

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

Gerardo Mercator o Gerardus Mercator (5 de marzo, 1512 -2 de diciembre, 1594) fue un cartógrafo belga, recordado por su proyección de Mercator.

Nació con el nombre **Gerard de Cremere** (o Kremer) en Rupelmonde, Flandes. "Mercator" es la latinización de su nombre, que significa "mercader". Recibió su educación formal del humanista Macropedius en Bolduque y en la Universidad de Leuven. Aunque nunca viajó mucho, desarrolló siendo joven un interés en la geografía como un medio de ganarse la vida. Mientras vivió en Leuven trabajó junto a Gemma Frisius y Gaspar Myrica entre 1535 y 1536 en la construcción de un globo terráqueo. Posteriormente, Mercator publicó un mapa de Palestina (en 1537), un planisferio (en 1538) y un mapa de Flandes en 1540. A lo largo de estos años, aprendió a escribir en itálica, un tipo de letra más adecuado para los grabados en cobre de los mapas. Escribió al respecto un libro que fue el primero que trataba sobre este tema Europa del Norte.

En 1544 es acusado de hereje y pasa en prisión siete meses. En 1552, se traslada a Duisburgo donde abre un taller de cartografía. Trabajó en la realización de un mapa, compuesto por seis paneles, de Europa que completó en 1554, y también se dedicó a enseñar matemática. Realizó algunos otros mapas y, finalmente, fue nombrado cosmógrafo de la corte por el duque Wilhelm de Cléveris, en 1564. Durante estos años, concibió la idea de una nueva proyección para su uso en los mapas, que usó por primera vez en 1569; lo novedoso era que las líneas de longitud eran paralelas, lo cual facilitaba la navegación por mar al poderse marcar las direcciones de las brújulas en líneas rectas.

Fue uno de los primeros que en utilizar la palabra atlas para designar a un conjunto de mapas, y estimuló a Abraham Ortelius a hacer el primer atlas moderno, Theatrum Orbis Terrarum en 1570. Posteriormente Mercator produciría su propio atlas en varios tomos, el primero de los cuales fue publicado en 1578 y consistía en una versión corregida de los mapas de Ptolomeo, aunque esta edición también incluía algunos errores propios de Mercator. En 1585, se publicaron mapas de Francia, Alemania y Holanda, y en 1588 se agregaron mapas de los Balcanes y Grecia. Su hijo, Rumold Mercator, una vez muerto su padre, concluiría la obra publicando más mapas en 1595

El Museo Mercator en Sint-Niklass, Bélgica, tiene una exposición permanente con trabajos sobre la vida y el legado de Mercator.

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

Proyección de Mercator, proyección geográfica tipo cilíndrica, inventada por Gerardus Mercator en 1569. Es famosa en todo el mundo y es muy utilizada en la navegación por la facilidad de trazar rutas de rumbo constante o loxodrómicas.

La proyección se basa en el modelo ideal que trata a la tierra como un globo hinchable que se introduce en un cilindro y que empieza a inflarse ocupando el volumen del cilindro e imprimiendo el mapa en su interior. Este cilindro cortado longitudinalmente y ya desplegado sería el mapa con proyección de Mercator.

Esta proyección presenta una buena exactitud en su zona central, pero las zonas superior e inferior correspondientes a norte y sur presentan grandes deformaciones. Los mapas con esta proyección se utilizaron en la época colonial con gran éxito. Su éxito se debe a la potencia de Europa de la época. Al ser Europa la potencia dominante que viajaba hacia el nuevo mundo por la zona central, no se comprobó la deformación que sufrían estos mapas. Posteriormente en la época de las exploraciones de Scott por el polo se comprobó que en dichas latitudes el mapa era casi inútil.

Matemática de la proyección.

Las siguientes ecuaciones determinan las coordenadas x e y de un punto en el mapa en proyección Mercator a partir de su latitud ϕ y longitud λ (siendo λ_0 la longitud central del mapa):

$$\begin{aligned}x &= \lambda - \lambda_0 \\y &= \ln \left(\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \right) \\&= \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)} \right) \\&= \sinh^{-1} (\tan(\phi)) \\&= \tanh^{-1} (\sin(\phi)) \\&= \ln (\tan(\phi) + \sec(\phi))\end{aligned}$$

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

Esta es la inversa de la función Gudermanniana:

$$\begin{aligned}\phi &= 2 \tan^{-1}(e^y) - \frac{\pi}{2} \\ &= \tan^{-1}(\sinh(y)) \\ \lambda &= x + \lambda_0\end{aligned}$$

La escala es proporcional a la secante de la latitud ϕ , haciéndose extremadamente grande cerca de los polos. En el polo mismo $\phi = 90^\circ$ o -90° . Como se deduce de las fórmulas, el valor para y en los polos es +/- infinito.

Derivación de la proyección.

Asumiendo la Tierra como esférica. (Es levemente achatada en los polos y otras leves deformaciones, pero para mapas de pequeña escala la diferencia es irrelevante. Para mayor precisión, interpone conformidad latitud.) Buscamos transformar de longitud-latitud (λ, ϕ) al sistema cartesiano (x, y) que es "un cilindro tangente al ecuador" (i.e. $x=\lambda$) y conforme, tal que:

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = \cos(\phi) \frac{\partial y}{\partial \phi}$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = -\cos(\phi) \frac{\partial x}{\partial \phi}$$

De $x = \lambda$ tenemos

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = 1$$

$$\frac{\partial x}{\partial \phi} = 0$$

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

resultando

$$1 = \cos(\phi) \frac{\partial y}{\partial \phi}$$

$$0 = \frac{\partial y}{\partial \lambda}$$

Dado que y es función sólo de ϕ con $y' = \sec\phi$ de la cual una tabla de integrales nos da

$$y = \ln(|\sec(\phi) + \tan(\phi)|) + C$$

Es conveniente cartografiar $\phi = 0$ a $y = 0$, así toma $C = 0$.

Controversia.

Como en toda proyección cartográfica, cuando se intenta ajustar una superficie curva en una superficie plana, la forma del mapa es una distorsión de la verdadera configuración de la superficie terrestre. La proyección de Mercator va exagerando el tamaño y distorsionando las formas a medida que nos alejamos de la línea del ecuador. Por ejemplo:

Groenlandia aparece aproximadamente del tamaño de África, cuando en realidad el área de África es aproximadamente 14 veces el de Groenlandia.

Alaska aparece similar en tamaño a Brasil, cuando el área de Brasil es casi 5 veces el de Alaska.

Aunque la proyección de Mercator es todavía muy usada en navegación, los críticos argumentan que no es indicada para representar el mundo completo dada la distorsión de las áreas. El mismo Mercator usó la proyección equivalente (iguales áreas) proyección sinusoidal para mostrar la relación de áreas. Como resultado de estas críticas, los atlas modernos ya no usan la proyección de Mercator para mapamundis o áreas distantes al ecuador, prefiriendo otras proyecciones cilíndricas, o proyecciones equivalentes (equiáreas). La proyección de Mercator, sin embargo, es usada todavía para regiones cercanas al ecuador.

Arno Peters provocó controversia cuando propuso la proyección conocida como proyección de Gall-Peters, una leve modificación de la cilíndrica equivalente de Lambert, como la alternativa a la de Mercator. Una resolución de 1989 de siete grupos geográficos norteamericanos desecharon el uso de todos los mapamundis de coordenadas rectangulares (cilíndricas), incluyendo la Mercator y la Gall-Peters.

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

Google Maps y Virtual Earth 2d, actualmente usan la proyección de Mercator. A pesar de sus relativas distorsiones de escala, esta proyección es bastante indicada para un mapa interactivo en que se hacen paneos y zooms a regiones pequeñas, donde las formas se distorsionan relativamente poco. (Google Satellite Maps, por otro lado, usó una proyección plate carrée hasta 2005-07-22.

En los mapas en Google Maps la máxima latitud es +/- 85.0511287798066 grados, donde el valor en la proyección Mercator para $y = \pi$.

El **Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator** (En ingles *Universal Transverse Mercator*, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección geográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas tradicional, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros.

La **UTM** es una proyección cilíndrica conforme. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son iguales ($h = k$). Las líneas loxodrómicas se representan como líneas rectas sobre el plano (mapa). Los meridianos se proyectan sobre el plano con una separación proporcional a la del modelo, así hay equidistancia entre ellos. Sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Es por ello que solo se representa la region entre los paralelos 80°N y 84°S. Además es una proyección compuesta; la esfera se representa en trozos, no entera. Para ello se divide la Tierra en husos de 6° de longitud cada uno (Ver Husos UTM).

La **proyección UTM** tiene la ventaja de que ningún punto está alejado del meridiano central de su zona, por lo que las distorsiones son pequeñas. Pero esto se consigue al coste de la discontinuidad: un punto en el límite de la zona se proyecta en dos puntos distintos, salvo que se encuentre en el ecuador. Una línea que una dos puntos de entre zonas contiguas no es continua salvo que cruce por el ecuador.

Para evitar estas discontinuidades, a veces se extienden las zonas, para que el meridiano tangente sea el mismo. Esto permite mapas continuos casi compatibles con los estándar. Sin embargo, en los límites de esas zonas, las distorsiones son mayores que en las zonas estándar.

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

Zonas UTM

Se divide la Tierra en 60 husos de **6º** de longitud, la zona de proyección de la UTM se define entre los paralelos 80º S y 84º N. Cada Huso se numera con un número entre el **1** y el **60**, estando el primer huso limitado entre las longitudes **180º** y **174º W** y centrado en el meridiano **177º W**. Cada huso tiene asignado un meridiano central, que es donde se sitúa el origen de coordenadas, junto con el ecuador. Los husos se numeran en orden ascendente hacia el este. Por ejemplo, México está situado en los Husos 16 al 11. En el sistema de coordenadas geográfico, las longitudes se representan tradicionalmente con valores que van desde los -180º hasta casi 180º (intervalo [-180º, 180)); el valor de longitud 180º no se corresponde con el huso UTM 60, sino con el 1, porque en ese sistema 180º equivale a -180º.

Bandas UTM

Se divide la Tierra en 20 zonas de **8º** Grados de Latitud, que se denominan con letras desde la **C** hasta la **X** excluyendo las letras "I" y "O", por su parecido con los números uno (1) y cero (0), respectivamente. Puesto que es un sistema norteamericano (estadounidense), tampoco se utiliza la letra "Ñ". La zona C coincide con el intervalo de latitudes que va desde 80º S (o -80º latitud) hasta 72º S (o -72º latitud). Las zonas polares no están consideradas en este sistema de referencia. Para definir un punto en cualquiera de los polos, se usa el sistema de coordenadas UPS. Si una zona tiene una letra igual o mayor que la **N**, la zona está en el hemisferio norte, mientras que está en el sur si su letra es menor que la "N".

Notación

Cada cuadrícula **UTM** se define mediante el número de zona y la letra de la banda, por ejemplo la ciudad mexicana de Guadalajara se encuentra en la cuadrícula **13Q**.

Excepciones

La rejilla es regular salvo en 2 zonas, ambas en el hemisferio norte; la primera es la zona **32V**, que contiene el suroeste de Noruega; esta zona fue extendida para que abarcara también la costa occidental de este país, a costa de la zona **31V**, que fue acortada. La segunda excepción se encuentra aún más al norte, en la zona que se conoce como Svalbard.

Manual Técnico ECO

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



UTM

