentes, lo que eleva los costos logísticos y los riesgos para los equipos de trabajo.
- **Geomorfología y geografía diversa**: Colombia presenta una enorme variedad de paisajes (Andes, Caribe, Pacífico, Amazonía, Orinoquía), con pendientes pronunciadas, suelos inestables y coberturas vegetales densas, que dificultan los levantamientos topográficos y la interpretación de imágenes satelitales o aéreas.
- **Condiciones climáticas adversas**: presencia periódica de precipitación extrema, altas temperaturas, y temporadas de lluvias prolongadas, que afectan la realización de trabajos de campo y la calidad de los datos recopilados.
- **Conflictos por factores exógenos y problemas de orden público**: en muchas regiones persisten dinámicas de conflicto armado, presencia de grupos ilegales, cultivos ilícitos y disputas territoriales, lo que genera riesgos de acceso a ciertas zonas.
- **Ausencia de registro adecuado de baldíos**: parte de los terrenos baldíos de la Nación no han sido formalizados ni incorporados al catastro, generando incertidumbre jurídica y facilitando procesos de ocupación irregular.
- **Falta de articulación entre catastro y registro**: persiste una desconexión profunda entre la información catastral (física y económica) y la registral (jurídica), generando conflictos jurídicos frecuentes, doble ins-

cripción de predios, litigios por linderos, y una elevada concentración de la propiedad rural, que afecta la equidad y el desarrollo rural.

4. METODOLOGÍA COMO APORTE PARA LA EFICIENTE ACTUALIZACIÓN CATASTRAL

Una de las estrategias que mayor potencial tiene para mejorar el porcentaje de actualización catastral masiva en Colombia es el modelo de levantamiento catastral participativo desde la comunidad. Este enfoque transforma radicalmente el rol tradicional del propietario, pasando de ser un sujeto pasivo (simple receptor de información) a convertirse en un actor activo y corresponsable del proceso catastral.

El modelo se fundamenta en los siguientes principios básicos:

- **Socialización integral del proceso catastral**: se debe informar y sensibilizar a todos los niveles de las ventajas del proceso catastral. Esto aplica a la administración municipal, entes de control, gremios económicos, organizaciones sociales y la comunidad en general. Esta socialización debe ser clara, oportuna y permanente.
- **Participación activa y corresponsable de los propietarios**: los propietarios (o quienes esbozan tal condición) asumen un rol protagónico en la generación de información primaria de su predio.
- **Uso intensivo de tecnologías modernas y accesibles**: combinación de herramientas de bajo costo y alta precisión: aplicaciones móviles, ortofotos de alta resolución, drones, GNSS, LiDAR, entre otros. Se suman software como el *ArcGis, Qgis, y el Xphere Lab*, como aporte a la gestión masiva de datos georreferenciados.
- **Articulación interinstitucional efectiva**: coordinación entre todas las entidades del Estado relacionadas con la administración de tierras.
- **Capacitación y entrenamiento especializado**: formación técnica dirigida a propietarios, líderes comunitarios y funcionarios municipales por parte de expertos catastrales.
- **Validación comunitaria e institucional de los productos**: los resultados del proceso deben ser verificados y validados tanto por la comunidad (a través de mecanismos de veeduría y vistas públicas), como por las autoridades técnicas y jurídicas competentes.

El objetivo central de este modelo es empoderar al ciudadano, convirtiéndolo de actor pasivo a activo de la información territorial que le concierne. Con esta aproximación se fortalecen simultáneamente las *cinco G*:

- **Gobierno**: mayor legitimidad y eficiencia de las instituciones públicas.
- **Gobernanza**: inclusión de múltiples actores en la toma de decisiones.
- **Gobernabilidad**: mayor aceptación social y reducción de conflictos derivados de la información catastral.
- **Gestión**: optimización de recursos públicos y mejora en la calidad de los datos catastrales.
- **Gana-Gana**: beneficios mutuos entre el Estado (menores costos y mayor cobertura) y los ciudadanos (predios formalizados, mayor seguridad jurídica y participación real).

En conclusión, el procedimiento operativo se estructura en las siguientes etapas secuenciales:

- **Socialización del proceso con la comunidad**: realización de talleres, asambleas veredales, campañas de comunicación y uso de medios locales para explicar objetivos, beneficios, derechos y obligaciones de los propietarios.
- **Diligenciamiento de la encuesta predial (censo catastral) por parte del propietario**: respuesta a un formulario simplificado sobre características físicas, usos del suelo, construcciones, servicios públicos y condición de la tenencia del predio.
- **Participación directa del propietario en el levantamiento físico**: con una capacitación básica previa, el propietario colabora en la demarcación preliminar de su predio.
- **Aporte de documentación jurídica**: el propietario entrega o digitaliza los documentos que posee: escrituras públicas, promesas de compraventa, folios de matrícula inmobiliaria, resoluciones de adjudicación de baldíos, etc.
- **Validación técnica inicial por el operador catastral**: revisión de la información suministrada por el propietario y cruce con bases de datos existentes.
- **Verificación, ajustes y validación en campo por el equipo técnico del operador catastral**: visitas selectivas, por muestra para confirmar o ajustar la información.
- **Validación comunitaria mediante vistas públicas y mecanismos de conciliación**: publicación de los resultados preliminares, para que la comunidad pueda presentar observaciones, reclamaciones o acuerdos vecinales sobre linderos.

Con una capacitación básica el propietario puede realizar de manera autónoma las siguientes actividades utilizando los insumos suministrados por el operador catastral (cartografía vectorial base, ortofotomapas actualizados, formatos digitales o impresos y guías de diligenciamiento):

- Diligenciar el formulario de censo catastral con preguntas sencillas y guiadas.
- Demarcar su predio sobre la ortofoto impresa o en apli-

REVISTA MAPPING VOL.35 Nº224 2026 ISSN: 1131-9100

cación móvil.
- Identificar de forma aproximada linderos, construcciones y mejoras.
- Aportar y digitalizar los documentos legales disponibles.

Esta participación activa permite reducir drásticamente el número de visitas técnicas por predio. En el modelo tradicional colombiano se realizan comúnmente entre 3 y 4 visitas por predio:

•Visita 1. Socialización general.
•Visita 2. Levantamiento físico y estudio jurídico.
•Visita 3. Avalúo económico.
•Visita 4. Correcciones o ajustes finales.

Con el modelo participativo, las visitas del personal experto se reducen a 1 o máximo 2 por predio, generando ahorros significativos en tiempo, personal, logística y costos operativos. El éxito del modelo depende de la articulación efectiva de los siguientes actores:

- Instituciones del Estado relacionadas con las temáticas de tierras.
- Gestores catastrales (principalmente los municipios que han obtenido esta competencia).
- Operadores catastrales (entidades públicas o privadas contratadas para ejecutar el proceso).
- Comunidad y propietarios (como actores protagónicos).
- Academia (universidades con programas de catastro, geodesia, sistemas de información geográfica y ordenamiento territorial para capacitación y acompañamiento técnico).
- Sector privado (empresas especializadas en catastro, topografía, valuación y tecnologías geoespaciales).

Esta articulación multisectorial permite combinar la legitimidad institucional, la capacidad técnica, el conocimiento local y los recursos financieros necesarios para ejecutar procesos de actualización catastral a gran escala de forma eficiente y sostenible.

5. RESULTADOS ESPERADOS

La implementación del modelo de levantamiento catastral participativo genera resultados multidimensionales que contribuyen directamente a la construcción de un territorio más ordenado, equitativo y competitivo. Estos beneficios se pueden clasificar en institucionales, sociales (para la comunidad), económicos y en los productos técnicos concretos que se obtienen.

- ***Beneficios institucionales***

- **Mejor planificación territorial**: la disponibilidad de información predial actualizada, georreferenciada y multipropósito permite a los municipios y al gobierno nacional formular y actualizar de manera más precisa los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes de Desarrollo Territorial y Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- **Información predial actualizada y confiable**: se logra una base de datos catastral con precisión acorde a los estándares técnicos del IGAC, reduciendo significativamente los errores en linderos, áreas, usos del suelo y valores catastrales.
- **Fortalecimiento del ordenamiento territorial**: el modelo promueve un ordenamiento integrado y sostenible, al articular el catastro con instrumentos de planificación ambiental, de riesgo y de desarrollo rural.

- ***Beneficios para la comunidad***

- **Formalización de la propiedad**: los propietarios obtienen mayor claridad sobre los linderos, el área real y la situación jurídica de sus predios, facilitando procesos de saneamiento de títulos, adjudicación de baldíos y formalización masiva de la tenencia de la tierra, especialmente en zonas rurales y de informalidad.
- **Acceso a créditos y servicios financieros**: Con un predio formalizado y con un avalúo catastral actualizado, los propietarios pueden acceder más fácilmente a créditos bancarios, microcréditos productivos y subsidios del Estado.
- **Participación real en procesos territoriales**: los ciudadanos dejan de ser observadores pasivos y se convierten en actores activos en la construcción de su territorio.
- **Mayor seguridad jurídica**: la reducción de conflictos por linderos, superposiciones de predios y disputas de tenencia disminuyen los litigios y genera tranquilidad para las familias, especialmente en regiones con antecedentes de conflictos por la tierra.

- ***Beneficios económicos***

- **Incremento del recaudo del impuesto predial**: al actualizar áreas, usos del suelo y avalúos catastrales, se amplía la base gravable y se logra una distribución más equitativa de la carga tributaria.
- **Mayor inversión en infraestructura y servicios públicos**: el aumento en los ingresos propios permite a los municipios financiar obras viales, de acueducto y alcantarillado, de educación, de salud y mitigación de riesgos, rompiendo el círculo de dependencia de transferencias nacionales.
- **Dinamización del mercado inmobiliario**: la seguridad jurídica y la información transparente sobre predios, incentivan las transacciones formales, atraen inversión privada (urbana y rural) y facilitan procesos de compraventa, arrendamiento y desarrollo inmobiliario sostenible.

- ***Productos generados por el proceso***

El modelo produce un conjunto integral de entregables

técnicos y jurídicos de alta calidad:

- Censos catastrales actualizados y georreferenciados (características físicas, socioeconómicas y de uso del predio).
- Cartografía temática y ortofotomapas de alta resolución (escala 1:2.000 urbana y 1:5.000 o 1:10.000 rural), incluyendo capas vectoriales de linderos, construcciones y coberturas del suelo.
- Estudios jurídicos y legales de cada predio (análisis de títulos, tradición, limitaciones y restricciones al dominio).
- Bases de datos físicas y multipropósito de los predios (estructura alfanumérica y espacial interoperable).
- Avalúos comerciales y catastrales actualizados, elaborados conforme a las normas técnicas de valuación del IGAC.
- Estadísticas territoriales desagregadas (por zona urbana/rural, estrato, uso del suelo, etc.) útiles para planeación y toma de decisiones.
- Registro fotográfico y videográfico georreferenciado de predios, construcciones y linderos (evidencia visual para futuras verificaciones o litigios).
- Informes técnicos consolidados (diagnóstico, metodología aplicada, resultados y recomendaciones).
- Costeos y modelos de sostenibilidad del proceso catastral (análisis de costos-beneficios y estrategias de mantenimiento periódico).
- Sistemas de Información Geográfica (SIG) actualizados e interoperables, que pueden integrarse a plataformas municipales de gobierno digital y al Sistema Nacional de Catastro Multipropósito.

Estos productos no solo cumplen con los requisitos técnicos para la formación y actualización catastral, sino que constituyen una verdadera plataforma de inteligencia territorial que soporta la gestión pública a mediano y largo plazo.

6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El catastro multipropósito constituye un instrumento estratégico e indispensable para el aprovechamiento de las ventajas comparativas del territorio colombiano, la gestión eficiente del suelo y los recursos naturales, y el fortalecimiento de la competitividad territorial, tanto en el ámbito urbano como rural.

La actualización catastral en Colombia enfrenta problemáticas estructurales profundas, por la falta de información confiable, avalúos desactualizados, centralización excesiva, monopolio institucional, escasa coordinación interinstitucional y alta informalidad en la tenencia de la tierra, que han limitado históricamente su desarrollo y su contribución efectiva a la planificación territorial.

Las complejidades operativas y territoriales propias del país, como la dificultad de acceso rural, geomorfología diversa, condiciones climáticas adversas y problemas de orden público, exigen el diseño de metodologías diferenciadas y adaptadas a cada contexto, abandonando los enfoques tradicionales uniformes y centralizados.

El modelo de levantamiento catastral participativo desde la comunidad representa una alternativa viable y de alto impacto para superar las limitaciones del modelo tradicional, al transformar al propietario de sujeto pasivo en actor corresponsable del proceso catastral.

La participación activa de los propietarios, combinada con socialización adecuada, capacitación básica, uso de tecnologías modernas y validación comunitaria, permite reducir significativamente el número de visitas técnicas por predio, optimizando recursos humanos, logísticos y financieros.

La implementación del modelo participativo fortalece simultáneamente las cinco «*G*» del buen gobierno territorial: Gobierno, Gobernanza, Gobernabilidad, Gestión y el principio de Gana-Gana entre el Estado y la ciudadanía.

La articulación efectiva entre instituciones estatales, gestores catastrales (municipios), operadores catastrales, academia, sector privado y comunidad es condición necesaria para el éxito de la actualización catastral masiva y sostenible en el tiempo.

Los resultados del modelo generarán beneficios multidimensionales: mayor seguridad jurídica, formalización masiva de la propiedad, incremento sustancial del recaudo predial, mejor acceso a crédito, dinamización del mercado inmobiliario y una notable mejora en la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Los productos derivados del proceso como bases de datos multipropósito, cartografía actualizada, avalúos confiables, sistemas de información geográfica interoperables y estudios jurídicos conformarán una verdadera plataforma de inteligencia territorial, que servirá de base técnica para la formulación y ejecución de políticas públicas de mediano y largo plazo.

Además, en Colombia existen empresas de alta capacidad técnica como Esri, Novotecni y el Centro de Desarrollo Tecnológico de Cuatro Conceptos, que están en capacidad de generar procesos que involucran automatizaciones de los procesos geográficos y catastrales de manera eficiente.

La adopción generalizada del modelo de catastro multipropósito con enfoque participativo no solo resolverá el rezago histórico de la actualización catastral en Colombia, sino que contribuirá de manera decisiva a la construcción de un ordenamiento territorial más equitativo, sostenible y resiliente, alineado con los principios de desarrollo territorial consagrados en la Constitución Política y la legislación vigente.

REFERENCIAS

Acuerdo Final para la terminación del conflicto, y la construcción de una paz estable y duradera (2016). https://www.jep.gov.co/Normativa/Paginas/Acuerdo-Final.aspx.

Consejo Nacional de Política Económica y Social Conpes 3641 (2010). *Política Nacional para Consolidar la Interrelación del Catastro y el Registro*. Febrero 5 de 2010.

Consejo Nacional de Política Económica y Social Conpes 3859 (2016). *Política para la Adopción e Implementación de un Catastro Multipropósito Rural - Urbano*. Junio 13 de 2016.

Consejo Nacional de Política Económica y Social Conpes 3870 (2016). *Programa Nacional para la Formulación y Actualización de Planes de Ordenamiento Territorial*. Octubre 24 de 2016.

Consejo Nacional de Política Económica y Social Conpes 3958 (2019). *Estrategia para la implementación de la Política Pública de Catastro Multipropósito*. Marzo 26 de 2019.

Departamento Nacional de Planeación (2015). *Contratos Plan, un instrumento para la descentralización y el desarrollo en las regiones*. [Documento institucional].

Departamento Nacional de Planeación (2017). *Propuesta de financiación del Catastro Multipropósito*.https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Documentos%20gft/Boletín%20propuesta%20de%20financiación%20catastro.pdf. [Documento institucional].

Duarte Castro, J. A. (2021). *El catastro multipropósito como una construcción que parte de la comunidad: propuesta para alcanzar una visión con propiedad*. Revista Equidad y Desarrollo, 36, 239-262. https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss36.10.

Duarte Castro, J.A. (2023). *Construyendo el catastro desde la comunidad. Una visión con propiedad*. Libro. Editorial USTA. https://doi.org/10.15332/li.lib.2023.00354.

Duarte Castro, J.A. (2024). *La Ingeniería en las Políticas Públicas*. Anales de Ingeniería. No. 962. Sociedad Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

Gobierno Nacional, FARC-EP (2016). *Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera*. Noviembre 24 de 2016. https://www.jep.gov.co/Normativa/Paginas/Acuerdo-Final.aspx.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Resolución 70 de 2011. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Febrero 4 de 2011.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Resolución 817 de 2019. Por la cual se establecen las condiciones para la habilitación de los gestores catastrales*. Julio 11 de 2019.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Resolución 828 de 2019. Por la cual se establecen las condiciones jurídicas, técnicas y económicas para la habilitación de los gestores catastrales*. Julio 15 de 2019.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Resolución 388 de 2020. Por medio del cual se establecen las especificaciones técnicas para los productos de información generados por los procesos de formación y actualización catastral con enfoque multipropósito*. Abril 13 de 2020.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Resolución 1040 de 2023, modificada parcialmente por la Resolución 746 de 2024. Por medio de la cual se expide la Resolución Única de la Gestión Catastral Multipropósito*.

Kalmanovitz, S. (2018). *El catastro en la encrucijada*. Revista de Ingeniería Universidad de Los Andes, 46, 10 -12. https://revistas.uniandes.edu.co/toc/revinge/46.

Ley 388 de 1997. *Ley de Ordenamiento territorial*. Julio 18 de 1997.

Ley 1955 de 2019. *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. <<Pacto por Colombia, pacto por la equidad>>*. Mayo 25 de 2019.

Ortiz, A., Suárez, E., y Rocha, L. (2019). *Introducción de metodologías participativas en la modernización de tierras en Colombia acercando la tecnología a la comunidad*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 17, 775-786.https://www.proquest.com/openview/5e6ad0c9552132775b50593c93a0667c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393.

Schoijet, M. (2005). *La recepción e impacto de las ideas de Malthus sobre la población*. Revista Estudios demográficos y urbanos, 569-604.

Williams, H. (2015). *El concepto kantiano de propiedad*. Revista International Journal of Philosophy, 347-359.

Sobre los autores

Jaime Alberto Duarte Castro

Colombiano. Ingeniero Catastral y Geodesta. Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Magister en Planeación para el Desarrollo. Ha sido docente de varias universidades, y ha escrito artículos sobre temas territoriales y catastrales. Recientemente galardonado con el premio Diódoro Sánchez, concedido por la Sociedad Colombiana de Ingenieros en el año 2024, por su libro «Construyendo el Catastro desde la Comunidad. Una visión con Propiedad». Actualmente, se desempeña laboralmente como asesor de procesos catastrales y territoriales para Panamá y Colombia.

Entre la tradición y el descubrimiento «*La Geographia Universalis vetus et nova*» de Sebastian Münster como actualización de la Geografía de Ptolomeo

Between tradition and discovery Sebastian Münster's Geogrephia Universalis vetus et nova as an update of Ptolemy's Geography

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 38-43
2026
ISSN: 1131-9100

Carmen García Calatayud

Resumen

En 2024, la Biblioteca Nacional de España adquirió un valioso ejemplar de *Geographia Universalis vetus et nova*, impreso en Bolonia en 1540, edición de Sebastian Münster, una de las ediciones más influyentes de la *Geographia de Ptolomeo* y la única conservada hoy en España. La obra de Ptolomeo, redactada en el siglo II, fue fundamental para el desarrollo de la cartografía al introducir el uso sistemático de coordenadas, la orientación al norte y la diversidad de proyecciones. Redescubierta en el siglo XIV y difundida gracias a la imprenta a partir del siglo XV, su impacto fue decisivo en la transición hacia la cartografía renacentista. Desde 1477 surgieron múltiples ediciones impresas que incorporaron mapas antiguos y «modernos». En este contexto, la edición de Münster de 1540 destaca por actualizar el legado ptolemaico con nuevos conocimientos geográficos, mapas rediseñados y representaciones innovadoras del Nuevo Mundo, convirtiéndose en un hito cartográfico del siglo XVI por su influencia, amplitud y rareza.

Abstract

In 2024, the National Library of Spain acquired a valuable copy of *Geographia Universalis vetus et nova*, printed in Bologna in 1540 and edited by Sebastian Münster, one of the most influential editions of *Ptolemy's Geographia* and the only one preserved today in Spain. Ptolemy's work, written in the 2nd century, was fundamental to the development of cartography, as it introduced the systematic use of coordinates, north-oriented maps, and a variety of projections. Rediscovered in the 14th century and disseminated through printing from the 15th century onward, its impact was decisive in the transition toward Renaissance cartography. Starting in 1477, multiple printed editions appeared that incorporated both ancient and "modern" maps. In this context, Münster's 1540 edition stands out for updating Ptolemy's legacy with new geographic knowledge, redesigned maps, and innovative representations of the New World, becoming a cartographic milestone of the 16th century for its influence, scope, and rarity.

Palabras clave: Geographia; Ptolomeo; Münster; Basilea; Biblioteca Nacional de España.

Keywords: Geographia; Ptolomeo; Münster; Basilea; National Library of Spain.

Biblioteca Nacional de España, Servicio de Cartografía
carmen.garcia@bne.es

Recepción 10/06/2026
Aprobación 22/06/2026

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2024, la Biblioteca Nacional de España (BNE) adquirió una obra cartográfica de gran relevancia: *Geographia Universalis vetus et nova* de Sebastian Münster, una versión revisada de la *Geographia* de Ptolomeo, publicada en Basilea en 1540.

La *Geographia Universalis vetus et nova* constituye una auténtica primera edición de la obra de Ptolomeo realizada por Münster y se considera una de las ediciones más significativas e influyentes de Ptolomeo. Representa un hito en la historia de la cartografía y en la difusión del conocimiento geográfico durante el siglo XVI. Y, actualmente, es el único ejemplar que se conserva en España.

La edición de 1540 de la *Geographia* de Ptolomeo, impresa en Basilea y preparada por Münster, se inscribe en la tradición de los atlas impresos con imágenes cartográficas ptolemaicas, una práctica que tuvo sus inicios en Bolonia en 1477.

Para comprender la magnitud de esta valiosa obra es necesario adentrarse en la figura de Ptolomeo y analizar su profunda influencia en la historia de la cartografía.

2. IMPORTANCIA DE LA *GEOGRAFÍA* DE PTOLOMEO

Claudio Ptolomeo, astrónomo, geógrafo y matemático nacido en Alejandría en el siglo II d.C., constituye una figura fundamental en la historia de la ciencia, especialmente en los ámbitos de la astronomía y la cartografía. Su obra más influyente, la *Geographia,* redactada hacia el año 150 d.C., representa uno de los intentos más sistemáticos de describir y representar el mundo conocido, y se convirtió en un referente para la tradición cartográfica. Aunque con errores, desde la perspectiva actual, influyó profundamente en el pensamiento científico durante más de mil años.

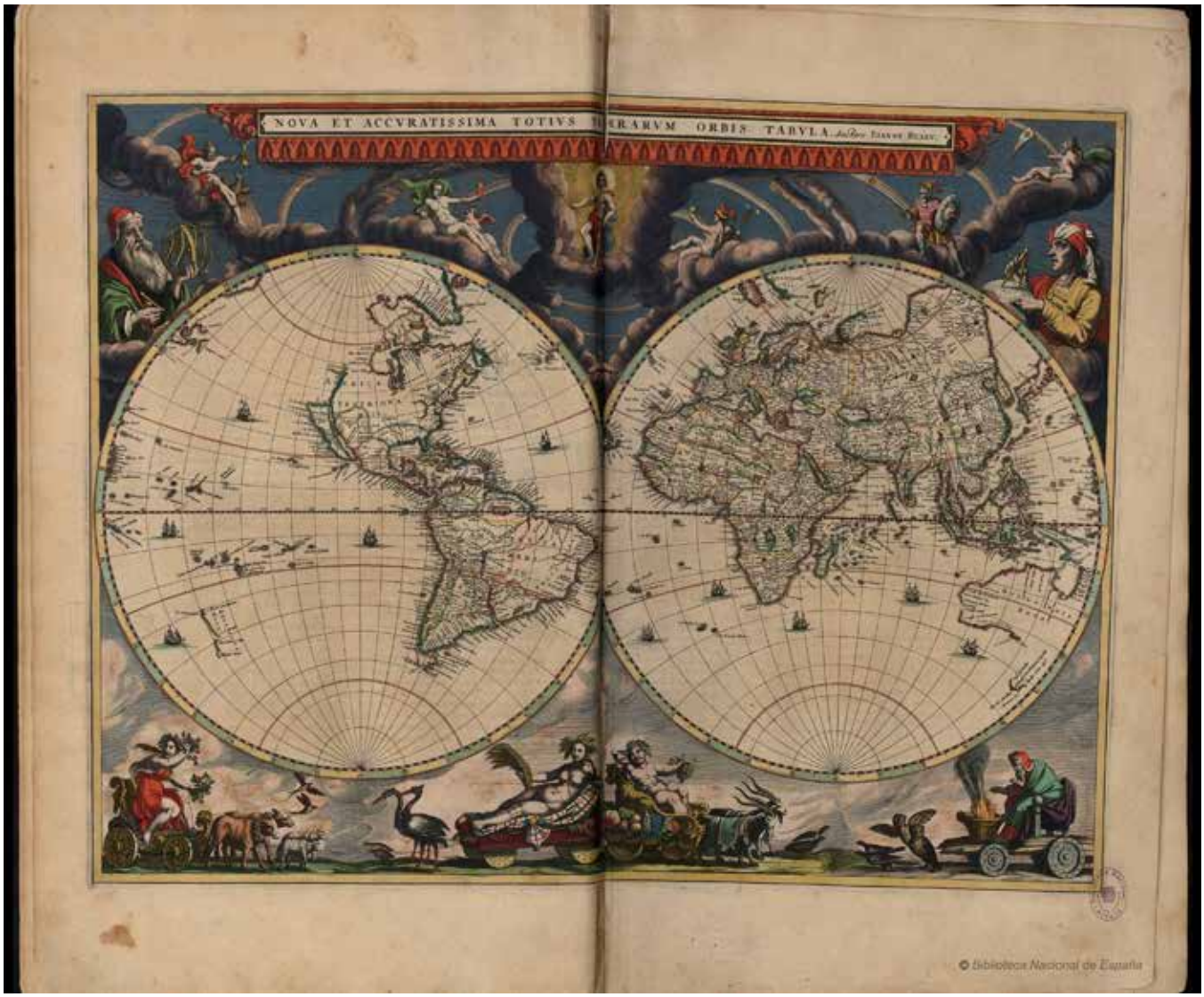


Figura 1. Blaeu, Joan. Nuevo atlas o Teatro del mundo…, 1659. Retrato de Ptolomeo. Fuente: BNE, GMG/189.

Si bien, no se han conservado mapas auténticos elaborados por el autor, el texto manuscrito sí permanece, incluyendo unos ocho mil topónimos de distintos lugares del mundo referenciados mediante coordenadas. Este recurso facilitó que, siglos más tarde, los cartógrafos pudieran reconstruir su visión cartográfica (representaciones cartográficas) a partir de las instrucciones contenidas en el texto de la *Geographia* cuando su manuscrito fue redescubierto hacia el año 1300, gracias a la madurez alcanzada por la geometría y las matemáticas, capaces de otorgar una expresión visual a su escritura.

La importancia de la *Geographia* de Ptolomeo en la historia de la cartografía radica en varios aspectos: en primer lugar, introdujo el uso sistemático de la latitud y la longitud como método de localización de lugares en el mapa, un procedimiento pionero en la representación del espacio geográfico. Asimismo, estableció la convención de orientar los mapas con el norte en la parte superior, rompiendo con las concepciones simbólicas y teológicas de la cartografía medieval, una práctica que se mantiene hasta nuestros días. Ptolomeo, también abordó el problema de representar una superficie esférica (la Tierra) en un plano bidimensional (un mapa) para ello propuso diferentes proyecciones cartográficas que redujeran la distorsión que se produce al realizar esta transformación lo que representó un avance significativo en esta técnica. Ptolomeo propuso un modelo de descripción del mundo promoviendo una visión cuantitativa y matemática del espacio.

En un periodo anterior a la invención de la imprenta, la *Geographia* de Ptolomeo circulaba en forma de manuscritos, lo que limitaba su difusión y generaba variaciones en el texto y los mapas. Aunque la obra se perdió parcialmente en Occidente, fue conservada en el ámbito bizantino y árabe.

La invención de la imprenta supuso una revolución en la difusión del conocimiento, y la *Geographia* de Ptolomeo fue uno de los primeros textos científicos en beneficiarse de esta nueva tecnología. Las primeras ediciones impresas comienzan a aparecer a partir de 1470 permitiendo la producción de un mayor número de copias disponibles para un público más amplio, se estandarizó el texto contribuyendo a una mayor precisión y cohesión en su difusión, y se incorporaron los grabados, primero en madera y después en cobre, lo que permitió aumentar el detalle y la exactitud.

Redescubierta en el siglo XV, su impacto fue decisivo en la transición hacia la cartografía renacentista sirviendo de puente entre la tradición científica de la Antigüedad y los avances derivados de los grandes descubrimientos geográficos de la Edad Moderna. La traducción al latín del texto griego original, realizada por Jacobus Angelus a principios del siglo XV, fue un hito importante que facilitó su acceso a un público más amplio en Europa occidental, así lo explica Agustín Hernando (1995)[1]:

> *La Geographia de Ptolomeo, a lo largo de todo el siglo XVI, se convierte en testigo de excepción de los nuevos descubrimientos al hacerse eco sus sucesivas ediciones de las nuevas tierras divisadas, y en prueba irrefutable de la confirmación o rechazo de ciertas hipótesis sostenidas previamente en los círculos cultos de Europa.*

3. LAS EDICIONES DE PTOLOMEO

En la década de 1470 las primeras ediciones impresas de Ptolomeo, marcaron un antes y un después en la cartografía, especialmente a partir de la invención de la imprenta ya que fueron cruciales para la difusión del conocimiento geográfico y el desarrollo de la cartografía moderna.

Estas ediciones no solo hicieron accesible la obra de Ptolomeo a un público más amplio, además, impulsaron la investigación y la exploración, contribuyendo a la configuración del mundo que conocemos hoy en día.

La primera edición de la *Geographia* se realizó en Bolonia en 1477. Contiene los veintisiete mapas de Ptolomeo grabados sin añadir mapas nuevos. A esta siguieron otras ediciones posteriores. Si tenemos que señalar alguna edición, por su calidad e impacto en la cartografía, destacamos la edición de 1482, impresa en Ulm, que, además de los 27 mapas ptolemaicos, incluyó mapas «modernos» representando regiones que no aparecían en el texto original, como Escandinavia o Polonia. A partir de esta fecha se van sucediendo ediciones que comprenden estos mapas.

Y ya, en el siglo XVI destacamos dos, la edición de 1513, impresa en Estrasburgo, del cartógrafo Waldsemüller,

1 Hernando, Agustín, 1995: 105-106



Figura 2. Ptolomeo, Claudio, and Lienhart Holle. Cla[u]dii Ptolomei viri alexandrino Cosmographie liber [1482]. Fuente: BNE, INC/1475.



Figura 3. Ptolomeo, Claudio y Johann Schott. Claudii Ptolemei... Geographiae, 1513. Fuente: BNE, R/33473.

que tuvo cinco nuevas ediciones, una de ellas la de 1535 por iniciativa de Miguel de Servet; y la edición de 1540, impresa en Basilea, del geógrafo Sebastián Münster, que incorpora nuevos conocimientos geográficos y técnicas cartográficas más avanzadas, y que tuvo también varias ediciones posteriores.

La *Geographia* de Ptolomeo dominó el panorama cartográfico del norte de Europa hasta la década de 1570, influyendo directamente en la creación de los primeros atlas mundiales de carácter "moderno". Esta tradición culminó con el célebre atlas *Theatrum Orbis Terrarum* de Abraham Ortelius publicado en 1570.

Las obras de cartógrafos como Gerardus Mercator y Abraham Ortelius deben en gran medida su desarrollo a la influencia de Ptolomeo. Sin embargo, con la aparición de los grandes atlas flamencos y holandeses, la obra de Ptolomeo fue perdiendo protagonismo y, finalmente, fue quedando en desuso.

4. LA EDICION DE MÜNSTER

La obra *Geographia Universalis vetus et nova* de Sebastian Münster constituye una edición crítica y actualizada de la *Geographia* de Claudio Ptolomeo impresa en Basilea en 1540. Este volumen, estructurado en varias secciones, incluye un extenso corpus de mapas xilográficos a doble página, impresos sin policromía. Representa la primera edición completa de la Geographia de Ptolomeo bajo la autoría de Münster posicionándose como uno de los hitos cartográficos más relevantes y raros del siglo XVI.

Sebastian Münster (1489-1552) fue un cosmógrafo y profesor de hebreo, ejerció docencia en Tubinga, Heidelberg y finalmente Basilea, ciudad en la que se estableció en 1529 hasta su fallecimiento por peste en 1552. Münster fue el eje de una amplia red de eruditos que le facilitaron datos geográficos y mapas actualizados.

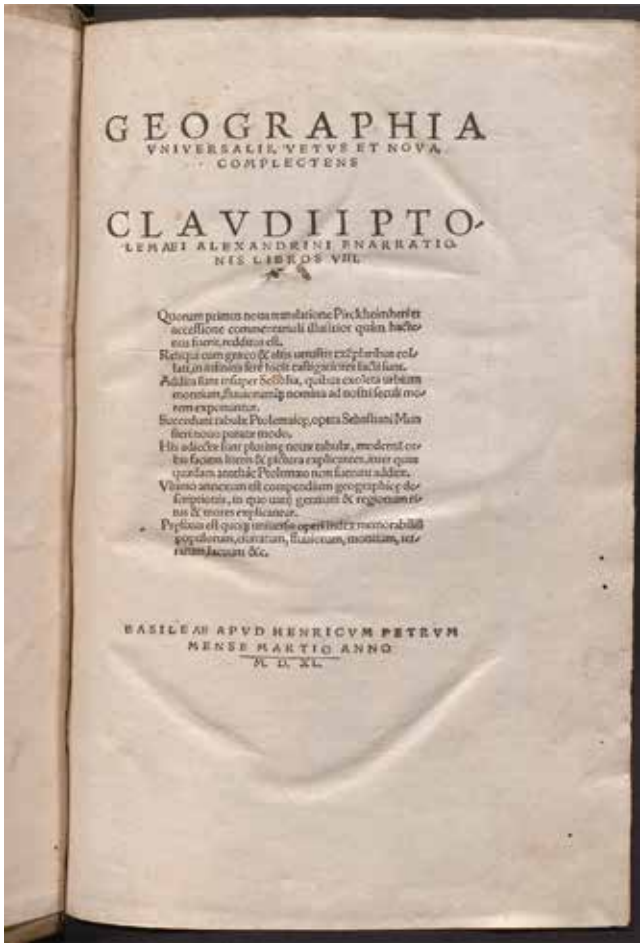


Figura 4. Ptolomeo, Claudio, Sebastian Münster, and Willibald Pirckheimer. Geographia Universalis, Vetus et Nova, 1540. Fuente: BNE, GMG/1606



Figura 5. Münster, Sebastian, and Heinrich Petri. Cosmographiae uniuersalis lib. VI … [1550]. Retrato de Münster. Fuente: BNE, R/33638.



Figura 6. Ptolomeo, Claudio, Sebastian Münster, and Willibald Pirckheimer. Geographia Universalis, Vetus et Nova, 1540. Mapa América. Fuente: BNE, GMG/1606.

Su primer mapa conocido, un mapa de Alemania, fue publicado en 1525, y su obra magna de 1540, *Geographia universalis vetus et nova*, una edición revisada de la *Geographia* de Ptolomeo basada en la traducción latina realizada por Willibald.

La obra de Münster suele asociarse a varios hitos cartográficos: fue el primero en incluir mapas independientes para cada continente, estableciendo un paradigma cartográfico que influyó en Abraham Ortelius y otros precursores de atlas. Este cambio se debió en gran medida a la primera circunnavegación del globo realizada por Magallanes-Elcano en 1522; elaboró el primer mapa impreso separado de Inglaterra; publicó el mapa más antiguo de África y produjo uno de los mapas más significativos de América en el siglo XVI; además, fue pionero en citar explícitamente las fuentes y autoridades en los mapas «modernos».

Por primera vez, en esta edición aparece un mapa específico del hemisferio occidental realizado por Sebastian Münster, que refleja de manera muy clara el debate existente en torno a la denominación del Nuevo Mundo, aún sin resolver en 1540. En él se observan los distintos nombres

que se atribuían entonces al Nuevo Continente, lo que convierte esta obra en un documento de extraordinario valor para el estudio de la evolución de su nomenclatura.

Además, la edición incluye tres mapas dedicados a las Américas, que muestran cómo se concebía y representaba el territorio recién descubierto desde la perspectiva europea del siglo XVI.

La edición de Basilea de 1540 incorpora los comentarios críticos y mapas rediseñados por Münster integrando información cartográfica actualizada referente a los recientes descubrimientos geográficos. Además de los mapas ptolomeicos originales, incluye nuevos mapas que reflejan la expansión geográfica del conocimiento europeo. Si bien la calidad gráfica y la precisión topográfica varían, especialmente en mapas de Asia y América, donde abundan elementos iconográficos figurativos como representaciones de pueblos indígenas y criaturas fantásticas, esta edición supera notablemente las anteriores publicadas en 1522, 1525 y 1535 en cuanto a actualización y contenido informativo.

El ejemplar posee una encuadernación gofrada sobre tabla biselada en piel de cerdo de estilo renacentista alemán del siglo XVI y conserva las manecillas de cuero terminadas en cierres metálicos.

Finalizamos este artículo con una reflexión de Carlos Sanz (1959)[2]:

> *Indudablemente los mapas de Ptolomeo, antiguos y modernos han perdido su vigencia como instrumentos de ciencia, pero en su lugar y desde los siglos XVII y XVIII recobran el valor histórico que les corresponde, y si ya no son los navegantes, militares y mercaderes quienes los utilicen, otras manos, tal vez, más solícitas y menos interesadas, los recogerán para incorporarlos a ese mundo, tan oscuro para muchos, que es el coleccionismo y la curiosidad…*

Y se completa con una reseña sobre el libro de Steven (1908), en la revista The Geographical Journal[3].

> *Las numerosas ediciones de la Geographia de Ptolomeo, publicadas a intervalos cortos durante varios años, desde 1475 en adelante, poseen una importancia más allá de lo que atrae al coleccionista de libros, debido a la constante adición de material moderno a manos de sucesivos editores y cartógrafos; de modo que una colección completa de las diversas ediciones presenta una visión sorprendente del desarrollo de las modernas concepciones geográficas, en el aspecto académico, durante el siglo o más que siguió al descubrimiento de América.*

2 Sanz, Carlos, 1959: 36

3 The Geographical Journal, 1910: 590

REFERENCIAS

BAGROW, L. (1945): "The origin of Prolomey's Geographia", *Geografiska Annaler,* nº. 27, 318-387.

HERNANDO, Agustín (1995): «El mapa de España albergado en las Geographias de Ptolomeo», *El mapa de España, siglos XV-XVIII*. Madrid, Centro Nacional de Información Geográfica, págs. 91-115.

MANSO, Carmen (2011): «La cartografía ptolemaica, precedente científico de la llegada a tierra firme», *Revista de Estudios colombinos*, junio, nº 7, 7-25.

A bibliography of Ptolemy's Geography. (1910). The Geographical Journal, 35(5), 590–591. HYPERLINK "http://www.jstor.org/stable/1777808?utm_source=chatgpt.com"http://www.jstor.org/stable/1777808

RODRÍGUEZ-MOÑINO, A. (1928): «La biblioteca de Arias Montano. Noticias y documentos para su reconstitución (1548-1598)», *Revista del Centro de Estudios Extremeños*, vol. III, págs. 555-598.

SANZ, Carlos (1959): «*La Geographia de Ptolomeo ampliada con los primeros mapas impresos de América (desde 1507): estudio bibliográfico y crítico*». Madrid, Librería General Victorial Suárez.

STEVENS, Henry (1908): Ptolemy's Geography: A brief Account of all the Printed Editions down to 1730.' By Henry N. Stevens. Second Edition. London: Henry Stevens, Son & Styles, 1908.

Sobre los autores

Carmen García Calatayud

Licenciada en Historia por la Universidad de Oviedo, ha desarrollado su carrera profesional en la Biblioteca Nacional de España, como Jefa del Servicio de Cartografía de la BNE desde 2014. Sus publicaciones se centran principalmente en la cartografía, La imagen de Europa, en Revista Vínculo de historia (2024), Astronomicum Caesareum. La belleza del Cosmos, (BNE, 2021), Una visión cartográfica de los Estados Unidos, En Diseñar América: el trazado español de los Estados Unidos (2014), Visiones de la Tierra. Una imagen en construcción, En Cosmos (2018). Post y artículos varios: Anécdotas de un bibliotecario cartotecario (2020), De la carta de Vermeer al mapa de postas… el viaje de las palabras (2019), Imperios de papel: Cartografía y transformación de la imagen del mundo en los atlas (2017), Mapa de Cataluña de A. Borsano: la digitalización de un mapa (2016), etc.

Discrepancia entre superficie planimétrica y topográfica en San Andrés Tuxtla: implicaciones para la gestión municipal

Discrepancy between planimetric and topographic surface in San Andrés Tuxtla: implications for municipal management

Rodrigo Tovar Cabañas
Hipólito Villanueva Hernández
Delia Elena Martínez Jiménez

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 44-54
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

El estudio aborda la discrepancia entre superficies planimétricas y topográficas en San Andrés Tuxtla, Veracruz, subrayando sus implicaciones fiscales, jurídicas y ambientales. La cartografía oficial reporta una extensión planimétrica de 955,3 km², pero el análisis con datos LiDAR de alta resolución (5 m) revela que la superficie real topográfica es mayor, de un incremento superior al 1,3%, lo que implica una diferencia efectiva de más de 12,3 km² adicionales respecto a la cifra oficial. Esta subestimación afecta directamente la base gravable del impuesto predial, la planeación urbana y la estimación de biomasa forestal, generando distorsiones en la gestión municipal. La metodología empleada —construcción de un modelo digital de elevación a partir de 54 cartas LiDAR y cálculo celda por celda mediante corrección trigonométrica— ofrece un protocolo replicable y robusto para cuantificar la superficie real en territorios de relieve complejo. Los hallazgos confirman que la representación bidimensional tradicional resulta insuficiente y que la incorporación de criterios topográficos en catastros multipropósito y planes de ordenamiento territorial es indispensable para garantizar precisión, transparencia y sostenibilidad. El caso de San Andrés Tuxtla constituye un paradigma que evidencia la urgencia de modernizar la gestión territorial mediante tecnologías geomáticas avanzadas.

Palabras clave: Planimetría; Topografía; Catastro multipropósito; San Andrés Tuxtla.

Abstract

This study addresses the discrepancy between planimetric and topographic surface areas in San Andrés Tuxtla, Veracruz, highlighting its fiscal, legal, and environmental implications. Official cartography reports a planimetric area of 955,3 km², but analysis using high-resolution (5 m) LiDAR data reveals that the actual topographic area is larger, with an increase of over 1,3%, implying an effective difference of more than 12,3 km² compared to the official figure. This underestimation directly affects the property tax base, urban planning, and the estimation of forest biomass, generating distortions in municipal management. The methodology employed—construction of a digital elevation model from 54 LiDAR maps and cell-by-cell calculation using trigonometric correction—offers a replicable and robust protocol for quantifying the actual surface area in territories with complex topography. The findings confirm that traditional two-dimensional representation is insufficient and that incorporating topographic criteria into multipurpose cadastres and land-use plans is essential to guarantee accuracy, transparency, and sustainability. The case of San Andrés Tuxtla serves as a paradigm that highlights the urgent need to modernize land management through advanced geomatics technologies.

Keywords: Planimetry; Topography; Multipurpose cadastre; San Andrés Tuxtla.

Universidad Veracruzana; El Colegio de Veracruz; Universidad Autónoma de Nuevo León (Instituto de Investigaciones Sociales); Universidad Autónoma de Tlaxcala (Facultad de Desarrollo Humano) elcolegiodeveracruz@gmail.com

Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigaciones Sociales Monterrey hipolito.villanuevahr@uanl.edu.mx

Universidad de Xalapa AC., Escuela de Arquitectura; Instituto Interdisciplinario de Investigación arq.deliamartinez@gmail.com

Recepción 16/09/2026
Aprobación 21/09/2026

1. INTRODUCCIÓN

La administración del territorio en México enfrenta desafíos metodológicos derivados de la tradición cartográfica convencional. El país presenta una orografía predominantemente accidentada —más de la mitad de su superficie se clasifica como montañosa—, lo que exige una reflexión crítica sobre las herramientas y conceptos empleados en la gestión municipal. Esta tradición ha privilegiado históricamente la representación bidimensional del espacio geográfico, una práctica fundamentada en la proyección horizontal del terreno o superficie planimétrica, que omite sistemáticamente la tercera dimensión espacial. Ampliamente difundida por razones de corte histórico, simplificación metodológica y estandarización normativa, esta práctica genera una subestimación sistemática de la superficie real en territorios con relieve accidentado. En este contexto, la distinción entre superficie planimétrica (proyección horizontal bidimensional) y superficie topográfica (consideración de la tridimensionalidad del relieve) adquiere relevancia sustantiva para el catastro, la planificación urbana, la gestión de riesgos y la administración de recursos naturales.

La investigación acumulada en las últimas décadas ha evidenciado que la dicotomía entre área planimétrica y área topográfica constituye un eje estructurante de la geomática contemporánea. Berry (2007) estableció que los cálculos tradicionales subestiman la superficie real al ignorar la inclinación de las pendientes, proponiendo la corrección trigonométrica fundamental que relaciona ambas métricas mediante el coseno del ángulo de inclinación. Kienzle (2011) demostró que esta subestimación alcanza el 10% en pendientes de 25°, el 41% a 45° y supera el 100% en inclinaciones mayores a 60°, mientras que Jacobsen y Theakstone (1995) documentaron errores sistemáticos de hasta el 20% en zonas escarpadas. Estudios posteriores han abordado la problemática desde diversas perspectivas: Xie et al. (2017) desarrollaron algoritmos vector-ráster para superficies topográficas; Batista *et al.* (2012) evidenció las implicaciones ecológicas de la subestimación superficial en métricas del paisaje; y Bernal y Tejedor (2014) cuestionaron las limitaciones del catastro tradicional al operar exclusivamente sobre representaciones bidimensionales que omiten la superficie real tridimensional, generando potenciales errores sistemáticos en la cuantificación predial.

El problema adquiere dimensiones concretas en múltiples ámbitos de la administración pública. En materia catastral y fiscal, la utilización de superficies planimétricas para el cálculo del impuesto predial implica que predios ubicados en laderas con pendientes pronunciadas tributen sobre una base inferior a su superficie real, generando subvaluación y pérdida de ingresos municipales. Adicionalmente, dicha práctica comúnmente origina disputas entre colindantes cuando los límites reales sobre el terreno no coinciden con las representaciones planas. En la planificación urbana y el ordenamiento territorial, los instrumentos municipales como el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) y los coeficientes de ocupación del suelo (COS) se definen sobre representaciones bidimensionales que ocultan la fragilidad de terrenos con pendientes significativas. Esto ha propiciado, en regiones como San Andrés Tuxtla, Xalapa o la zona poniente de la Ciudad de México, asentamientos humanos en cabeceras de barrancas y zonas de alto riesgo, con consecuencias trágicas durante temporadas de lluvias. En la gestión ambiental, la subestimación superficial afecta el cálculo de indicadores ecológicos como la rugosidad del terreno, la fragmentación de ecosistemas y la conectividad biológica, comprometiendo la efectividad de corredores ecológicos y áreas naturales protegidas. En la administración de recursos, la cuantificación de biomasa forestal, reservas de suelo y movimientos de tierra para obras públicas presenta errores sistemáticos que pueden alcanzar el 20% en zonas escarpadas, distorsionando la evaluación de servicios ecosistémicos y el presupuesto para infraestructura.

El municipio de San Andrés Tuxtla, ubicado en la región de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz, constituye un caso de estudio paradigmático para abordar esta problemática. Con una extensión planimétrica oficial de 955,3 km², su configuración geográfica se asienta sobre las estribaciones de la Sierra de San Martín, con altitudes que oscilan entre el nivel del mar y los 1.644 metros, y una altitud media de 254 metros. Esta variación no es uniforme: el territorio presenta zonas clasificadas como «onduladas o suavemente onduladas», «quebradas o suavemente quebradas», «cerriles», «escarpadas» y «muy escarpadas». La presencia del volcán San Martín (Titépetl), con 1.680 msnm, constituye el punto más elevado y genera pendientes pronunciadas en sus faldas. Esta complejidad geomorfológica genera condiciones propicias para que la discrepancia entre ambas métricas superficiales sea significativa, con potenciales efectos en la toma de decisiones gubernamentales.

El objetivo general de la presente investigación es cuantificar la diferencia entre la extensión territorial reportada oficialmente para el municipio de San Andrés Tuxtla —estimada mediante métodos planimétricos— y su superficie topográfica real, derivada de modelos digitales de elevación de alta resolución. Los objetivos específicos comprenden: (1) construir un modelo digital de elevaciones con resolución de 5 metros a partir de datos LiDAR del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) correspondientes al municipio; (2) calcular la superficie topográfica mediante la corrección trigonométrica de pendientes celda

por celda; y (3) determinar la magnitud absoluta y porcentual de la discrepancia entre ambas superficies.

El estudio se circunscribe al análisis espacial del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, utilizando exclusivamente datos LiDAR del INEGI correspondientes al año 2009, con resolución espacial de 5 metros. La investigación excluye consideraciones sobre la propiedad de la tierra, aspectos jurídicos de tenencia o valoración económica de los predios. Entre las limitaciones inherentes se reconoce que, si bien los datos LiDAR empleados corresponden al tipo terreno y garantizan una representación fiel de la superficie sin cobertura vegetal o infraestructura, el modelo digital de elevación generado mediante interpolación tiende a ser ligeramente inferior a la superficie real debido al suavizado inherente a los procesos de interpolación, lo que implica que los resultados obtenidos constituyen una aproximación conservadora de la discrepancia real.

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo-analítico y espacial, sustentado en sistemas de información geográfica y modelado digital del terreno. El procedimiento metodológico comprende dos fases secuenciales: la primera orientada a la generación del modelo digital de elevaciones a partir de 54 cartas topográficas LiDAR escala 1:10.000, procesadas mediante extracción de curvas de nivel y generación de una nube de más de once millones de puntos georreferenciados con coordenadas X, Y, Z; la segunda fase corresponde al cálculo y comparación de superficies planimétrica y topográfica mediante interpolación en *software* especializado y aplicación de la relación trigonométrica:

$$\text{área topográfica} = \text{área planimétrica} / \cos(\theta)$$

El documento se estructura en cuatro apartados. El primero presenta el planteamiento del problema y la justificación del estudio. El segundo desarrolla el estado del arte sobre la distinción entre superficies planimétrica y topográfica en geomática, catastro y ordenamiento territorial. El tercero expone detalladamente la metodología empleada, incluyendo los procedimientos de procesamiento de datos LiDAR y cálculo de superficies. Finalmente, el cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos y las implicaciones de tales hallazgos para la gestión municipal, además de formular recomendaciones para la incorporación de criterios topográficos en los instrumentos de planeación y gestión territorial.

2. PLANIMETRÍA, TOPOGRAFÍA, GEOMÁTICA Y CATASTRO. ESTADO DEL ARTE.

El análisis contemporáneo sobre la diferencia entre área planimétrica y área topográfica ha puesto de relieve una problemática recurrente en la cartografía y la geomática aplicada. Berry (2007) señala que los cálculos tradicionales tienden a subestimar la superficie real del terreno al ignorar la inclinación de las pendientes, lo que genera errores significativos en catastros, ordenamiento territorial y estudios ambientales. La fórmula propuesta —dividir el área planimétrica entre el coseno del ángulo de la pendiente— permite obtener valores más realistas, aplicables en contextos como el catastro multipropósito y la planificación territorial en México con datos de Detección y Medición de Distancias por Luz (LiDAR, por sus siglas en inglés) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Este hallazgo revela que la diferencia porcentual puede superar el 9 % en zonas de fuerte inclinación, lo que evidencia la necesidad de incorporar superficies tridimensionales en la medición de áreas.

De manera concomitante, Jacobsen y Theakstone (1995) demostraron que la utilización no crítica del área planimétrica en el cálculo del balance de masas constituye una fuente potencial de errores significativos. Al extrapolar valores puntuales de ablación o acumulación a zonas delimitadas por curvas de nivel, se subestima sistemáticamente el volumen real, dado que la superficie topográfica tridimensional es siempre mayor que su proyección horizontal. Mediante modelos digitales de elevación de alta resolución, los autores calcularon que la superficie real puede superar a la planimétrica hasta en un 20 %, especialmente en zonas de escarpes. Incluso con modelos digitales de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) precisos, la superficie calculada tiende a ser ligeramente inferior a la real debido al suavizado inherente a la interpolación, lo que subraya la necesidad de emplear tecnologías como LiDAR para evitar errores sistemáticos en catastros multipropósito.

En la misma línea, Kienzle (2011) evidenció que calcular la superficie de terrenos montañosos a partir de modelos digitales de elevación en proyección planimétrica conduce a una subestimación sistemática del área real. El principio matemático —$\text{Área}_{(\text{verdadera})} = \text{Área}_{(\text{planimétrica})} / \cos(\text{pendiente})$— muestra que dicha subestimación alcanza el 10% en pendientes de 25°, el 41% a 45° y supera el 100% en pendientes mayores a 60°. Además, la resolución del DEM incide directamente en la magnitud del error: una celda de 30 m puede subestimar la pendiente en más del 50% respecto a una de 10 m. Ignorar esta corrección genera una sobreestimación del escurrimiento simulado de 9,7% y una diferencia del 12,3% en el caudal medio anual, lo que confirma que la omisión de la superficie tridimensional introduce errores sistemáticos en modelos hidrológicos y territoriales.

Posteriormente, Xie *et al*. (2017) propusieron un algoritmo eficiente de superposición vector-ráster (VROA) para calcular superficies topográficas de parcelas de uso

del suelo con formas irregulares. Este método mitiga los errores de efecto de borde en las mediciones cartográficas y mejora la precisión al distinguir áreas planimétricas de superficies topográficas 3D reales. El algoritmo recorta con precisión las celdas ráster a lo largo de los límites de polígonos vectoriales, reduciendo el tiempo de cálculo en comparación con los métodos basados en Redes de Triángulos Irregulares (TIN, por sus siglas en inglés). Entre los aspectos poco conocidos se incluye el pseudocódigo del algoritmo para manejar superposiciones parciales de celdas, lo que facilita la geodesia aplicada a catastros y fortalece la planificación territorial a gran escala.

Por su parte, Batista *et al*. (2012) examinó diferencias significativas entre métricas de paisaje calculadas en superficies planimétricas y tridimensionales, aplicando un DEM de 25 m en áreas del Alentejo Central, Portugal. El análisis convencional en ecología del paisaje, que considera solo superficies planimétricas, genera resultados erróneos, particularmente en zonas montañosas. Mediante pruebas estadísticas, se validó la superioridad de las mediciones 3D para cuantificar superficies reales y corregir errores cartográficos en catastros multipropósito. Un hallazgo relevante es la estabilidad de la dimensión fractal y del índice de forma entre 2D y 3D, lo que demuestra que ciertas métricas permanecen invariantes, mientras que otras, como la rugosidad promedio, se ven significativamente afectadas.

En otro aporte, Chen y Li (2019) presentaron un método de interpolación basado en *thin plate spline* ponderado y diferencias finitas para generar DEM a partir de grandes volúmenes de datos LiDAR. Este enfoque produce superficies 3D continuas y precisas con un costo computacional reducido, evitando artefactos visuales como el «efecto pico-cortado». La relevancia radica en que un DEM de alta calidad permite calcular con mayor exactitud la superficie real, indispensable para catastros multipropósito y ordenamiento territorial. A diferencia de métodos globales como la transformada discreta del coseno, la propuesta muestra baja sensibilidad al parámetro de suavizado y evita discontinuidades típicas de interpolaciones locales, ofreciendo una herramienta robusta para la integración de topografía digital y SIG.

De manera paralela, Polat y Uysal (2018) analizó la generación de DEM a partir de LiDAR y fotogrametría con Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV, por sus siglas en inglés), demostrando que los modelos derivados de UAV alcanzan precisiones comparables a los de LiDAR, con correlaciones superiores a 0,95 y errores RMS cercanos a 15 cm. Este hallazgo evidencia que la fotogrametría aérea puede suplir necesidades de catastros multipropósito con menor costo y mayor portabilidad. La interpolación mediante vecinos naturales y el filtrado adaptativo por TIN garantizan la obtención de Modelo Digital del Terreno (DTM, por sus siglas en inglés) confiables, fundamentales para definir la superficie topográfica frente a la planimétrica.

En un ámbito complementario, Webster *et al*. (2016) procuraron optimizar la colección de datos LiDAR topobatimétrico Chiroptera II para generar DEM continuos tierra-mar. Los resultados permiten distinguir la superficie real del terreno frente a la proyección planimétrica, con precisiones verticales mejores a 10 cm RMSE. La integración de ortofotos y DEM facilita el ordenamiento territorial y la superficie 3D, mientras que la normalización empírica de amplitud constituye un aporte poco conocido para la clasificación del lecho marino. Este enfoque transforma la topografía digital al ofrecer datos batimétricos y topográficos unificados.

Zhiming *et al.* (2012) subrayaron que el estudio de la configuración espacial en terrenos montañosos exige trascender la perspectiva tradicional de «ojo de pájaro» para evitar errores significativos en la medición de áreas cartográficas. Al comparar el área planimétrica con la topográfica, se observa que las métricas basadas en superficie resultan significativamente mayores, especialmente en pendientes pronunciadas. La implementación de algoritmos de triangulación sobre superficies 3D garantiza una cuantificación precisa de la fragmentación y conectividad del paisaje, lo que resulta esencial para el ordenamiento territorial.

Bernal y Tejedor (2014) propusieron reconocer al sistema catastral como instrumento multifinalitario que trasciende la función fiscal tradicional. La determinación de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas exige la superposición de cartografías a escalas detalladas, incorporando variables topográficas y de uso del suelo que condicionan directamente el valor unitario del terreno. La medición de superficies construidas y de terreno, base del avalúo catastral, opera sobre representaciones bidimensionales que omiten la superficie real tridimensional, generando potenciales errores sistemáticos en la cuantificación predial.

Ercan y Bank (2004) documentaron el sistema de automatización catastral turco, que implementa tecnología ESRI para gestionar datos geométricos y atributivos de propiedades inmobiliarias. El uso de proyección UTM dividida en siete zonas garantiza precisión coordenada, diferenciando implícitamente áreas planimétricas de topográficas en terrenos irregulares. Este enfoque multipropósito soporta el ordenamiento territorial al proporcionar datos vectoriales y ráster para planificación, evidenciando las limitaciones de modelos 2D frente a superficies reales 3D.

Frédéricque, Raymond y Van Prooijen (2011) examinaron las capacidades tecnológicas actuales para implementar un catastro tridimensional, destacando la necesidad de superar las limitaciones de la representación bidimensional en contextos urbanos complejos. La integración de objetos 3D con atributos semánticos en

sistemas de gestión de bases de datos espaciales permite calcular superficies reales y volumetrías con mayor precisión. Un aspecto poco conocido es el uso de operaciones booleanas para validar la integridad geométrica de los volúmenes catastrales, garantizando su cerramiento y evitando errores en la medición de áreas 3D.

Las tecnologías de adquisición de datos continúan evolucionando y democratizándose, como documentan Minea y sus colaboradores (2024), quienes demuestran que la integración UAV-SIG alcanza precisiones de hasta 1,2 centímetros, abriendo nuevas posibilidades para la geomática aplicada al catastro. Esta evidencia subraya la necesidad de adoptar sistemas de «Catastro 2.0» que integren datos tridimensionales y en tiempo real para una gestión territorial sostenible, superando las limitaciones de métodos tradicionales que operaban con actualizaciones esporádicas y representaciones bidimensionales obsoletas. La capacidad de generar ortofotos y modelos digitales de elevación con drones permite comparar con rigor el área planimétrica frente al área topográfica, destacando sistemáticamente la diferencia entre superficie proyectada y superficie real del terreno.

Como se puede observar, la investigación acumulada en los últimos decenios ha dejado en evidencia que la dicotomía entre área planimétrica y área topográfica no es un asunto de precisión menor, sino un eje estructurante de la geomática contemporánea con consecuencias directas sobre la gestión territorial, catastral y ambiental. Los métodos de cálculo convencionales incurren en una subestimación sistemática de la superficie real al proyectar el relieve sobre un plano horizontal, obviando la inclinación efectiva del terreno; dicha distorsión solo se corrige mediante la relación trigonométrica fundamental que establece que el área topográfica verdadera es igual al área planimétrica dividida por el coseno de la pendiente. La magnitud de este error no es despreciable: en terrenos con inclinaciones de 45° la subestimación supera el cuarenta por ciento, valor que en contextos de alta montaña, franjas costeras escarpadas o cuencas de relieve contrastado —como las presentes en el estado de Veracruz— se traduce en imprecisiones con repercusiones jurídicas, fiscales y ecológicas de primer orden.

Este problema, que durante décadas permaneció subordinado a las limitaciones tecnológicas de los instrumentos disponibles, ha encontrado en la nube de puntos LiDAR su solución más robusta y reproducible. La densidad métrica y la coherencia altimétrica de los datos LiDAR permiten generar modelos digitales de elevación de alta resolución sobre los cuales es posible calcular, célula a célula, la pendiente local y, por extensión, el área topográfica real de cada unidad superficial. Los algoritmos de superposición vector-ráster, los métodos de interpolación avanzados y la integración con plataformas SIG posibilitan hoy precisiones centimétricas que, hasta hace una generación, eran inaccesibles para estudios territoriales a escala regional. La tecnología LiDAR no solo amplía la capacidad de medición: redefine el concepto mismo de superficie al distinguir con rigor la topografía real del terreno frente a su mera proyección cartográfica, habilitando sistemas catastrales tridimensionales y modelos continuos tierra-mar de utilidad directa para el ordenamiento territorial costero y continental.

Es precisamente en este contexto donde se inscribe el presente estudio. Las consideraciones expuestas justifican la necesidad de un protocolo metodológico explícito, replicable y fundamentado en datos LiDAR de alta densidad que permita cuantificar con rigor la diferencia entre área planimétrica y área topográfica a escala regional para el territorio veracruzano. El capítulo que se desarrolla a continuación expone dicho protocolo: desde la adquisición y preprocesamiento de la nube de puntos, pasando por la generación del modelo digital de elevación y el cálculo de pendientes, hasta la estimación de superficies topográficas. Cada decisión metodológica adoptada responde a los principios enunciados en este marco conceptual, con el propósito de que los resultados sean comparables, replicables y transferibles a otras regiones de relieve complejo.

3. ÁREA DE ESTUDIO. SAN ANDRÉS TUXTLA, VERACRUZ

El municipio de San Andrés Tuxtla se asienta en la Sierra de Los Tuxtlas y dentro de la Llanura Costera del Golfo de México, al sureste del estado de Veracruz. De acuerdo con la cartografía oficial del INEGI (2010), sus límites administrativos quedan definidos de la siguiente manera: al noroeste colinda con Ángel R. Cabada; al oeste y suroeste, con Santiago Tuxtla; al sur y sureste, con Hueyapan de Ocampo; al este, con Catemaco; mientras que hacia el norte su territorio se extiende hasta encontrarse con las aguas del Golfo de México (figura 1). En términos porcentuales su extensión territorial equivale al 1,33% de la superficie estatal, conforme a INEGI (2015) esto equivale a 955,3 km^2 y alberga una población de 174.075 habitantes (INEGI, 2020), constituyéndose como el centro urbano y administrativo más relevante de la región.

La región se conforma por materiales volcánicos asociados al campo de Los Tuxtlas, con predominio de basaltos y suelos fértiles derivados de cenizas. El relieve accidentado combina lomeríos, cañadas y valles que descienden hacia las planicies costeras, donde los ríos depositan sedimentos limo-arcillosos. Las altitudes varían



Figura 1. Ubicación del municipio de San Andrés Tuxtla
Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010).

entre el nivel del mar y los 1644 msnm, destacando el volcán San Martín (Titépetl), que genera las pendientes más abruptas. La superficie real del terreno supera sistemáticamente la planimétrica, con diferencias que alcanzan más del 20 % en zonas escarpadas, lo que repercute en catastro, planeación territorial y estimaciones de biomasa.

El sistema hidrológico presenta una red dendrítica de alta densidad. El río Tepango funge como colector principal, alimentado por arroyos de la Sierra de Los Tuxtlas. Otros escurrimientos confluyen hacia la Laguna de Catemaco y posteriormente al Golfo de México. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año, clasificado como Am(f) según García (2004). La Sierra de Los Tuxtlas actúa como barrera orográfica frente a vientos alisios y frentes fríos, generando precipitaciones anuales entre 2000 y 4000 mm, moduladas por altitud y exposición de laderas.

La heterogeneidad geomorfológica y la coexistencia de distintos regímenes de tenencia de la tierra provocan que los registros catastrales subestimen la superficie real, afectando la base gravable, los coeficientes de ocupación y la planeación urbana. Por ello, San Andrés Tuxtla constituye un caso paradigmático para aplicar tecnologías de alta resolución como LiDAR, orientadas a modernizar el catastro multipropósito y optimizar la gestión territorial en contextos de relieve complejo.

4. METODOLOGÍA. ANÁLISIS ESPACIAL DE SUPERFICIES CON DATOS LIDAR

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo-analítico y espacial, sustentado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas de modelado digital del terreno. El diseño metodológico responde al objetivo de identificar y diferenciar el área planimétrica y la superficie topográfica del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, entendiendo dicha discrepancia como un factor crítico para la gestión territorial, el catastro multipropósito y la planificación del ordenamiento territorial. El procedimiento se organiza en dos fases secuenciales: la primera orientada a la generación de un modelo digital de elevaciones (DEM) de alta resolución y la segunda al cálculo y comparación de las superficies planimétrica y topográfica.

Fase 1. Construcción del modelo digital de elevaciones (DEM)

1. **Descarga de cartas topográficas LIDAR (INEGI, 2009)**
   Se descargaron 54 cartas topográficas digitales escala 1:10 000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2009), correspondientes al municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Estos productos cartográficos derivan de tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) y corresponden al tipo terreno, lo que garantiza una representación fiel de la superficie sin elementos de cobertura vegetal o infraestructura. Las cartas presentan una resolución espacial de 5 metros por píxel y equidistancia vertical de 1 metro, lo que permite capturar con detalle la microtopografía del terreno.
2. **Transformación de ráster a curvas de nivel**
   En el *software* QGIS versión 3.16.2, cada carta ráster fue procesada para generar curvas de nivel en formato vectorial, conservando el atributo de elevación (Z). Este paso permitió convertir la información continua del ráster en una representación discreta y estructurada del relieve.
3. **Generación de mapas de puntos con coordenadas X, Y, Z**
   A partir de las curvas de nivel, se generaron mapas de puntos mediante la extracción de nodos, asignando a cada punto su valor de elevación. Posteriormente, se calcularon sus coordenadas georreferenciadas X, Y (longitud y latitud proyectadas), obteniendo así una tabla de atributos con información tridimensional por punto.
4. **Unificación de capas vectoriales en un archivo DBF**
   Las 54 capas de puntos fueron unificadas en una sola capa vectorial que cubre la totalidad del municipio.

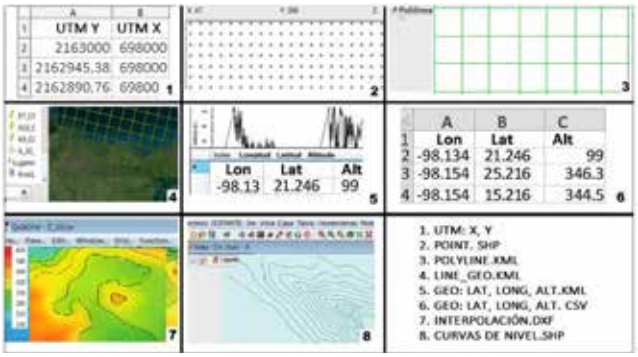


Figura 2. Fases de construcción de curvas de nivel a partir de datos LIDAR
Fuente: Elaboración propia..

Esta integración se realizó mediante herramientas de geoprocesamiento en QGIS, generando un archivo en formato DBF que contiene los valores de elevación y las coordenadas X, Y para cada punto. Como resultado de este proceso, se obtuvo una base de datos georreferenciada conformada por un poco más de 11 millones de puntos, con una densidad de muestreo de un punto cada 5 metros, lo que asegura una representación continua y de alta fidelidad del relieve municipal (figura 2).

Fase 2. Cálculo y comparación de áreas planimétrica y topográfica

5. Generación del archivo grid en Surfer 10

El archivo DBF con los valores X, Y, Z fue importado al *software* Surfer 10, especializado en modelado y análisis de superficies. A partir de estos datos, se generó un archivo en formato GRD (grid) mediante interpolación, lo que permitió construir una superficie continua del terreno. Este modelo grid constituye la base para los cálculos posteriores de área (figura 3).

6. Cálculo de áreas planimétrica y topográfica

Con el archivo grid, se procedió al cálculo de dos tipos de superficie:

Área planimétrica: corresponde a la proyección horizontal del terreno, calculada a partir de la extensión en X, Y de cada celda, sin considerar la pendiente.

Área topográfica (superficie real): se calculó considerando la pendiente de cada celda del grid, aplicando la relación trigonométrica:

$$\text{Área topográfica} = \frac{\text{Área planimétrica}}{\cos(\theta)}$$

Donde θ representa el ángulo de pendiente de cada celda. Este método permite corregir la subestimación sistemática de la superficie real del terreno en zonas de relieve accidentado.

La comparación entre ambas áreas permitió cuantificar la diferencia porcentual entre la superficie proyectada y la real, identificando las zonas del municipio donde esta discrepancia es más significativa, especialmente en laderas con pendientes superiores a 8°, 16° y mayores 30°.

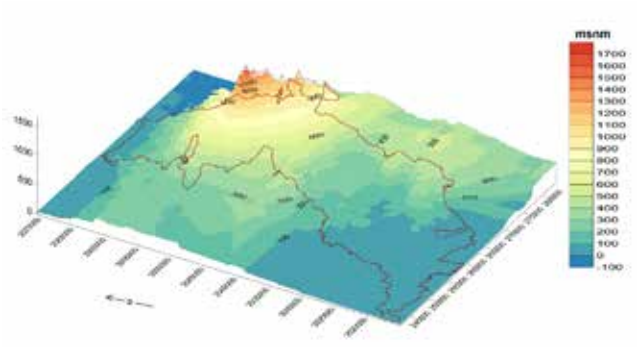


Figura 3. Modelo digital de elevación de San Andrés Tuxtla, Veracruz
Fuente: elaboración propia con base en: INEGI, 2009.

Integración y representación cartográfica

Los resultados obtenidos fueron integrados en un mapa hipsométrico del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, elaborado a partir del DEM generado en la Fase 1. Este mapa permite visualizar la distribución altitudinal del territorio y constituye la base para los análisis de sombreado, perfiles topográficos y estudios de rugosidad del terreno.

El proceso metodológico aquí descrito garantiza la replicabilidad, comparabilidad y transferibilidad de los resultados a otras regiones con características orográficas similares, y se alinea con los principios técnicos y conceptuales expuestos en el estado del arte sobre geomática, catastro y modelado digital del terreno.

7. RESULTADOS

Como se ha explicado, por razones metodológicas inherentes a su desarrollo histórico, la cartografía tradicional ha proyectado la compleja superficie tridimensional de la Tierra sobre un plano euclidiano. Si bien esta convención ha proporcionado el soporte fundamental para el ordenamiento territorial durante siglos, su aplicación en regiones de elevada complejidad topográfica introduce un error sistemático no trivial.

Este fenómeno adquiere particular relevancia en contextos geomorfológicos complejos, como las faldas de macizos volcánicos, donde la discrepancia entre la superficie planimétrica —aquella representada en mapas— y la superficie topográfica real —aquella que efectivamente existe— se magnifica. En este sentido, el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, definido morfológicamente por la imponente presencia del volcán San Martín, constituye un laboratorio natural idóneo para examinar las consecuencias multidimensionales de dicha discrepancia.

Para una comprensión clara, el presente estudio aborda esta problemática mediante la desagregación del territorio municipal en cinco categorías fisiográficas discretas, definidas en función de las clases de pendiente del terreno de la FAO (2009). Para cada una de estas categorías se calcula el factor de corrección topográfica correspondiente, lo que permite cuantificar la magnitud de la superficie efectiva que permanece «invisible» para los registros oficiales de carácter planimétrico. Más allá de la mera cuantificación, este enfoque metodológico posibilita una cualificación de las implicaciones derivadas de dicha omisión, explorando sus consecuencias sobre la dinámica social, las actividades económicas y la integridad ambiental del municipio.

El primer dominio fisiográfico identificado corresponde al territorio plano, definido por pendientes iguales o inferiores a 2,86°. Esta categoría, que abarca el 24,7% de la superficie municipal, se corresponde con las llanuras aluviales del Golfo de México y los valles bajos intermontanos. Constituye, por excelencia, el espacio de la certidumbre catastral: la diferencia entre la superficie planimétrica y la superficie real resulta prácticamente imperceptible, con una corrección máxima promedio del 0,04% para el subtotal (Tabla 1). Desde la perspectiva del catastro y la planeación urbana, estas zonas no presentan una subvaluación significativa. La superficie que se negocia comercialmente, que se urbaniza y que se registra coincide, para fines prácticos, con la superficie efectivamente existente. Esta convergencia consolida a las áreas planas como aquellas de mayor aptitud para el desarrollo urbano de carácter expansivo y para el establecimiento de agricultura intensiva de alta tecnología, donde las restricciones impuestas por la topografía no constituyen una variable limitante en los procesos de planificación y diseño.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
≤ 0,57°	6,61	63,18	63,18	-	-
0,57° - 1,15°	5,47	52,22	52,23	0,01	0,02
1,15° - 2,86°	12,64	120,79	120,87	0,08	0,07
Subtotal	24,72	236,19	236,28	0,09	0,04

Tabla 1 Territorio llano de San Andrés Tuxtla, Veracruz.
Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
2,86 - 5,71	17,61	168,24	168,71	0,47	0,28
5,71 - 8,53	13,31	127,14	127,76	0,62	0,49
subtotal	30,92	295,38	296,47	1,09	0,37
Subtotal	24,72	236,19	236,28	0,09	0,04

Tabla 2 Territorio Suavemente Ondulado de San Andrés Tuxtla, Veracruz.
Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El segundo dominio, definido por un rango de pendiente comprendido entre 2,86° y 8,53°, corresponde al territorio suavemente ondulado. Representativo de las primeras estribaciones de la Sierra de San Martín, esta categoría constituye el 30,9% del territorio municipal (Tabla 2). Se trata de un paisaje de transición, un ecotono geomorfológico donde la llanura comienza a plegarse para dar paso gradual a la montaña. En este ámbito, la subestimación de la superficie real respecto a la planimétrica alcanza hasta un 0,49% en los rangos más altos, resultando en una magnitud perceptible, aunque no crítica en términos absolutos, con una diferencia acumulada del 0,37%. En el contexto del ordenamiento territorial, este hallazgo, si bien sutil, resulta relevante. Los coeficientes de ocupación del suelo, calculados invariablemente sobre la base de una representación plana, subestiman ligeramente la capacidad de carga real del terreno. Aunque esta discrepancia no implica un riesgo inminente para la estabilidad de taludes, sí introduce una complejidad adicional en el diseño de infraestructura, particularmente en sistemas de drenaje pluvial y en el trazado de vialidades, cuyas pendientes efectivas y longitudes reales resultan ser mayores que aquellas proyectadas sobre un plano bidimensional.

El tercer dominio, correspondiente al territorio montañoso moderado con pendientes entre 8 53° y 16,70°, abarca otro 22,3% del municipio (Tabla 3) y constituye la matriz paisajística predominante de San Andrés Tuxtla. En esta categoría, la discrepancia entre ambas superficies alcanza un valor del 1,51%, lo que en términos absolutos representa 3,27 kilómetros cuadrados de superficie que permanecen ocultos para los registros oficiales de base planimétrica. La diferencia entre la planimetría y la superficie real se manifiesta aquí de manera sistemática y significativa. Las implicaciones de orden catastral son evidentes: un predio registrado catastralmente como una hectárea de superficie planimétrica equivale,

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
8,53° - 16,70°	22,35	213,48	216,75	3,270	1,51

Tabla 3 Territorio Montañoso Moderado San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

en la realidad topográfica, a 10.151 metros cuadrados. Esta diferencia, acumulada a escala municipal, genera un fenómeno de subvaluación fiscal generalizada. En términos ecológicos, las faldas medias del volcán albergan ecosistemas de alto valor, como bosques secundarios y cafetales bajo sombra, cuya productividad y dinámica funcional dependen críticamente de la superficie real disponible. Subestimar el área efectiva de estos sistemas implica, por consiguiente, subestimar su capacidad de captura de carbono y su contribución a la conectividad ecológica del paisaje, afectando así la planificación y efectividad de los corredores biológicos.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
16,70° - 30,96°	16,52	157,81	163,41	5,6	3,43

Tabla 4 Territorio Montañoso Fuerte de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El cuarto dominio, definido por pendientes comprendidas entre 1,70° y 30,96°, corresponde al territorio montañoso fuerte, caracterizado por laderas escarpadas. Esta categoría representa el 16,5% del municipio (Tabla 4) y en ella la discrepancia se eleva al 3,43%, lo que equivale a 5,60 kilómetros cuadrados de superficie invisible para los registros oficiales. En este rango de pendientes, la superficie real supera ampliamente a la planimétrica. Desde la perspectiva de la gestión integral de riesgos, estas zonas se identifican como las más susceptibles a procesos de remoción en masa, tales como deslizamientos y flujos de lodo. Ecológicamente, la subestimación del área real distorsiona significativamente los cálculos de biomasa forestal. Los bosques de ladera, que suelen encontrarse mejor conservados precisamente por su condición de inaccesibilidad, poseen una densidad de biomasa superior. Si los cálculos de almacenamiento de carbono se realizan sobre una base planimétrica subdimensionada, se incurre en una infravaloración sistemática de la capacidad de sumidero de estos ecosistemas, su infravaloración en esquemas de pago por servicios ambientales y, por ende, de su contribución a la resiliencia ecológica del territorio.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
> 30,96°	5,49	52,43	54,7	2,27	4,15

Tabla 5 Territorio Muy Escarpado de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El quinto y último dominio fisiográfico corresponde al territorio muy escarpado, definido por pendientes superiores a los 30,96°. Aunque esta categoría representa apenas el 5,4% del municipio (Tabla 5), es en ella donde se concentra la máxima expresión del error planimétrico, alcanzando una subestimación del 4,15%. En estas áreas, caracterizadas por acantilados y crestas volcánicas, una porción significativa de la superficie real resulta invisible para los registros oficiales. Más allá de la dimensión estrictamente catastral, el impacto ecológico de esta omisión es profundo. Estos accidentes geográficos constituyen el refugio de comunidades vegetales altamente especializadas, como helechos y epífitas, que prosperan en nichos definidos por microclimas húmedos y condiciones de alta pendiente. Al invisibilizar esta porción de la superficie real, se subestima la extensión de estos hábitats. Esta omisión afecta directamente la contabilidad de la biodiversidad municipal y la planificación efectiva de áreas naturales protegidas, pues los corredores ecológicos diseñados sobre una base cartográfica planimétrica no logran reflejar las distancias reales que las especies deben recorrer ni la complejidad tridimensional de los territorios que habitan.

En síntesis, el municipio de San Andrés Tuxtla, ubicado en el estado de Veracruz, México, cuenta con una extensión territorial planimétrica de aproximadamente 955,3 km², o 95.530 Has. Y una extensión territorial topográfica de aproximadamente 967,6 km², lo cual da una diferencia de 12,3 km². Analógicamente esos kilómetros cuadrados equivalen a 2.460 canchas de futbol o a más de 61 mil predios de viviendas unifamiliares de 200 m² cada una.

8. CONCLUSIÓN

El presente estudio, fundamentado en datos LiDAR de alta resolución y rigurosas metodologías geomáticas, ha evidenciado que en territorios de relieve accidentado como San Andrés Tuxtla la diferencia entre la superficie planimétrica y la topográfica no constituye un mero detalle técnico, sino un factor estructural

con profundas implicaciones para la gestión municipal. Se ha confirmado que la cartografía tradicional, al proyectar el terreno sobre un plano horizontal, subestima sistemáticamente la superficie real, una discrepancia que se acentúa en función de la pendiente. Mediante una corrección trigonométrica celda por celda, se logró cuantificar con precisión esta diferencia porcentual, revelando que en zonas con pendientes superiores a 25° la superficie efectiva supera con creces la registrada en los catastros oficiales, validando así la necesidad de incorporar modelos digitales de elevación de alta resolución en la planificación territorial, el catastro multipropósito y la gestión ambiental.

Esta subestimación superficial afecta transversalmente a la administración pública: en el ámbito fiscal y catastral, genera subvaluación predial y pérdida de ingresos; en el urbanístico, propicia asentamientos en zonas de riesgo cuya fragilidad queda oculta en las representaciones planimétricas; en el ambiental, distorsiona indicadores ecológicos como la rugosidad y conectividad del paisaje; y en el infraestructural, introduce errores en la cuantificación de movimientos de tierra y reservas de suelo. En el caso concreto de San Andrés Tuxtla, la complejidad geomorfológica derivada del volcán San Martín y sus pronunciadas pendientes convierte al municipio en un laboratorio natural donde esta diferencia adquiere dimensiones críticas. La cuantificación realizada demuestra que una porción significativa de su territorio permanece «invisible» para los registros oficiales, comprometiendo la precisión de los instrumentos de gestión territorial.

En consecuencia, se concluye que es indispensable incorporar criterios topográficos tridimensionales en los catastros y planes de desarrollo urbano para garantizar justicia fiscal, seguridad territorial y sostenibilidad ambiental. La tecnología LiDAR se consolida como la herramienta más robusta para superar las limitaciones históricas de la cartografía convencional, permitiendo precisiones centimétricas en la estimación de superficies reales. La adopción, modernización y automatización de un catastro multipropósito tridimensional se perfila como una necesidad inaplazable para municipios con relieve complejo, asegurando la coherencia entre la superficie registrada y la efectivamente existente. En síntesis, San Andrés Tuxtla, con una extensión planimétrica de aproximadamente 955,3 km^2 y una superficie topográfica de 967,6 km^2, presenta una diferencia de 12,3 km^2, magnitud que, de manera analógica, equivale a 2.460 canchas de fútbol o a más de 61 mil predios de viviendas unifamiliares de 200 m^2.

En suma, esta investigación confirma que la discrepancia entre superficie planimétrica y topográfica no es un problema marginal, sino un eje estructurante de la geomática contemporánea con repercusiones fiscales, jurídicas, urbanísticas y ambientales de primer orden. La transición hacia sistemas de gestión territorial basados en superficies tridimensionales constituye, por tanto, una condición urgente y necesaria para la modernización de la administración pública municipal en México.

REFERENCIAS

Batista, T., Mendes, P., Carvalho, L., Vila-Viçosa, C., y Gomes, C. P. (2012). Suitable methods for landscape evaluation and valorization: The third dimension in landscape metrics. *Acta Botanica Gallica, 159*(2), 161–168.

Bernal, L., y Tejedor, F. (2014). La información catastral como reflejo de la diferenciación socioeconómica urbana y su carácter multifinalitario. En C. E. Sepúlveda Rico, D. López Camacho, y J. M. Gallego Acevedo (Eds.), *Los límites de la estratificación: En busca de alternativas* (pp. 41–82). Bogotá: Editorial Universidad del Rosario; Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. https://doi.org/10.7476/9789587385373.0005

Berry, J. K. (2007). *Beyond Mapping III. Procedures and Applications in GIS*. http://www.innovativegis.com/basis/mapanalysis/topic11/topic11.htm

Chen, C., y Li, Y. (2019). A fast global interpolation method for digital terrain model generation from large LiDAR-derived data. *Remote Sensing, 11*(11), 1324.

Ercan, O., y Bank, E. (2004). Turkish cadastre automation system with ESRI technology. https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1029.pdf

FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content

Frédéricque, B., Raymond, K., y Van Prooijen, K. (2011, May). 3D GIS as applied to cadastre–A benchmark of today's capabilities. In *Fédération Internationale des Géomètres Working Week*.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

INEGI. (2009). *Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR, con resolución de 5m. Terreno. ASCII. E15A63A1*. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Andrés Tuxtla, Veracruz de Ignacio de la Llave clave geoestadística 30141*, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30141.pdf

INEGI (2015). Conociendo Veracruz de Ignacio de la Llave, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2020). *Resultados definitivos, Censo de población y vivienda 2020*, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Jacobsen, F. M., y Theakstone, W. H. (1995). The use of planimetric surface area in glacier mass-balance calculations: A potential source of errors. *Journal of Glaciology, 41*(139), 441–444.

Kienzle, S. W. (2011). Effects of area under-estimations of sloped mountain terrain on simulated hydrological behaviour: A case study using the ACRU model. *Hydrological Processes, 25*(8), 1212–1227.

Minea, C., Kiaji, S., Dahbi, M., Șmuleac, A., y Pascalau, R. (2024). Modern technologies in cadastre: A review of UAV and GIS applications. *Research Journal of Agricultural Science, 56*(4), 151–160.

Polat, N., y Uysal, M. (2018). An experimental analysis of digital elevation models generated with Lidar data and UAV photogrammetry. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 46*(7), 1135–1142.

Webster, T., McGuigan, K., Crowell, N., Collins, K., y MacDonald, C. (2016). Optimization of data collection and refinement of post-processing techniques for Maritime Canada's first shallow water topographic-bathymetric lidar survey. *Journal of Coastal Research, 76*(SI), 31–43.

Xie, P., Liu, Y., He, Q., Zhao, X., y Yang, J. (2017). An efficient vector-raster overlay algorithm for high-accuracy and high-efficiency surface area calculations of irregularly shaped land use patches. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(6), 156.

Zhiming, Z., Van Coillie, F., De Wulf, R., De Clercq, E. M., y Xiaokun, O. (2012). Comparison of surface and planimetric landscape metrics for mountainous land cover pattern quantification in Lancang Watershed, China. *Mountain Research and Development, 32*(2), 213–225.

Sobre los autores

Rodrigo Tovar Cabañas

Geógrafo y profesor-investigador mexicano, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel 1. Posee un doctorado en Geografía por la UNAM, además de posdoctorados en Urbanismo. Su extensa trayectoria académica incluye la docencia en diversas universidades y una prolífica producción científica con más de 40 artículos publicados en revistas especializadas. Su investigación se centra en la geografía ambiental, la vulnerabilidad socioeconómica ante el cambio climático, la gestión de riesgos y el turismo sustentable. Ha colaborado con instituciones como la UANL, El Colegio de Veracruz y la Universidad Veracruzana. Además de su labor investigadora, es dictaminador de varias revistas científicas y ha participado en la organización de numerosos congresos y seminarios. Su trabajo combina la geografía con otras disciplinas para abordar problemáticas complejas como el desarrollo regional, el envejecimiento y la sustentabilidad.

Hipólito Villanueva Hernández

Profesor-investigador del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Es Doctor en Ciencias Sociales con Orientación en Desarrollo Sustentable por la misma institución y cuenta con una Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel 1 y cuenta con el Perfil PRODEP. Sus líneas de investigación abarcan el desarrollo, la equidad y el medio ambiente, así como los estudios demográficos, urbanos y regionales. Su producción científica reciente incluye publicaciones sobre vulnerabilidad socioeconómica y cambio climático, potencial turístico (apiturismo), huella hídrica industrial y la clasificación de la frontera agrícola mexicana mediante sistemas de información geográfica. Su trabajo se enfoca en la intersección entre la ingeniería ambiental y las ciencias sociales para analizar problemas de sustentabilidad y desarrollo regional.

Delia Elena Martínez Jiménez

Arquitecta con más de 15 años de experiencia profesional y académica. Es Maestra en Arquitectura por la Universidad Veracruzana y se encuentra cursando un Doctorado en Educación. Su práctica profesional abarca la gestión y supervisión de proyectos arquitectónicos y urbanos, incluyendo diseño, control de obra y presupuestos. Ha trabajado en proyectos residenciales, de infraestructura y de obra pública para diversas dependencias. Como docente, ha impartido asignaturas en universidades como la Universidad Veracruzana y la Universidad de Xalapa en áreas de diseño estructural, urbanismo, instalaciones y normatividad. Su investigación se enfoca en la habitabilidad, la resiliencia urbana y la vivienda sustentable, temas que ha presentado en congresos internacionales. Es una profesional con un perfil técnico y creativo, comprometida con la innovación y la sostenibilidad en el entorno construido

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

Tu mundo,
nuestra referencia



www.ign.es

@ignspain

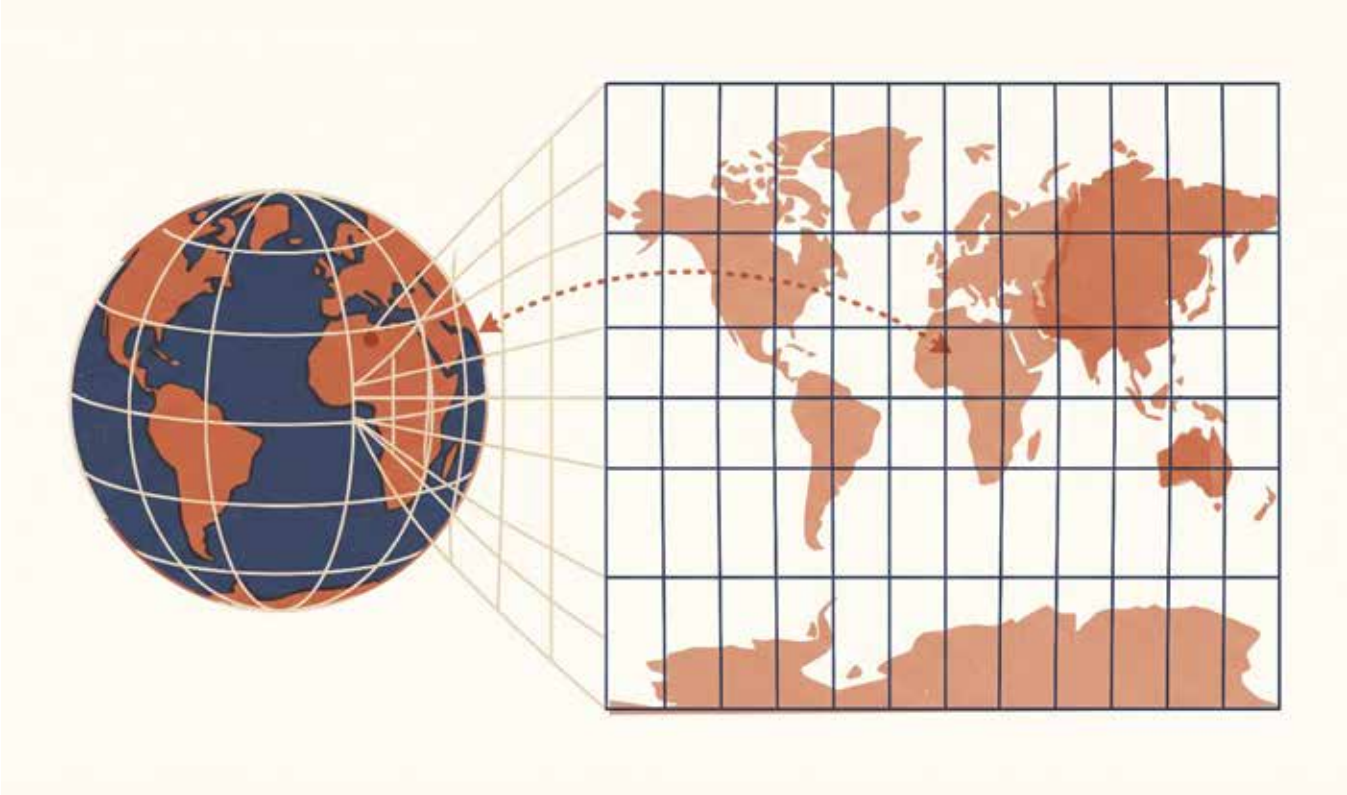
Información geográfica a tu alcance
en nuestras APPs móviles

Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cnig.es - www.ign.es

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Lo que nunca nos explicaron sobre los mapas (y por qué debería importarnos)



Hace poco la ONU aprobó una resolución el 4 de septiembre de 2026 (resolución A/80/L.104, adoptada por 164 votos a favor, 1 en contra y 6 abstenciones) sobre el uso de proyecciones de mapa en contextos educativos y de política pública. La resolución, promovida por Togo en nombre del Grupo Africano, insta a gobiernos, escuelas y empresas tecnológicas a dejar de usar mapas que distorsionan el tamaño real de los continentes, particularmente la proyección de Mercator, que hace que África aparezca mucho más pequeña de lo que es (Groenlandia parece comparable a África, pero África es 14 veces más grande). La resolución reconoce que ningún mapa es «verdad» absoluta y recomienda que los estudiantes conozcan las limitaciones de cada proyección. Pero, ¿por qué Mercator se impuso como el estándar durante siglos?

¿Por qué Mercator se convirtió en el estándar?

La proyección de Mercator nació en 1569, cuando Gerardus Mercator publicó su mapa para navegantes. Su propósito original era facilitar la navegación marítima: en una proyección conforma, cualquier rumbo (línea de rumbo constante) se representa como una recta. Para los navegantes de la Edad de los Descubrimientos, eso era invaluable: podían trazar una línea recta entre dos puntos y mantener ese rumbo para llegar a destino.

Además, Mercator coincidió con el auge del comercio entre Europa y América, y su formato cilíndrico hacía que las regiones cercanas al ecuador se representaran con proporciones relativamente correctas. No es casualidad que el poder económico y naval de Europa en ese momento adoptara y difundiera esta proyección: la necesidad práctica de navegación la convirtió en el estándar marítimo.

Una vez que una herramienta demuestra su utilidad práctica y se extiende por la industria, desbancarla cuesta mucho. Los armadores, las marinas de guerra y los imperios coloniales ya tenían sus cartas de navegación, sus instrumentos y sus protocolos basados en Mercator. Cuando en los siglos posteriores surgieron nuevas proyecciones más precisas —como la de Lambert o la de Mollweide—, ya era tarde:



la inercia institucional era demasiado fuerte. Los libros de texto, las colecciones cartográficas y la tradición náutica perpetuaron su uso durante siglos.

Hoy, la razón técnica que explica que Mercator siga presente en servicios como Google Maps o OpenStreetMap no es estética ni política: se debe a que en una proyección conforme, las líneas de rumbo constante se representan como rectas y las escalas locales se mantienen uniformes, lo que facilita enormemente el renderizado por teselas y los cálculos de routing. Pero ojo: lo que ves en tu móvil no es la Mercator original de 1569, sino **Web Mercator** (EPSG:3857), una adaptación moderna que usa las mismas fórmulas, pero simplificadas: asume la Tierra como una esfera (no un elipsoide) para acelerar los cálculos de renderizado por teselas. Es técnicamente Mercator, pero no es la Mercator de los navegantes del siglo XVI.

Para trabajos que requieren precisión métrica —topografía, ingeniería, catastro, SIG profesional—, la cosa cambia: se usa **UTM (Universal Transverse Mercator)**. UTM no es una proyección global como Mercator o Web Mercator. Divide la Tierra en 60 husos de 6° de ancho, cada uno con su propia proyección Mercator transversal local. Dentro de cada huso, la distorsión es mínima, lo que permite medir distancias y áreas con la precisión necesaria para obras civiles, planes de ordenación del territorio o emergencias. En España, por ejemplo, se usan los husos 29, 30 y 31 UTM (EPSG:25829, EPSG:25830 y EPSG:25831), y cada país tiene su propio CRS de referencia.

Lo cierto es que Mercator, y sus variantes, es una proyección excelente para medir el mundo, pero quizás no es la mejor cuando quieres ver cómo realmente es.

Nadie representa la realidad «tal como es»

El punto clave que la resolución de la ONU toca es que **ninguna proyección cartográfica es perfecta**. Es matemáticamente imposible proyectar una esfera en un plano sin distorsionar algo: ya sea área, forma, distancia o rumbo. Cada proyección sacrifica unas propiedades para preservar otras. Por eso verás que en Mercator:

- Áreas se distorsionan cerca de los polos (Groenlandia aparece del tamaño de África, cuando en realidad es 14 veces más pequeña).
- Las formas se preservan localmente, pero la disposición global cambia.
- Las distancias son correctas solo entre puntos muy cercanos.

La proyección de Peters (o Gall-Peters) surgió como respuesta en 1970 justamente para denunciar esas distorsiones de área, pero desde el punto de vista técnico tampoco está «libre» de errores: la escala y las distancias no están correctamente representadas matemáticamente en todo el mapa.

Los mapas, como hace tiempo me enseñaron, nunca son neutros, son un elemento de comunicación, y como tal siempre tienen una intención. Lo bueno, es que hay muchas proyecciones para elegir. Por ejemplo, *National Geographic* lleva décadas apostando por una alternativa que equilibra mejor las formas y los tamaños de los continentes...

La *National Geographic Society* ha defendido consistentemente la proyección de **Winkel Tripel** para sus mapas mundiales desde la década de 1990. Winkel Tripel busca un compromiso: reduce las distorsiones de área cerca de los polos comparado con Mercator, y preserva mejor las formas que la proyección de Robinson. No es perfecta (ninguna lo es), pero para propósitos educativos y de representación global equilibrada, probablemente sea una buena elección.

La resolución de la ONU se alinea con este espíritu: fomentar que las personas entiendan que los mapas son herramientas diseñadas para fines específicos, no verdades absolutas. Mercator no es «malo», es simplemente una herramienta con más de 450 años de historia, diseñada para navegantes y heredera de las dinámicas de poder de su tiempo. Hoy, la elección de una proyección u otra debe responder a la tarea que tengamos entre manos, no a la imagen que el mapa proyecta de poder o territorio.

La importancia de enseñar qué es un mapa

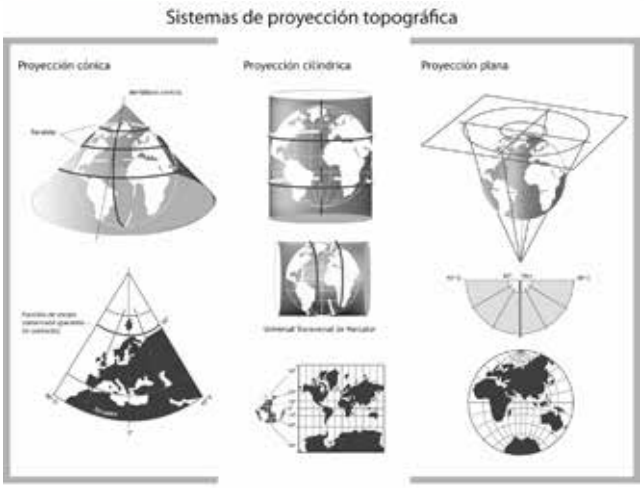
Cuando voy a dar charlas a colegios y hablo de este tema, la reacción más habitual es sorpresa. El alumnado descubre que la Tierra no se parece al mapa que tienen en la pared del aula, y muchos profesores también se sorprenden. Y es que, aunque usamos mapas desde que tenemos uso de razón —en el móvil, en el cole, en la tele—, casi nunca nos enseñan qué es realmente un mapa: una representación parcial, decidida por alguien, con un propósito concreto.

Enseñar geografía sin explicar qué es una proyección es dejar a medias la formación. Los mapas son herramientas poderosas, pero solo si entendemos sus limitaciones. Si no, corremos el riesgo de creer que Groenlandia es del tamaño de África, que Europa es el centro del mundo o que los mapas son fotos fijas de la realidad.

La resolución de la ONU no pide prohibir Mercator. Pide educación. Y eso es lo más valioso que puede salir de todo esto: que la próxima generación no solo sepa usar un mapa, sino que entienda por qué ese mapa se dibujó así.

FUENTE: Blog de Pablo Sanxiao

Representación gráfica de la Tierra. Proyecciones cartográficas



Banco multimedia de Procomún. Sistema de proyección topográfica (CC BY-NC-SA)

La representación de la superficie terrestre sobre una superficie plana, sin que haya deformaciones, es geométricamente imposible. No se pueden evitan ciertas distorsiones que pueden afectar a la forma, al área, a las distancias o a los ángulos de los elementos representados.

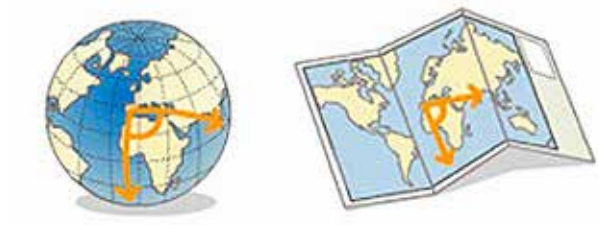
En cartografía, este problema se resuelve mediante las proyecciones cartográficas, que se definen como la correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie de la Tierra y sus transformados en el plano de proyección. Lo importante es decidir qué proyección se va a utilizar para minimizar esas distorsiones.

Clasificación de las proyecciones

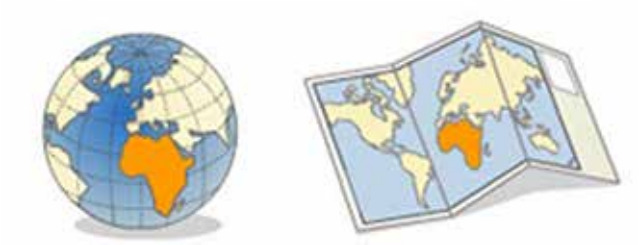
Las proyecciones admiten diversas clasificaciones dependiendo de sus cualidades, fundamentos, propiedades:

En función de sus cualidades métricas

En el paso de la esfera al plano resultará imposible conservar simultáneamente las propiedades geométricas: ángulos, superficies y distancias se verán distorsionadas.



ign.es. Proyección Conforme (CC BY 4.0)



ign.es. Proyección Equivalente (CC BY 4.0)

Las proyecciones cartográficas se pueden clasificar en función de la cualidad que conserven:

Proyecciones Conformes

Una proyección cartográfica es conforme cuando mantiene los ángulos que forman dos líneas en la superficie terrestre. Este tipo de proyecciones se utilizan en cartas de navegación. En la figura propuesta, el ángulo que forman las direcciones Polo sur-Madrid-Calcuta será igual tanto en la esfera como en el mapa si se realiza con una proyección conforme.

Proyecciones Equivalentes

Una proyección cartográfica es equivalente cuando en el mapa se conservan las superficies del terreno, aunque las figuras dejen de ser semejantes. Se utilizan generalmente en mapas temáticos o parcelarios.

En la figura se observa que, al utilizar una proyección equivalente, la superficie del continente africano en la esfera terrestre es equivalente a la del mapa, aunque su contorno pueda aparecer considerablemente deformado.

Proyecciones Equidistantes

Una proyección cartográfica es equidistante cuando mantiene las distancias entre dos puntos situados en la superficie terrestre (distancia representada por el arco de círculo máximo que las une).

Por ejemplo, la distancia real de un vuelo Miami-Calcuta será igual a la equivalente que puede medirse directamente en un mapa creado con una proyección de tipo equidistante.

Proyecciones Afilácticas



ign.es. Proyección Equidistante (CC BY 4.0)



ign.es. Proyección Afiláctica (CC. BY. 4.0)

Una proyección cartográfica es afiláctica cuando no conserva ángulos, superficies ni distancias, pero las deformaciones son mínimas.

Se debe seleccionar el tipo de proyección según el propósito del mapa. Si, por ejemplo, se requiere el cálculo y comparación de superficies, será necesario utilizar proyecciones de tipo equivalente. Si por el contrario, el objetivo del mapa es simplemente ubicar los países del mundo, y no se requiere rigor en las mediciones de áreas, pueden utilizarse las proyecciones conformes.

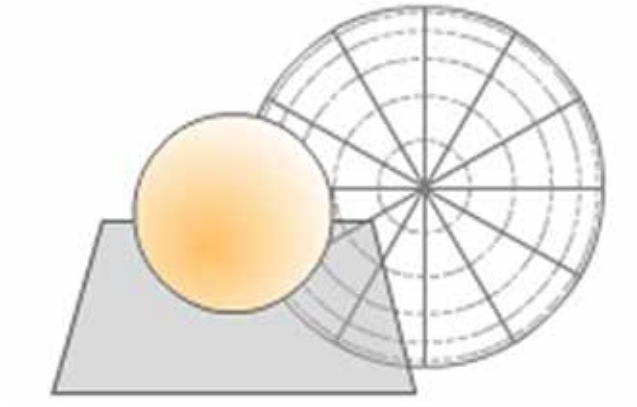
En función de sus cualidades proyectivas

Las proyecciones se pueden clasificar también en función de la figura sobre la cual se proyecta:

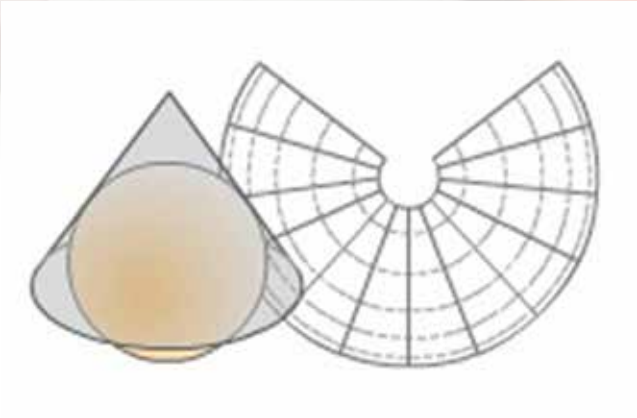
Perspectivas o Planas

Se obtienen proyectando la superficie terrestre desde un punto llamado vértice de proyección sobre un plano tangente a un punto de la Tierra llamado centro de proyección. El punto considerado como vértice de proyección puede encontrarse: en el exterior, sobre la superficie o en el interior de la esfera. Además, el punto de tangencia del plano sobre el que se proyecta puede ser cualquier punto de su superficie.

La proyección mantiene sus propiedades geométricas alrededor del centro de proyección y las distorsiones aumentan conforme nos alejamos a dicho punto.



ign.es. Proyección Plana (CC BY 4.0)



ign.es. Proyección Cónica (CC BY 4.0)

Desarrollos

Este tipo de proyección se obtiene al considerar una figura geométrica auxiliar tangente o secante a la esfera que pueda convertirse después en un plano; es decir, que sea desarrollable. Las figuras auxiliares más utilizadas son el cono y el cilindro:

I.- Proyecciones cónicas

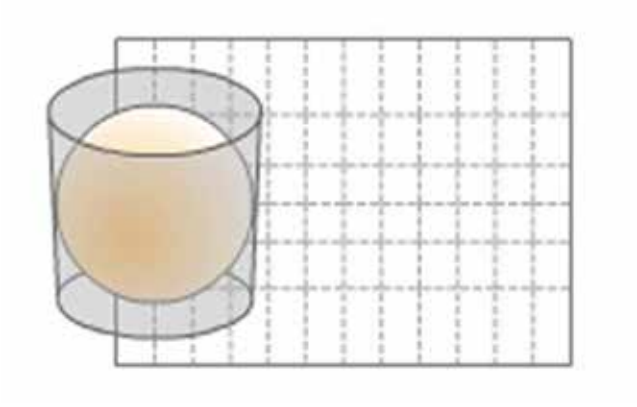
Utilizan el cono como figura de proyección, tangente o secante a la esfera. El eje del cono coincide con la línea de los polos, estableciendo análogamente entre los puntos de la esfera y el cono una correspondencia biunívoca.

Al desarrollar el cono, se obtiene una representación en la que los meridianos aparecen como rectas concurrentes al vértice del cono y forman ángulos iguales entre sí, mientras que los paralelos son circunferencias concéntricas cuyo centro es el vértice del cono.

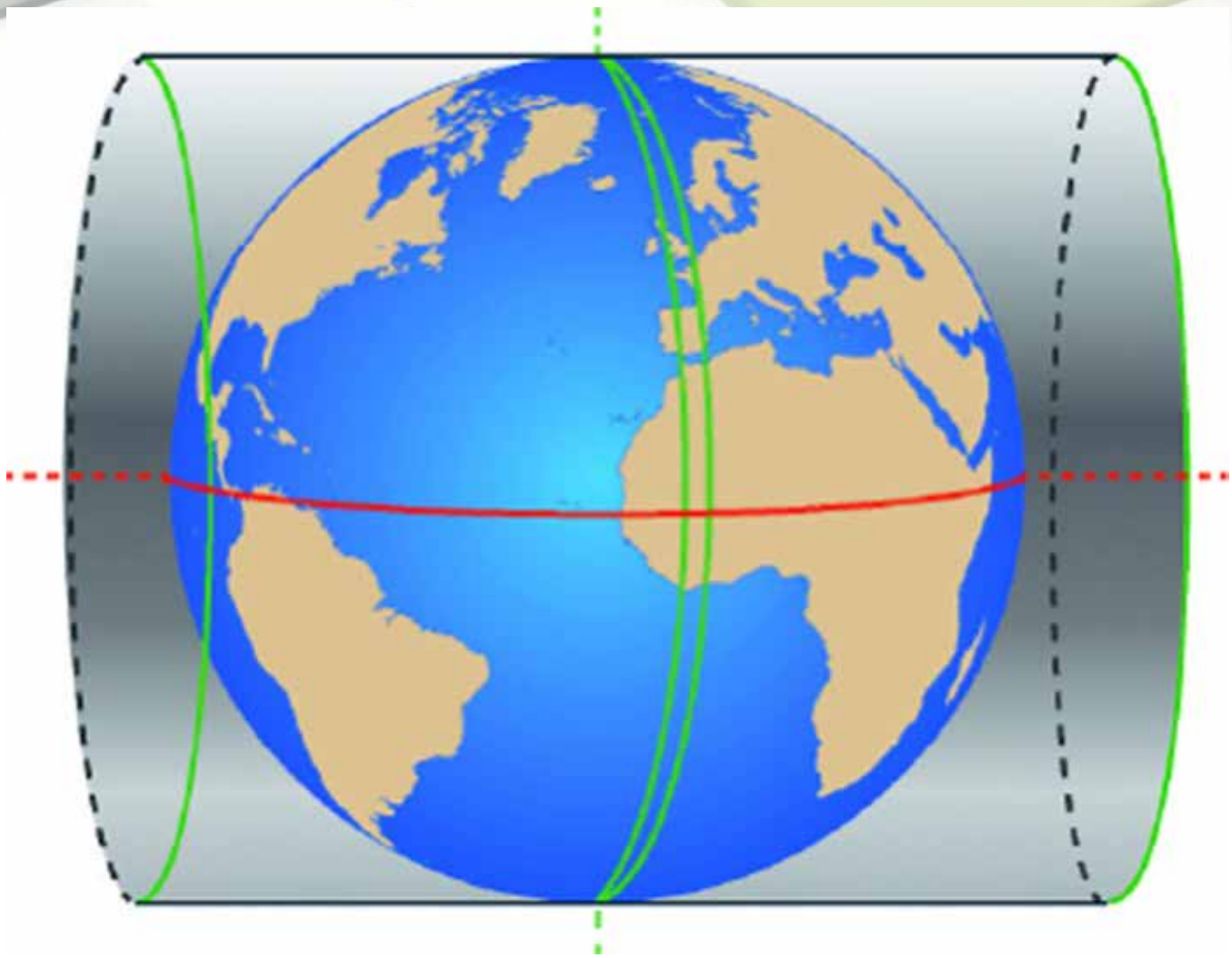
Son ejemplos las proyecciones de Lambert y Bonne.

II.- Proyecciones cilíndricas

Utilizan el cilindro como figura de proyección, tangente o secante a la esfera. El eje del cilindro coincide con la línea de los polos, estableciendo análogamente entre los puntos de la

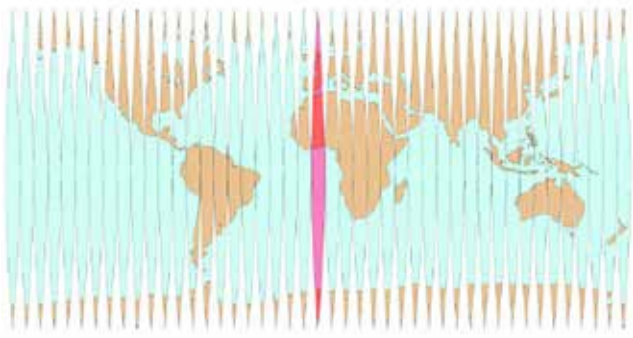


ign.es. Proyección Cilíndrica (CC BY 4.0)



ign.es. Proyección cilíndrica (CC BY 4.0)

esfera y el cilindro una correspondencia biunívoca.
Al desarrollar el cilindro, se obtiene una representación en la que los meridianos estarán representados por rectas paralelas equidistantes, y los paralelos por rectas perpendiculares a las anteriores. Ejemplos de esta proyección son la de Mercator y la UTM (Universal Transversa de Mercator).



ign.es. Proyección UTM (CC BY 4.0)

Proyección Mercator y UTM

Una de las proyecciones más utilizadas es la de Mercator, aunque con modificaciones, puesto que genera distorsiones considerables en las dimensiones de los polos. Esta proyección utiliza el cilindro como forma de proyección, que es tangente o secante a la esfera, cuyo eje coincide con la línea de los polos. Los meridianos están representados por rectas paralelas equidistantes y los paralelos por rectas perpendiculares a las anteriores, que se van separando según aumenta la latitud.
Desde los años cuarenta del siglo pasado, se ha estandarizado el uso de la «Proyección Transversal de Mercator» (UTM), una variante de la anterior, en la que resulta más sencillo señalar puntos y trazar rumbos y plantea una deformación menos significativa en las áreas más pequeñas.

FUENTE: Material educativo del Instituto Geográfico Nacional de España

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica



www.ign.es

@ignspain

Tus mapas en papel en nuestras Casas del Mapa

Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cnig.es - www.ign.es

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Publicación de la Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT) con múltiples actualizaciones

Durante el mes de julio de 2026 se ha publicado la **última versión de los datos de la Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT)**, disponible a través del **Centro de Descargas del CNIG** y del **visualizador de la IGR-RT**.

Como en versiones anteriores, los datos pueden descargarse **por provincias** —un archivo por provincia que contiene las infraestructuras de todos los modos de transporte de ese territorio— o **por modos de transporte** —un archivo por modo que contiene las infraestructuras correspondientes a todo el ámbito estatal—.

Los datos están disponibles en los formatos *Shapefile* y *GeoPackage*.

Novedades de esta versión

Una de las principales novedades es la publicación del **catálogo de carreteras con geometrías**. Este catálogo contiene el listado de carreteras que figuran en algún catálogo oficial de organismos públicos. En esta nueva versión, cada registro (cada carretera) está asociada a una **multigeometría que incluye todos los tramos que le corresponden**.

Además, respecto a la versión anterior, publicada en marzo de 2026, destacan las siguientes actualizaciones:

- Incorporación de nuevos trazados y de tramos de la Red de Carreteras del Estado puestos en servicio recientemente.
- Revisión de la nomenclatura, titularidad, trazado y puntos kilométricos de carreteras de diversas provincias de Andalucía (Cádiz, Málaga, Almería, Jaén y Córdoba), Cataluña (Barcelona, Lleida y Tarragona), País Vasco (Gipuzkoa) y de la Comunidad de Madrid.
- Actualización de cambios de titularidad en diversos tramos de la Red de Carreteras del Estado y de las redes cuya titularidad corresponde a la Xunta de Galicia y a la Junta de Castilla y León.
- Actualización de la red de Vías Verdes.

Consulta y acceso a los datos

La información puede consultarse a través del **visualizador de Redes de Transporte** y descargarse desde el **Centro de Descargas del CNIG**.



Asimismo, los datos se pueden consultar mediante los **servicios INSPIRE** de **visualización** y **descarga**. Estos servicios incorporarán próximamente la actualización correspondiente a esta nueva versión de la IGR-RT.

FUENTE: Blog de la IDEE.
Publicado por el Equipo IGR-RT

Cinco años de la erupción de La Palma: el visualizador 3D del IGN



El **19 de septiembre de 2021** comenzaba en la isla de La Palma una erupción volcánica que se prolongaría durante 85 días y 8 horas. La actividad se inició a las 14:10 horas (UTC) en la zona de Cabeza de Vaca, en el municipio de El Paso, y finalizó el **13 de diciembre de 2021 a las 22:21 horas (UTC)**. Cinco años después, los visualizadores desarrollados por el **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** permiten seguir consultando y analizando la información geográfica y geofísica generada durante aquel episodio.

Con motivo de la erupción, el IGN y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) pusieron en marcha dos visualizadores, uno en dos dimensiones y otro en tres dimensiones, que reunieron información procedente de diferentes organismos y fuentes de datos. Una vez finalizada la erupción, el **Blog IDEE ya recogió las principales características de estos visualizadores**, así como algunas de las herramientas incorporadas al visualizador 2D.



Avance de la colada

En esta ocasión queremos detenernos especialmente en el **visualizador 3D**, que permite analizar la zona afectada sobre un modelo tridimensional del terreno y apreciar de una forma más directa cómo el relieve condicionó la evolución de la erupción y el avance de las coladas. El visualizador forma parte actualmente de los **visualizadores temáticos del IGN**.

Visualizador 3D

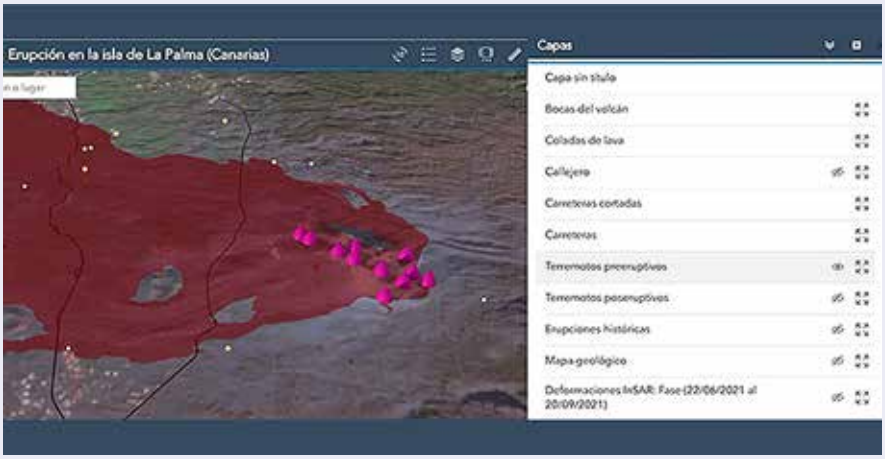
Una de las principales posibilidades que ofrece el visualizador 3D es consultar la información sobre la erupción directamente sobre el relieve de La Palma. De esta forma, la representación de las coladas y de otros elementos relacionados con el proceso eruptivo se integra con la topografía, facilitando la interpretación espacial del fenómeno.

La herramienta permite consultar el **avance de la colada en diferentes fechas**, lo que hace posible observar su evolución a lo largo de la erupción. La representación tridimensional permite apreciar cómo el relieve influyó en el recorrido de la lava, incluyendo elementos como la Montaña Todoque, que condicionó su descenso hacia la costa.

Además de la evolución de las coladas, el visualizador incorpora distintas capas de información que permiten contextualizar el proceso eruptivo. Entre ellas se encuentran los **terremotos preeruptivos**, el **mapa geológico**, las **bocas eruptivas**, las **carreteras cortadas** y las **erupciones históricas**.

La deformación del terreno observada mediante InSAR

Entre las capas disponibles se encuentran también las correspondientes a las **deformaciones InSAR** registradas antes de la erupción, entre el 22 de junio y el 20 de septiembre de 2021. InSAR es una técnica de interferometría radar basada en imágenes de satélite que permite detectar cambios muy pequeños en la superficie terrestre mediante la comparación de imágenes adquiridas en diferentes momentos. El IGN emplea esta técnica, basada en imágenes Sentinel-1, como una herramienta para el seguimiento de las deformaciones del terreno y la vigilancia volcánica.



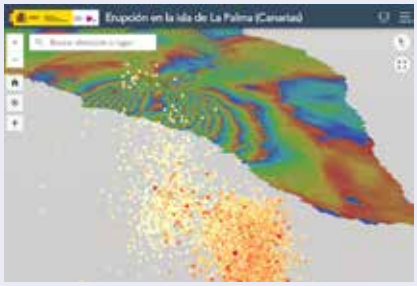
Bocas del volcán Tajogaite

El visualizador diferencia entre **fase** y **desplazamiento**. Ambos productos muestran el movimiento observado de la superficie en la dirección de observación del satélite, conocida como *Line of Sight* (LOS).

En el **interferograma de fase**, ese desplazamiento puede estimarse contando ciclos de color completo; al estar trabajando con imágenes Sentinel-1, cada ciclo equivale a unos 2,8 cm de desplazamiento. En la capa de desplazamiento, el movimiento del suelo se muestra en unidades métricas, indicando de forma directa si la superficie se mueve hacia el satélite o se aleja de él.

Una visión antes, durante y después de la erupción

El conjunto de capas permite acercarse al fenómeno desde diferentes perspectivas. La información sobre la sismicidad y las deformaciones permite conocer algunos de los procesos previos a la erupción; las distintas posiciones de las coladas muestran su evolución durante la actividad; y



Deformaciones InSAR: fase, entre el 22 de junio y el 20 de septiembre de 2021, en el visualizador 3D de La Palma

Nota: Ni la fase ni el desplazamiento cuentan con corrección atmosférica, por lo que podrían mostrar deformaciones aparentes causadas por artefactos meteorológicos.



Vista del visualizador 3D

la **imagen de satélite poserupción** permite observar el territorio una vez finalizado el proceso.

Los visualizadores del IGN mantienen accesible este conjunto de información y permiten volver sobre uno de los acontecimientos volcánicos más relevantes registrados recientemente en España. El **portal del IGN sobre la erupción de La Palma** reúne los visualizadores 2D y 3D, junto con información sobre sismicidad, deformación, material educativo, fotografías y otros recursos relacionados con el episodio volcánico.

Se puede acceder a los visualizadores en: **https://www.ign.es/resources/erupcion-la-palma-2021/index.html**

FUENTE: Blog de la IDEE. Publicado por la editora

La Fototeca Digital del CNIG incorpora nuevos fotogramas históricos del vuelo SIGPAC



La **Fototeca Digital del CNIG** amplía y mejora su catálogo de vuelos y fotogramas disponibles para consulta, visualización y descarga con la incorporación de nuevos conjuntos de **fotografía aérea histórica**.



Torre de Hércules, A Coruña. 26/09/2002. Vuelo SIGPAC 1997-2003. CC BY 4.0 scne.es

En 2025, el **Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA)** cedió al **CNIG** los fotogramas físicos del vuelo **SIGPAC** correspondientes a ocho comunidades autónomas. Aunque la ortofoto de este vuelo ya estaba disponible en los servicios y visualizadores del CNIG, así como en el Centro de Descargas, la recepción de los **fotogramas originales** permite ahora ponerlos también a disposición del público a través de estos mismos canales.

El **SIGPAC** es un vuelo fotogramétrico en color y blanco y negro de todo el territorio nacional, realizado entre 1997 y 2003 por el Ministerio de Agricultura, a través del FEGA, junto con aportaciones de algunas comunidades autónomas. Los vuelos se realizaron a escalas **1:18.000 y 1:30.000**, con el objetivo de generar las ortofotos de referencia para el **Sistema de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC)**. Este sistema constituye una herramienta para la gestión y el control de las ayudas que la Unión Europea concede a los agricultores en el marco de la **Política Agraria Común (PAC)**.

Tras un profundo análisis del material original, que ha incluido tareas de **identificación, inventario, conservación, archivo, cotejo con la información digital disponible, renombrado y mejora de la georreferenciación**, se publican los fotogramas correspondientes a **Galicia, Extremadura y Madrid**.

A lo largo de 2026 se publicarán los fotogramas de **Cantabria y Murcia**. Quedarán pendientes los correspondientes a **Castilla-La Mancha, Castilla y León y Aragón**.

Todas estas imágenes pueden consultarse y visualizarse en la **Fototeca Digital**, que, entre

otras funcionalidades, permite la **generación y adquisición de certificados de fotografía aérea**. La descarga de los fotogramas está disponible a través del **Centro de Descargas, en la agrupación «Fotos e imágenes aéreas»**.

FUENTE: Blog de la IDEE. Publicado por Juan Rodríguez Fernández

Nuevo Portal del Centro Cartográfico de Castilla-La Mancha

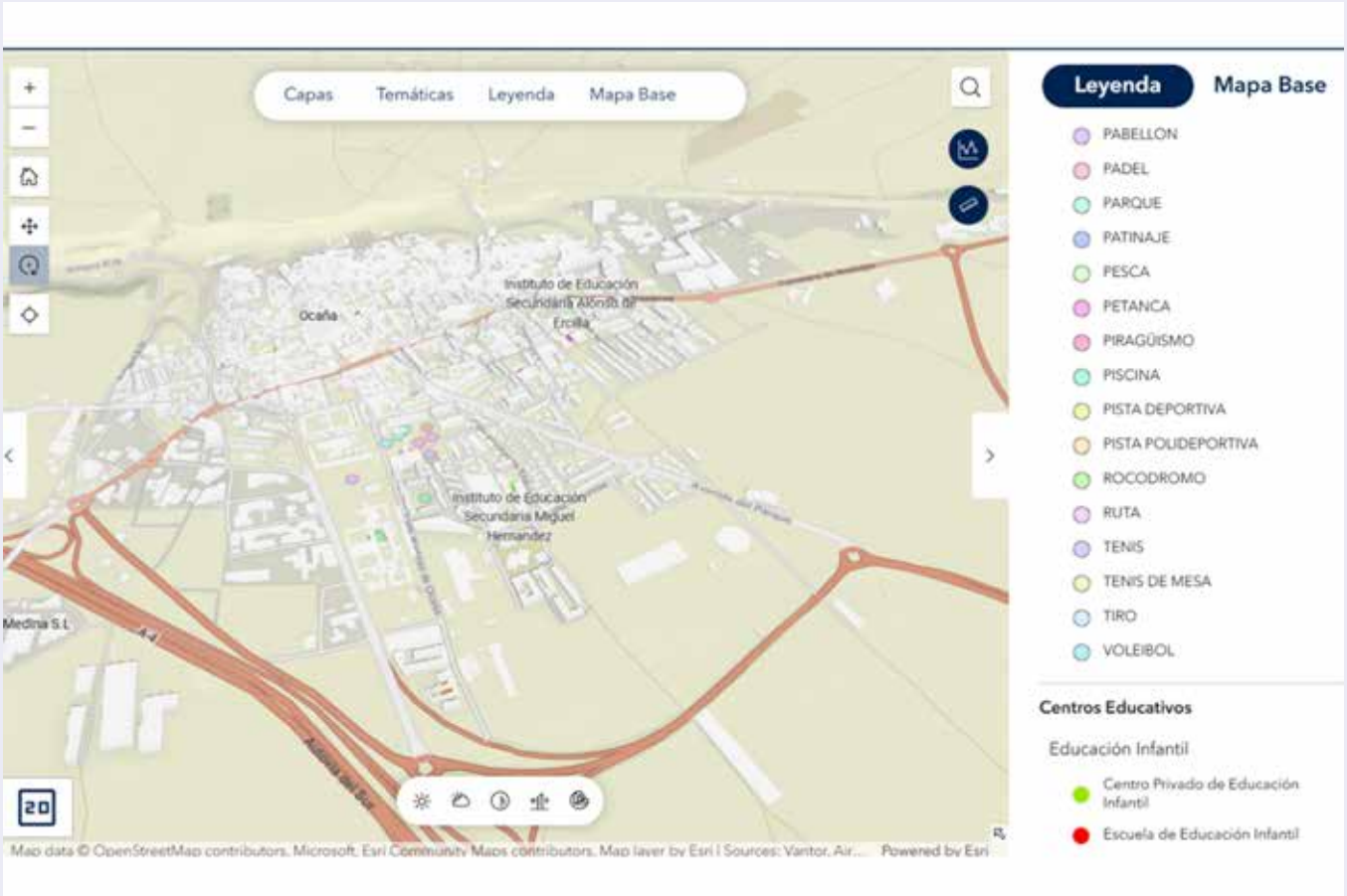


El pasado **25 de agosto** se presentó el nuevo **Portal del Centro Cartográfico de Castilla-La Mancha**, concebido como un espacio único para centralizar la cartografía pública de la región y facilitar el acceso a los principales proyectos estratégicos relacionados con el conocimiento y la gestión del territorio.

Uno de sus elementos principales es el **Portal de Mapas de Castilla-La Mancha** que constituye la **Infraestructura de Datos Espaciales (IDE),** y está destinado a la consulta, visualización, explotación y reutilización de la información geográfica oficial de la Comunidad Autónoma. Desde aquí se permite el acceso a:

- El **visualizador de cartografía** que permite consultar la cartografía oficial de Castilla-La Mancha mediante una interfaz web moderna basada en tecnología ArcGIS Experience. Integra información básica y temática en entornos **2D y 3D**, facilitando una visualización más completa del territorio.
- Una colección de **mapas temáticos destacados** que contienen la información territorial administrativa, coberturas del suelo, patrimonio natural y cultural, infraestructuras, energía, comunicaciones y otros servicios.
- El **Catalogo de Servicios** que permite localizar y consultar los servicios geográficos que publica la Administración de Castilla-La Mancha para que puedan ser utilizados desde distintos clientes GIS.
- El **Portal de Datos Geográficos Abiertos** que permite consultar y descargar **datos públicos** de temática variada, referenciados geográficamente y disponibles en diferentes formatos reutilizables.

Asimismo, el **Portal del Centro Cartográfico de Castilla-La Mancha**



Consulta del mapa de educación, cultura y deportes en el visualizador cartográfico



Servicio de descargas del geoportal

contiene información sobre las principales líneas de trabajo del Centro Cartográfico, entre ellas:

- **Delimitación y georreferenciación de límites territoriales,** espacio destinado a documentación sobre las líneas límite Jurisdiccionales y las unidades administrativas.
- **Nomenclátor**, proyecto destinado a recuperar, conservar y digitalizar los topónimos tradicionales.
- **Servicios de geodesia y posicionamiento de alta precisión**.
- **Fototeca regional**, que busca concentrar en un punto de acceso el conjunto de fotografías aéreas o imágenes satelitales.
- **Cartoteca de Castilla-La Mancha,** espacio que aúna toda la documentación histórica cartográfica de la región.
- **Servicio de descarga de cartografía y datos geográficos** para su reutilización.
- **Mas información:** glosario de términos, normativas, guías de uso**.**

El geoportal no es solamente un repositorio de contenidos cartográficos y técnicos, sino que además permite **conocer la actividad del Centro Cartográfico y de la Comisión de Coordinación Cartográfica**, así como **acceder a documentación de interés público** y recursos relacionados con la **transparencia y la participación ciudadana**, **convenios**, **actas**, **carta de servicios del centro cartográfico**, **trámites de solicitud de cartografía**, **enlaces de interés**, noticias. Se configura como una **herramienta dinámica y en permanente actualización**.

En conjunto, esta iniciativa que configura como una **herramienta dinámica y en permanente actualización,** supone un **avance significativo en la modernización y difusión de la información geográfica de Castilla-La Mancha**, al centralizar en un único entorno el acceso a la cartografía, los datos y los servicios geoespaciales de la región.

FUENTE: Portal de la IDEE.
Publicado por la editora

La Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura (IDEEX)



La **Infraestructura de Datos Espaciales de Extremadura (IDEEX)**, coordinada por el **Centro de Información Cartográfica y Territorial de Extremadura (CICTEX)**, surge con el objetivo de centralizar, gestionar y difundir información territorial siguiendo los estándares nacionales y europeos de interoperabilidad.

A través de su geoportal, **IDEEX** ofrece acceso a una amplia colección de recursos geográficos, entre los que se incluyen cartografía topográfica y urbana, ortofotografías aéreas, imágenes de satélite, modelos digitales del terreno, cartografía histórica e información relacionada con la planificación urbanística y territorial. Esta información se encuentra organizada mediante un **catálogo de metadatos** que facilita conocer el origen, la calidad y la actualización de cada conjunto de datos.

Además de actuar como repositorio de información geográfica, el geoportal incorpora diversas herramientas de consulta y análisis. Su **visualizador cartográfico** permite combinar capas de información procedentes de distintas fuentes y explorar el territorio de forma interactiva, mientras que el **Centro de Descargas** facilita el acceso libre a datos y **servicios web** utilizados por administraciones, empresas e investigadores.



Visualizador de mapas en IDEEX

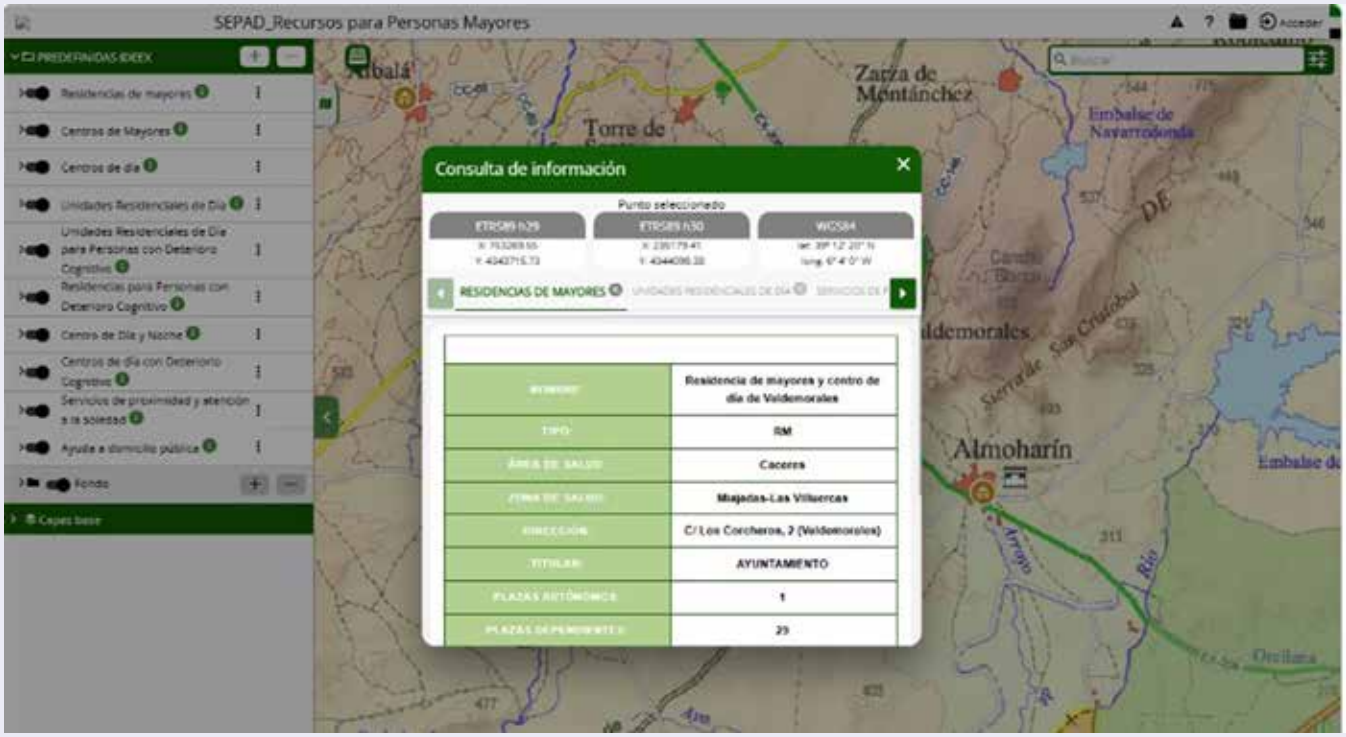
Además, el **Geoportal IDEEX** contiene otras iniciativas, entre las que destacan:

- **IDE Didáctica**, orientada a acercar la cartografía y los SIG a escolares.
- **Extremadura, tu objetivo**, un original proyecto participativo basado en fotografías georreferenciadas aportadas por los usuarios.
- **IDEEX Buenas Noches**, dedicado a la privilegiada observación astronómica de los cielos nocturnos extremeños.
- **20 años del CICTEX**, que ofrece información sobre los 20 años de historia del Centro de Información Cartográfica y Territorial de Extremadura (CICTEX).
- **Visualizador de Incendios**, que integra información geográfica para la prevención y gestión de incendios forestales.
- **Visualizador SEPAD**, enfocado en recursos para personas mayores.

Otro de los avances más relevantes ha sido la integración progresiva de nuevos conjuntos de datos y sistemas sectoriales, como el **SIGPAC**, lo que ha permitido concentrar en una única plataforma información que anteriormente se encontraba dispersa entre diferentes organismos.

Con todo ello, **IDEEX** ha trascendido su función inicial como herramienta técnica para convertirse en un recurso de utilidad para investigadores, docentes, administraciones públicas y ciudadanía en general.

FUENTE: Blog de la IDEE. Publicado por la editora



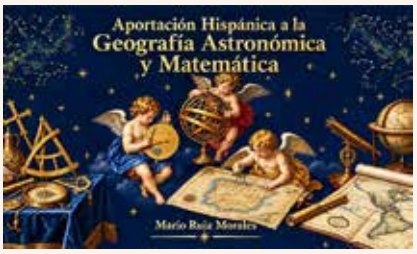
Consulta de información en el Visualizador SEPAD

Dos obras de gran formato sobre geografía astronómica y matemática

NOVEDAD EDITORIAL · AMAZON KINDLE



Geografía astronómica y matemática
Una aproximación histórica · 3.300 páginas



Aportación hispánica a la geografía astronómica y matemática - 800 páginas

Mario Ruiz Morales reúne en dos libros ilustrados una aproximación histórica a estas disciplinas y una mirada específica a la aportación hispánica.

Dos títulos de Mario Ruiz Morales pueden encontrarse en distribución digital a través de Amazon Kindle: *Geografía astronómica y matemática. Una aproximación histórica* y *Aportación hispánica a la geografía astronómica y matemática*. Ambas obras proponen un recorrido por un campo en el que confluyen la observación del cielo, el razonamiento matemático y la representación del espacio.

La primera, de 3.300 páginas, ofrece una aproximación histórica de amplio alcance y está profusamente ilus-trada. La segunda, con 800 páginas, también ilustrada, centra su atención en la contribución hispánica a la geografía astronómica y matemática. La extensión y el material gráfico de los dos volúmenes los presentan como obras de consulta y lectura para quienes se interesan por la historia de la ciencia, la cartografía y las disciplinas geográficas.

Las portadas acompañan el carácter histórico y científico de los libros, con referencias visuales a instrumentos astro-nómicos, globos, mapas y recursos de medición. Los dos títulos están disponibles en Amazon Kindle

ENAIRE acelera la digitalización de la información aeronáutica en España

ENAIRE, gestor estatal de navegación aérea, ha alcanzado un nuevo hito en la transformación digital de la información aeronáutica al registrar en el entorno SWIM (System Wide Information Management) sus nuevos servicios geoespaciales del servicio de información aeronáutica. SWIM es el marco para el intercambio inteligente de información aeronáutica.

Este avance se enmarca en el despliegue europeo de SWIM, la arquitectura promovida por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), EUROCONTROL y el programa europeo SESAR para posibilitar el intercambio digital, interoperable y seguro de información entre todos los actores del sistema de gestión del tránsito aéreo (ATM), como es ENAIRE.

Esta actuación que refuerza su papel como proveedor oficial del Servicio de Información Aeronáutica (AIS) en España y consolida su evolución hacia un modelo de Gestión de la Información Aeronáutica (AIM).

Los nuevos servicios registrados por ENAIRE permiten acceder a información aeronáutica digital y mapas de aeródromos de forma directa y actualizada, facilitando que otros sistemas y organizaciones integren automáticamente datos oficiales en sus herramientas operativas y aplicaciones compatibles con estándares OGC (Open Geospatial Consortium), como Web Map Service (WMS) y Web Feature Service (WFS).

Gracias a estas capacidades, los usuarios pueden consultar y recuperar información aeronáutica estructurada directamente desde los sistemas oficiales de ENAIRE, así como solicitar mapas de aeródromos generados bajo demanda utilizando datos correspondientes al ciclo AIRAC vigente o al siguiente ciclo publicado.

A diferencia de los modelos tradicionales basados en documentos o publicaciones estáticas, estos nuevos servicios permiten el intercambio sistema a sistema de datos aeronáuticos digitales a nivel de entidad, facilitando su integración automática en aplicaciones operacionales, plataformas de gestión de tráfico aéreo, sistemas de planificación de vuelo, herramientas de simulación o aplicaciones de análisis geoespacial.

Los usuarios pueden filtrar la información mediante criterios espaciales o atributos específicos y recibir la respuesta en formatos estándares (como JSON, GeoJSON o GML), así como en forma de representaciones cartográficas adaptadas a sus necesidades operativas.

Un paso más hacia un Modelo de Gestión de la Información Aeronáutica

Este avance constituye un nuevo capítulo en la transformación iniciada por ENAIRE hace más de una década para evolucionar desde un modelo tradicional, centrado en la publicación de información aeronáutica, hacia un modelo de gestión (AIM) basado en el tratamiento y divulgación de datos digitales de calidad asegurada.

Durante este proceso, ENAIRE ha desarrollado capacidades avanzadas de gestión de datos aeronáuticos mediante servicios como su aplica-

REVISTA MAPPING VOL.35 Nº224 2026 ISSN: 1131-9100

ción Insignia, la publicación de conjuntos de datos digitales, servicios geoespaciales y aplicaciones dirigidas a distintos perfiles de usuario, incluyendo pilotos, operadores de drones y profesionales de la gestión del tránsito aéreo.

La incorporación de estos nuevos servicios SWIM representa un paso adicional hacia un ecosistema en el que la información aeronáutica deja de distribuirse exclusivamente mediante publicaciones para convertirse en un recurso digital accesible, interoperable y reutilizable por máquinas y sistemas automatizados.

Contribución al proyecto europeo ACADIA

El registro de estos servicios se desarrolla dentro del proyecto europeo ACADIA (Acceleration of Aeronautical Digital Information Availability), una iniciativa liderada por EUROCONTROL que reúne a más de veinte organizaciones europeas para implantar de forma coordinada las capacidades SWIM previstas en el Reglamento (UE) 2021/116.

En este contexto, ENAIRE inició recientemente la fase de pruebas de los tres servicios SWIM AIM exigidos por la normativa europea, con el objetivo de que entren en operación de forma progresiva y permitan a los usuarios integrar información aeronáutica digital autorizada, actualizada y con calidad garantizada directamente en sus sistemas y procesos operativos.

La iniciativa cuenta con el apoyo del Gestor del Despliegue SESAR y la financiación de CINEA, la Agencia Ejecutiva Europea de Clima, Infraestructuras y Medio Ambiente de la Comisión Europea.

Hacia una aviación más conectada y eficiente

La implantación de servicios geoespaciales AIS en SWIM contribuirá a mejorar la disponibilidad y calidad de la información aeronáutica utilizada por aeropuertos, proveedores de navegación aérea, gestores de red, operadores y usuarios del espacio aéreo.

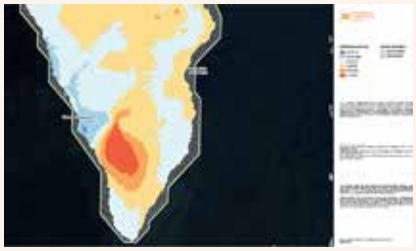
Asimismo, facilitará el desarrollo de nuevas capacidades digitales, una mayor automatización de procesos y una mejor sincronización de la información operacional en toda la red europea de gestión del tránsito aéreo.

Con este nuevo hito, ENAIRE reafirma su compromiso con la innovación, la interoperabilidad y la transformación digital de la navegación aérea, contribuyendo a construir un sistema de gestión de tráfico aéreo europeo más eficiente, seguro y sostenible.

FUENTE: Web de ENAIRE.



Copernicus estrena una herramienta capaz de medir deformaciones del suelo tras terremotos y erupciones



Mapa de movimiento del terreno tras la erupción en La Palma en 2021 | Foto de UE

La Comisión Europea (CE) informó de que ha incorporado al servicio de cartografía rápida de emergencias de Copernicus «una nueva capacidad para detectar y medir movimientos del terreno causados por terremotos y actividad volcánica con precisión de hasta milímetros», lo que permitirá identificar mejor las zonas más afectadas y evaluar los riesgos para la población y las infraestructuras.

El servicio europeo de gestión de emergencias Copernicus ha puesto en marcha esta nueva herramienta de análisis denominada 'Ground Movement' (Movimiento del Terreno), diseñada para cartografiar y cuantificar las deformaciones que experimenta la superficie terrestre tras terremotos y erupciones volcánicas. La iniciativa ha sido desarrollada por el Centro Común de Investigación (JRC) de la CE junto con el proveedor del servicio de cartografía rápida de emergencias de Copernicus (CEMS Rapid Mapping).

A diferencia de los sistemas convencionales, centrados principalmente en evaluar daños visibles, la nueva herramienta incorpora un análisis cuantitativo capaz de medir cambios en la superficie con precisión milimétrica. Según Copernicus, esta capacidad

permitirá detectar desplazamientos de fallas geológicas, deformaciones asociadas a los terremotos, réplicas sísmicas, movimientos persistentes del terreno y deformaciones superficiales que pueden actuar como señales precursoras de actividad volcánica.

ANÁLISIS DE DESASTRES NATURALES

La CE considera que esta información facilitará la identificación de las áreas más afectadas por un desastre natural y mejorará los análisis sobre exposición de la población, edificios e infraestructuras críticas.

El sistema se basa en imágenes captadas por la constelación europea de satélites Sentinel-1 y utiliza una técnica conocida como radar interferométrico o InSAR. El método compara imágenes obtenidas antes y después de un evento geológico para calcular los desplazamientos producidos en la superficie terrestre.

Gracias a la frecuencia de paso de los satélites, Copernicus prevé disponer de actualizaciones semanales o quincenales cuando existan las condiciones adecuadas para el análisis.

Los productos generados incluirán mapas listos para impresión, archivos geoespaciales con los desplazamientos registrados y estadísticas sobre la extensión de las zonas afectadas y la población potencialmente expuesta a cada nivel de deformación.

TERREMOTOS Y VOLCANES

La nueva capacidad «se activará en operaciones de respuesta rápida relacionadas con terremotos y erupciones volcánicas», siempre que existan imágenes satelitales compatibles antes y después del fenómeno.

No obstante, Copernicus advierte de algunas limitaciones. La herramienta depende de la disponibilidad de imágenes tomadas desde posiciones similares y puede encontrar dificultades en zonas con abundante vegetación o bajo determinadas condiciones atmosféricas, que reducen la calidad de las mediciones. Además, la información deberá complementarse con observaciones realizadas sobre el terreno, como las obtenidas mediante estaciones GPS, para validar los resultados.

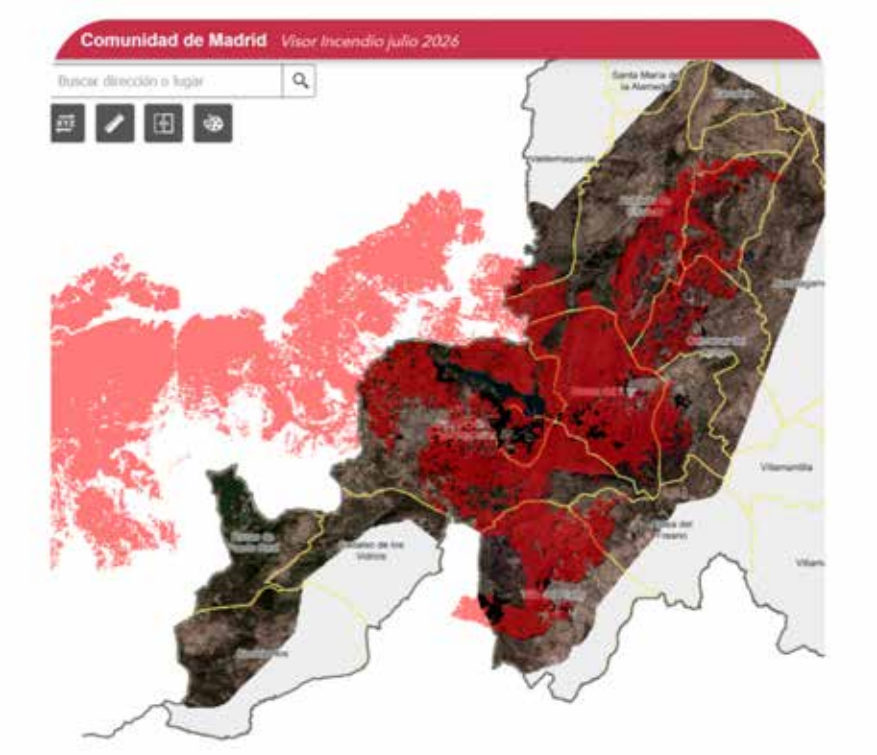
El lanzamiento de este producto «refuerza la capacidad europea de vigilancia y respuesta ante grandes catástrofes geológicas» y proporciona «una nueva fuente de información para los servicios de protección civil y gestión de emergencias», concluyó la CE.

FUENTE: SERVIMEDIA

Incendio de la Sierra Oeste 2026 en la Comunidad de Madrid.

La Comunidad de Madrid ha adquirido **imágenes satelitales Pléiades Neo de la zona afectada por el incendio de la Sierra Oeste de 2026**. Tanto los metadatos como los enlaces a los servicios de visualización asociados están disponibles a través del **Catálogo de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid (IDEM)**. Se trata de imágenes satélite sobre la zona del incendio, abarcando un total de diecisiete términos municipales en la Comunidad de Madrid. Las imágenes proceden del sensor Pléiades Neo, con un píxel medio de 30 cm, y están disponibles exclusivamente para visualización.

Estas imágenes se encuentran también disponibles a través del **visualizador CartoMadrid** y del **visualizador del incendio de julio de 2026** que la Dirección General de Urbanismo ha creado para mostrar la **delimitación aproximada de las áreas dañadas por el incendio** y las construcciones localizadas en su ámbito de influencia. Entre otras capas, muestra los datos digitalizados por Copernicus, así como una estimación de las zonas afectadas. Esta información gráfica es orientativa y no vinculante para la resolución de procedimientos administrativos. El enlace al visualizador está publicado



Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior. © Airbus DS 2026. Copernicus Emergency Management Service (EMS)

en el **geoportal de la Comunidad de Madrid**.

Todas estas herramientas resultan de gran utilidad para la detección mediante fotointerpretación de construcciones, infraestructuras y explotaciones agropecuarias afectadas por el incendio de la Sierra Oeste de 2026 que han podido resultar dañadas en mayor o menor grado por las llamas, así como para la valoración de daños en los ecosistemas.

Toda esta información se puede consultar también en los **boletines informativos** que ha puesto en marcha el Centro Regional de Información Geográfica con el propósito de compartir las novedades en el ámbito de la información geográfica en la Comunidad de Madrid, incluyendo proyectos, aplicaciones y desarrollos recientes. Las personas interesadas pueden suscribirse a través de: **https://www.comunidad.madrid/newsletter-informacion-geografica**

FUENTE: Blog de la IDEE

La ONU adopta un nuevo mapa de África más ajustado a las dimensiones reales, en una resolución no vinculante

Togo ha liderado los esfuerzos diplomáticos, en nombre de la Unión Africana, de una iniciativa que busca «la equidad cartográfica mundial» aplicada a los libros de texto, atlas y páginas web institucionales

La Asamblea General de Naciones Unidas ha adoptado, con 164 votos a favor, el voto en contra de Estados Unidos y seis abstenciones, una resolución liderada por Togo y respaldada por la Unión Africana (UA) que busca que gobiernos, organizaciones internacionales y educativas **dejen de usar el mapamundi de Mercator en favor de otros** que reflejen mejor el tamaño de África en comparación con el resto del mundo.

«Un mapa justo no cambia la geografía del mundo. Cambia la forma en la que se percibe el mundo. Y cuando nuestra perspectiva se vuelve más justa, sienta las bases para un mayor entendimiento, mayor respeto y paz entre las naciones», indicó Robert Dussey, Ministro de Asuntos Exteriores, Cooperación, Integración Africana y Togoleses en el Extranjero, durante su discurso de presentación ante la Asamblea.

«Corregir el mapa no es un ejercicio ni estético ni simbólico. Se trata de una exigencia de precisión científica y pedagógica. Consiste en recordar que todas las regiones del mundo cuentan, que todos los pueblos merecen ser vistos en el lugar que les corresponde y que África, igual que el resto de regiones, debe aparecer en la conciencia colectiva, no de forma reducida a través de las distorsiones del pasado, sino que debe ser reconocida según su realidad, su contribución y su futuro», añadió.



La proyección Equal Earth, recomendada por la campaña Correct The Map para sustituir a la clásica de Mercator, que genera distorsiones en el tamaño de los países a medida que nos alejamos del Ecuador y nos acercamos a los polos.

La resolución adoptada, cuya aprobación describen sus impulsores como «un hito histórico hacia la equidad cartográfica mundial», no aboga por prohibir la proyección de Mercator ni por sustituirla en ámbitos como la navegación aérea o marítima. Su objetivo es avanzar hacia una representación cartográfica más equitativa del mundo y alienta al uso de otras proyecciones cartográficas, como la proyección Equal Earth, creada en 2018 por Bernhard Jenny, Tom Patterson y Bojan Šavrič, allí donde resulta especialmente relevante reflejar el tamaño real de los continentes: libros de texto, atlas, páginas web institucionales y mapas utilizados por los medios de comunicación.

«El proyecto de resolución y en particular la referencia a la proyección Equal Earth se refiere exclusivamente a la representación proporcional de las superficies de los continentes. No afecta en ningún modo a la delimitación, al trazado, a la condición o el reconocimiento de las fronteras y no debe interpretarse como manifestación de una postura política, jurídica o territorial que sea su objeto. Es meramente cartográfico, científico y pedagógico», añadió Dussey durante su intervención.

«El objetivo no es simplemente sustituir una imagen por otra, sino corregir una narrativa profundamente arraigada y permitir que África, por fin, sea vista en sus verdaderas dimensiones», explica a este diario por correo electrónico Carlos Lopes, profesor de la Universidad de Ciudad del Cabo y colaborador de Africa No Filter.

En el planisferio clásico, creado por Gerardus Mercator en 1569, África aparece empequeñecida en comparación con otros territorios como Groenlandia o Canadá. Esto se debe a que el mapa, que



A la izquierda, África según la proyección cartográfica Mercator. A la derecha, el continente según la proyección Equal Earth. BardoczPeter (Getty Images/iStockphoto)

nació para favorecer la navegación, provoca mayores distorsiones conforme se acerca a los polos, por lo que Groenlandia se ve de tamaño similar a África, cuando realmente es unas 14 veces más pequeña. Es imposible proyectar una esfera en una superficie de dos dimensiones sin que haya algún tipo de distorsión en la forma o los ángulos. **Cada proyección tiene sus ventajas, inconvenientes y distorsiones** que, en el caso de Mercator, afectan al tamaño de ciertos continentes.

La adopción en la Asamblea de la ONU, que concluye sus sesiones ordinarias el próximo 8 de septiembre, es el último hito alcanzado por la campaña #CorrectTheMap, una iniciativa impulsada por las organizaciones Africa No Filter y Speak Up Africa en 2025. Para sus promotores, el uso de una proyección u otra es algo más que una cuestión cartográfica: "Se trata de representación, educación, las imágenes de los medios de comunicación y la forma en que las distintas generaciones han entendido el lugar y la dimensión de África en el mundo".

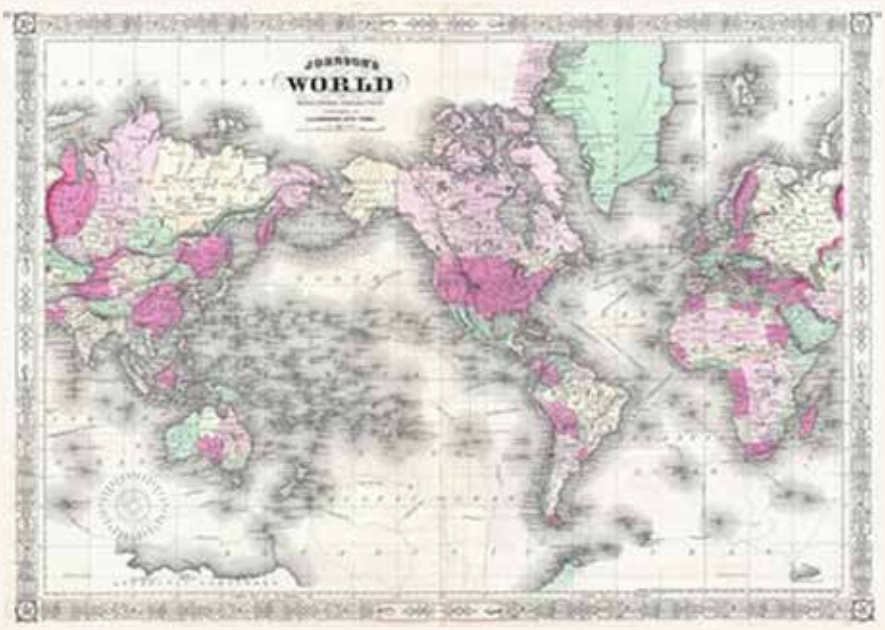


Mapa realizado por Joan Blaeu en 1664 usando la proyección Mercator. Buyenlarge (Getty Images)

Sus reclamos no son nuevos, pero la campaña reavivó el debate en un momento de ruptura poscolonial y de reafirmación de la identidad africana. **En agosto del año pasado, la Unión Africana (UA) respaldó la iniciativa** y más adelante pidió a Togo que liderara los esfuerzos diplomáticos para su adopción en la Asamblea de la ONU. Ahora, este recorrido culmina con la aprobación de la resolución en Nueva York, un paso que coloca la representación cartográfica del mundo en la agenda de la comunidad internacional.

Durante la sesión de la Asamblea General, en el apartado donde los Estados podían explicar el sentido de su voto, la representante de Estados Unidos anunció que su país votaría en contra. Criticó que «en lugar de centrarse en problemas reales de paz, prosperidad o buenas relaciones, este órgano está debatiendo cuestiones de mapas del siglo XVI, hablando de reparación y justicia cognitiva». Añadió que resoluciones como la presentada y «la agenda ideológica que promueven» son «obstáculos» para el trabajo del organismo.

Por su parte, el representante de Ucrania indicó que su país no se opone «a las cuestiones nucleares que se abordan en el proyecto de resolución». «No obstante, a lo que no podemos sumarnos es a la cuestión específica relacionada con la proyección cartográfica de Equal Earth a la que se hace referencia en el texto», añadió. «Señala partes del territorio ucranio ocupadas temporalmente por la Federación de Rusia en violación flagrante del derecho internacional», indicó. «Por esta razón, ya que el borrador alienta a los Estados miembros a adoptar y difundir la proyección cartográfica Equal Earth, tienen que garantizar que su aplicación sea plenamente coherente con los principios, normas y directrices de las Naciones Unidas de la Carta y de las resoluciones sobre la integridad territorial y soberanía de los Estados», añadió.



Mapa del Mundo datado en 1865 y basado en la proyección Mercator. Sepia Times (Sepia Times/Universal Images Group via Getty Images)

«La Unión Europea y sus Estados miembros recuerdan que, dentro del sistema de la ONU, la representación de las fronteras y el estatus territorial sigue regido por la política de las Naciones Unidas. Nada en la presente resolución puede interpretarse como que modifique, supere o corrija esas referencias o las fronteras internacionalmente reconocidas que se reflejan ahí», indicó a continuación la representante irlandesa, que hablaba en representación de la UE.

Próximos pasos

La resolución de la ONU es no vinculante, es decir, no es de obligado cumplimiento por los Estados miembros. Sin embargo, en opinión de Lopes, estas «suelen ser relevantes porque establecen una norma y otorgan legitimidad a cambios que, de otro modo, las instituciones podrían posponer indefinidamente».

«Durante casi cinco siglos, la proyección de Mercator ha sido la imagen del mundo por defecto, y nadie votó nunca para elegirla. Lo que hace la votación de hoy es convertir la distorsión en una cuestión reconocida oficialmente: los gobiernos del mundo reconocen conjuntamente que la forma en que hemos venido representando el planeta tergiversa África y toda la franja ecuatorial», opina Fara Ndiaye, cofundadora y directora ejecutiva adjunta de **Speak Up Africa**, una de las organizaciones detrás de **#CorrectTheMap**, en un intercambio de mensajes de WhatsApp con este diario. Ndiaye considera que una resolución en la Asamblea de la ONU «proporciona a cada ministerio de Educación, cada editorial y cada servicio cartográfico un punto de referencia que ayer no existía».

Para la directora ejecutiva adjunta de Speak Up Africa, también importa desde dónde ha surgido esta iniciativa. «La resolución fue presentada por Togo y respaldada por la Unión Africana. Es África quien está marcando la agenda sobre cómo se representa África, en lugar de limitarse a pedir que se la represente de otra manera», remacha. «Cuando pusimos en marcha #CorrectTheMap junto con Africa No Filter, el objetivo era convertir esta cuestión de una curiosidad cartográfica en una de poder y percepción. Una votación en Naciones Unidas es hasta ahora la señal más clara de que el argumento ha calado», añade.

«El siguiente paso debe ser la implementación. La ONU y sus organismos deberían liderar el proceso adoptando proyecciones de áreas equivalentes en sus publicaciones, representaciones y productos digitales. Los gobiernos deberían revisar los planes de estudio escolares y los mapas oficiales, mientras que editoriales, medios de comunicación, universidades y empresas tecnológicas —en particular las plataformas de cartografía digital— deberían ser alentadas a seguir el mismo camino», incide, por su parte, Lopes.

Respecto a las empresas tecnológicas, Ndiaye coincide en que «la mayoría de las personas conoce hoy el mundo a través de una pantalla, y las configuraciones cartográficas predeterminadas de un puñado de compañías moldean la percepción más que cualquier atlas impreso». «No existe ninguna razón técnica para que sigan utilizando Mercator como proyección por defecto allí donde importa el tamaño relativo de los continentes, y una resolución de Naciones Unidas elimina la última excusa», argumenta.

«Esto requerirá unas directrices técnicas claras, porque ninguna proyección plana es perfecta, pero es totalmente posible evitar las distorsiones extremas que se han normalizado. Por tanto, la resolución debería poner en marcha un proceso coordinado en el que participen cartógrafos, educadores, organizaciones internacionales y empresas tecnológicas, junto con un mecanismo para supervisar los avances», añade Lopes.

La resolución establece asimismo un mecanismo de seguimiento: solicita al Secretario General que informe a la Asamblea General sobre su aplicación y prevé la inclusión de un punto específico en el orden del día provisional del 83º período de sesiones de la Asamblea.

FUENTE: El País. Elaborado por Silvia Laboreo Longás

Normas para el envío de artículos a la revista MAPPING temporada 2026

1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «**Revisión por pares doble ciego**».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación**. Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas expuestas a continuación. Se recomienda el uso de la plantilla «**Plantilla Texto**» y «**Recomendaciones de estilo**». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

A. Título. El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.

B. Datos de contacto. Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.

C. Resumen. El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.

D. Palabras clave. Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.

E. Texto del artículo de investigación. La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1.Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.
- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe

resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.

- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.
  En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.
- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.
  Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*Americam Psychological Association).* Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Currículum:** se debe incluir un breve Currículum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a consideración de los autores.

F. Tablas, figuras y fotografías. Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en ficheros aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

G. Fórmulas y expresiones matemáticas. Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web https://.revistamapping.com en el apartado «**OJS**», o mediante correo electrónico a info@revistamapping.com . El formato de los ficheros puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo– el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.
Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel.
A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

MAPS & CRAFTS



www.mapsandcrafts.com
info@mapsandcrafts.com

Nuestra pasión es la Cartografía y la artesanía hecha con ella

FORTOP
formación&topografía

WWW.FORTOP.ES

Escaneando el mundo del hoy para mejorar el mundo del mañana





PORTO JiiDE 26

XVII Jornadas Ibéricas de Infraestruturas de Dados Espaciais

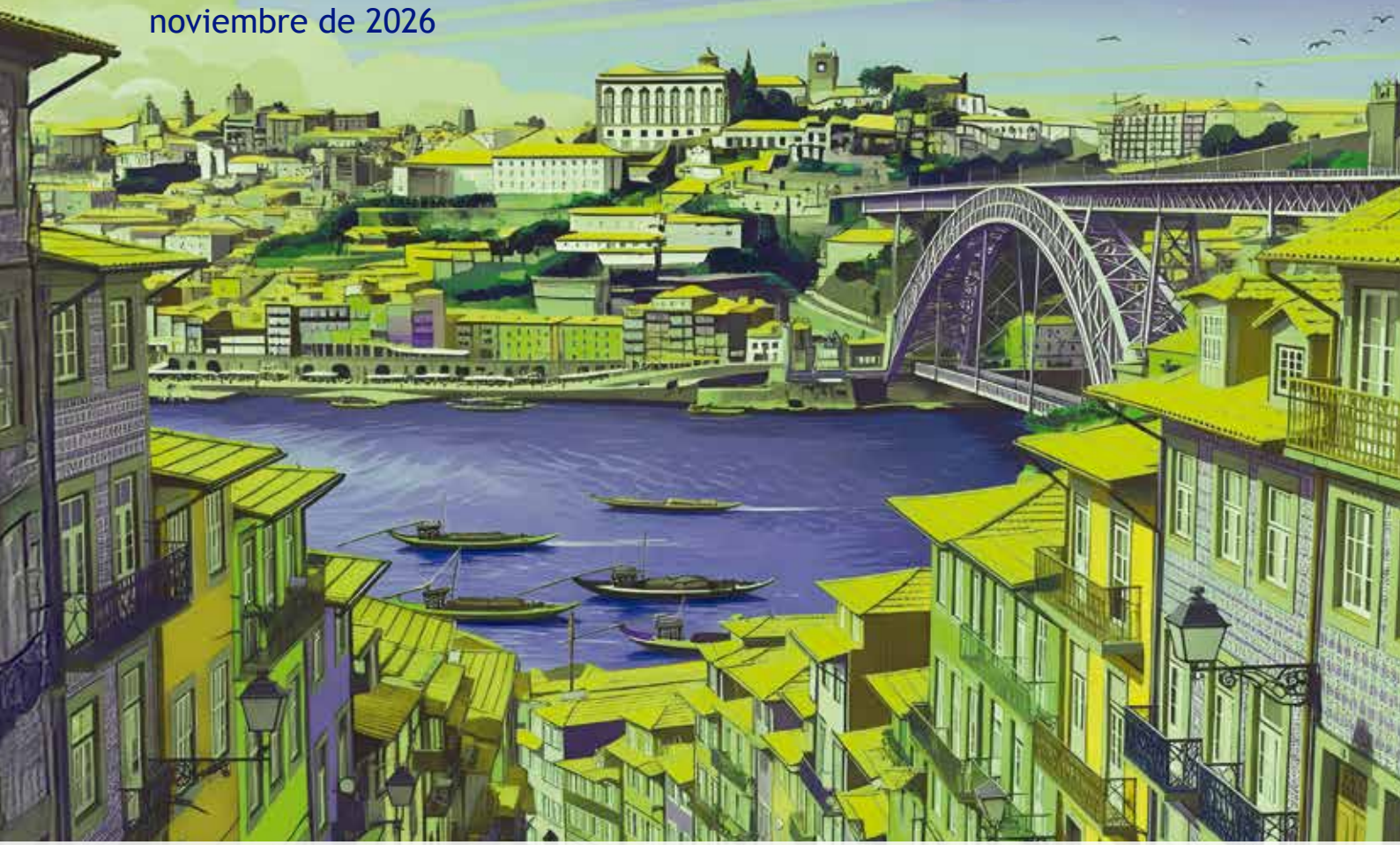
www.jiide.org

As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) num mundo em transformação

"Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) en un mundo en transformación"

11,12,13

noviembre de 2026



d.gTerritório Direção-Geral do Território

U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO

U.PORTO FLUP FACULDADE DE LETRAS UNIVERSIDADE DO PORTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Govern d'Andorra