

Apuntes de Cartografía



Mtra. Yolanda Torres López
M.C. Alba Lucina Martínez Haros
M.C. Javier Valencia Saucedo
Hermosillo, Sonora

1. INTRODUCCIÓN

Los *recursos* con que cuenta un país son una de las bases fundamentales para su desarrollo económico, social y cultural. Su estudio, ubicación y evaluación permiten conocer la disponibilidad de dichos recursos para la planeación del desarrollo, y ofrecen al individuo el conocimiento de su entorno natural, lo que le permitirá interactuar con un medio y cuidar de su preservación y su equilibrio ecológico.

Todos los *recursos* ocupan un lugar en la Tierra y es posible ubicarlos geográficamente a través de mapas o cartas, en donde se podrán medir, cuantificar y analizar. La ubicación y representación de los recursos ofrece la posibilidad de entender su origen, su magnitud, su distribución y la relación que existe entre ellos.

En la medida en que un país cuente con información cartográfica sobre los diferentes *recursos* a diversos grados de detalle, se tendrán mayores opciones para tomar decisiones y definir políticas en cuanto a su manejo y aprovechamiento.

El material cartográfico desempeña un papel cada vez más importante en los estudios que se hacen sobre la naturaleza, y cada día son también más numerosos y diversos los temas a los que les da tratamiento cartográfico.

La *cartografía en las Ciencias de la Tierra*, es una herramienta fundamental en la investigación y la exploración geológica. Esto se debe a su gran utilidad para visualizar de manera gráfica las relaciones espacio-temporales de los cuerpos de roca y de las estructuras tectónicas. En base a estas representaciones gráficas se pueden afrontar muchos aspectos relativos al origen de las diferentes asociaciones petrológicas que constituyen la corteza, a la evolución paleogeográfica de los continentes en diferentes escalas y la evolución de los rasgos tectónicos del planeta. Su aplicación en problemas de exploración ha propiciado el desarrollo de gran variedad de representaciones que tienen que ver con los rasgos asociados a los recursos acuíferos, minerales, etc.

1.1 ANTECEDENTES DE LA CARTOGRAFÍA

La aparición de los mapas se produjo antes de la historia, es decir, con anterioridad a la aparición del relato escrito, y se utilizaron para establecer distancias, recorridos, localizaciones y así poder desplazarse de unos lugares a otros. En esta primera etapa dos son los tipos de mapas existentes: uno, el mapa instrumento, realizado con una finalidad informativa, utilitaria, como el de las islas Marshall, y otro, el mapa imagen, que representa un nuevo concepto más intelectual y que tiene un doble sentido, es un instrumento que tiene una utilidad inmediata pero, a su vez, es también una imagen, ya que en ellos aparecen la representación de la Tierra, conceptos cosmológicos o religiosos, pero centrado principalmente en el mundo del autor que lo construye; un ejemplo, el mapa del

mundo babilónico, mapa circular como corresponde al panorama natural del horizonte.

El poema de los Argonautas nos narra que los egipcios ya tenían, desde tiempos remotos, tablas grabadas donde estaban señalados los caminos de la Tierra con los límites de los continentes y de los mares. En el comentario del poema del Universo de Dionisio El Periegeta, Eustacio nos refiere que Sesostris dio a los egipcios tablas donde estaban representados sus viajes; también conocemos las inscripciones geográficas encontradas en la ruinas de Thebas por Mariette, remontando su antigüedad a 17 siglos a. c. Estas inscripciones en nada se parecen a nuestros mapas actuales, puesto que en ellos sólo hay figuras etnográficas, tipos de hombres y de seres colocados en el orden de su posición geográfica y acompañados de leyendas indicadoras de los pueblos, aplicando un procedimiento análogo al que posteriormente utilizaron los romanos. Además de estos itinerarios, se estima que disponían de mapas catastrales que quizá dibujaban sobre ladrillos o tablas como los caldeos, de tal manera que situaban a Egipto en el centro de la Tierra cuando hacían la descripción del mundo por ellos conocido. (Angel Madariaga)

Los mapas más antiguos que existen fueron realizados por los babilonios hacia el 2300 a.c., estos mapas estaban tallados en tablillas de arcilla y consistían en su mayor parte en mediciones de tierras realizadas con el fin de cobrar los impuestos. También se han encontrado en China mapas regionales más extensos, trazados en seda, fechados en el siglo II a.C. Parece que la habilidad y la necesidad de hacer mapas son universales. Uno de los tipos de mapas primitivos más interesantes es la carta geográfica realizada sobre una entramado de fibras de caña por los habitantes de las islas Marshall, en el sur del océano Pacífico, dispuestas de modo que muestran la posición de las islas.

Cartografía Griega:

Los mapas actuales se basan en la geografía matemática que se inició en la Grecia clásica, y aunque los avances cartográficos conseguidos por los griegos llegaron a niveles de perfección que no volvieron a ser igualados hasta el siglo XV, la idea general del mundo de la que partían no era muy distinta de la de los babilonios. Fueron los sabios cosmógrafos, astrónomos y matemáticos los que establecieron las primeras directrices para la representación científica de la superficie terrestre.

Cartografía Romana:

En Roma, al contrario, no se nota ese avance de la cartografía experimentado en Grecia y hay que distinguir el mapamundi, que sigue el modelo circular jonio y que fue común en la Edad Antigua, y los itinerarios totalmente prácticos que despiertan un mayor interés y que señalan las rutas que iban a usar los ejércitos, los comerciantes.

A partir del derrumbamiento del Imperio Romano se produce en Europa un vasto retroceso cultural, que también se observa en los conocimientos geográficos que habían permitido dibujar con sobrada precisión las tierras

conocidas. En este momento desaparece el sistema de medición por coordenadas y la geografía matemática es sustituida por otra basada en expresiones de la Biblia, que induce a pensar que la Tierra es plana. Estos mapas que no tienen carácter científico son, en cambio, obras de una gran belleza que reflejan una concepción teológica del mundo. No tenían ninguna utilidad para la navegación.

Cartografía árabe durante los siglos VIII y IX:

Durante el estancamiento geográfico medieval europeo, los navegantes árabes realizaron y utilizaron cartas geográficas de gran exactitud. Después de un largo periodo de silencio, se inicia un movimiento de recuperación de los clásicos griegos por obra de los árabes en los siglos VIII y IX. A partir de esta última fecha, el mundo islámico produce su propia cartografía, convirtiéndose en el continuador del desarrollo científico antiguo. Estos avances cartográficos llegan principalmente hasta Europa gracias a los intercambios de carácter comercial que se mantienen con los árabes, relaciones que se hicieron más fluidas durante el siglo XIII, provocando un mayor conocimiento por parte de los occidentales del mundo oriental. La gran figura será Al-Idrisi que usó como principal fuente el trabajo de Tolomeo y realizó un mapa del mundo en 1154.

Los avances de la cartografía en Europa fueron posteriores ya que los europeos no comenzaron a buscar nuevas vías de comercio hasta que no vieron cerrarse las rutas con Oriente, produciéndose en ese momento un florecimiento de la elaboración de mapas. El interés que despertó en los grandes reinos cristianos (España y Portugal) hizo que se financiaran grandes empresas marítimas abandonando el punto de vista del teólogo (el más importante durante el medioevo) y tomando en cuenta el del navegante. Surgen así los portulanos, término con el que se designan las cartas náuticas que tuvieron su apogeo desde el siglo XIII al XVI e incluso el XVII. En su origen esta palabra designaba los cuadernos de instrucciones en que los navegantes anotaban los rumbos y las distancias entre los puertos. Entre estos navegantes mediterráneos destacaban los mallorquines.

Los portulanos están relacionados directamente con los modernos mapas. Estos libros de ruta trazaban, generalmente sin meridianos o paralelos, los rumbos principales de acuerdo a los 8 vientos más importantes, estos siempre de color negro. El procedimiento seguido era el de la "Raxon de Marteloio": líneas rectas de rumbo unían los puntos de salida con los de arribo. Estas cartas tenían dos características: sólo las costas se trazaban con cierta exactitud, y las cartas se hallaban siempre entrecruzadas por una red de líneas. Debido a su complejidad gráfica, estas cartas fueron constituyéndose en regalos para reyes y príncipes, hechas por importantes cartógrafos y artistas de la época.

El arte de la cartografía también se desarrolló en las civilizaciones maya e inca. Los incas, ya en el siglo XII d.C., trazaban mapas de las tierras que conquistaban.

A partir de la introducción del uso de la brújula en el Mediterráneo (finales del s. XIII) y del desarrollo del astrolabio, estas notas adquirieron una precisión

cada vez mayor y comenzaron a redactarse libros de derrota en los que se detallaban los rumbos y las distancias. Trasponiendo los datos de estos libros a pergaminos y uniendo los distintos puntos entre sí, se trazaron las primeras cartas náuticas con ciertas garantías, a las que se denominó "cartas portulanas" o "portulanos". No tenían coordenadas pero se trazaban a escala, de tipo lineal, que permitía indicar las distancias entre los distintos puertos en leguas marinas. Este tipo de mapa coexistió con la cartografía tradicional que se realizaba en los ambientes monásticos. Sobresalen la Carta Pisana, el portulano de Angelino Dulcert, donde se representan por primera vez las Islas Canarias, y el Atlas catalán de Abraham Cresques. En el siglo XV un nuevo hecho viene a marcar un avance importante, es el redescubrimiento de Tolomeo, momento a partir del cual la cartografía comenzó a adoptar técnicas más innovadoras que permiten levantar nuevos mapas en la época de los grandes viajes de exploración. Los europeos cultos volvieron a pensar en una Tierra esférica y combinando las enseñanzas ptolemaicas con las aportadas por los portulanos, se creó el armazón del desarrollo cartográfico renacentista hasta la época de Mercator y Ortelius, quienes pusieron fin al imperio cartográfico de Tolomeo a mediados del siglo XVI.

Martin Waldseemüller:

Se considera que el mapa realizado en 1507 por Martin Waldseemüller, un geógrafo alemán, fue el primero en designar con el nombre de América a las tierras transatlánticas recién descubiertas. El nombre de América es un reconocimiento a la labor de Américo Vespucio, quien comenzó a trazar los mapas de sus viajes por el continente una vez instalado en Sevilla (1508) al servicio del rey Fernando. Tanto Solís, Pinzón, Juan de la Cosa como Vespucio contribuyeron con sus expediciones al trazado de los primeros mapas de los que se tiene conocimiento sobre el continente americano. Asimismo, los llamados planisferios de Salviatti y de Castiglione, ambos aproximadamente de 1525, son importantes documentos de la cartografía de la época en la cual se basaron mapas posteriores. El planisferio de Castiglione fue regalado a éste por el emperador Carlos V. El mapa de Waldseemüller, impreso en 12 hojas separadas, fue de los primeros en el que se separaban con claridad Norteamérica y Sudamérica de Asia.

Abraham Ortelius:

En 1570, Abraham Ortelius, un cartógrafo flamenco, publicó el primer atlas moderno. En el siglo XVI, muchos cartógrafos elaboraron mapas que iban incorporando la creciente información que aportaban los navegantes y los exploradores. Nació en 1527 y se convirtió en un famoso matemático antes de centrar casi su actividad en la geografía y la cartografía. En 1570 publicó su *Theatrum Orbis Terrarum*, considerada como el primer éxito comercial inmediato de este tipo de obras. Actualmente se sigue usando la clasificación y estructura de éste. Su primera versión contenía 70 mapas, 56 de Europa, 10 de Asia y África y uno de cada continente, realizó una selección de los mejores mapas disponibles que redibujó con un formato uniforme para la edición de su obra, estableció un orden lógico de los mapas: mapamundi, Europa, Asia, África, Nuevo Mundo. También incluyó una lista con los nombres de los autores de los mapas. Este atlas tuvo un gran éxito, sobre todo por su tamaño y formato, fue editado en

diversos idiomas y no paró de actualizarse y mejorarse hasta 1612. En 1575 Ortelius fue nombrado geógrafo de Felipe II, un cargo que le permitió acceso a los conocimientos acumulados por los exploradores portugueses y españoles.

Gerhardus Mercator (1512-1594):

El eximio geógrafo y cartógrafo de origen germano-holandés Gerhard Kremer, en latín *Gerhardus Mercator*, nació en 1512 y murió en 1594. Natural de los Países Bajos españoles, en su juventud estudió filosofía y matemáticas, convirtiéndose pronto en un eminente cartógrafo; entre otros, realizó trabajos para el emperador Carlos V. Sin embargo, en la década de 1540 fue acusado de herejía y estuvo encarcelado durante algún tiempo. Después se trasladó a Duisburgo, en el ducado de Kleve, donde se establecieron también muchos protestantes holandeses perseguidos. En 1554 se hizo internacionalmente famoso por un gran mapa de Europa. En un mapamundi del año 1569 utilizó el sistema de proyección de mapas que más tarde se bautizó con su nombre. Se trata de una representación cilíndrica con meridianos rectos y paralelos y círculos de latitud iguales, y tiene la ventaja de que la distancia más corta entre dos puntos en el globo (círculo máximo) viene representada como una línea recta, una *loxodromia*. Por ello esta proyección se sigue utilizando hoy día para navegar. En el mapamundi de Mercator, referido a coordenadas cartesianas los paralelos son rectas paralelas al eje de las abscisas, estando el ecuador representado por dicho eje, y los meridianos son rectas paralelas al eje de las ordenadas, estando el meridiano origen representado por dicho eje; los polos no son representables en el mapa. La proyección cartográfica de Mercator es, pues, una proyección cilíndrica rectangular directa en la que los paralelos son líneas que conservan las distancias. El valor del módulo de deformación lineal crece con la latitud hacia el polo norte o hacia el polo sur, siendo infinito en ambos polos. A paralelos equidistantes en la esfera terrestre corresponden así, en el mapa, rectas cada vez más distanciadas. Las loxodromias sobre la Tierra (líneas que cortan todos los meridianos según un ángulo constante) se representan en este mapa mediante rectas. Sólo la proyección de Mercator goza de esta propiedad. El uso de esta cartografía es general en navegación marina, porque permite encontrar el ángulo de ruta por simples procedimientos gráficos. No obstante, en este mapa la escala varía muy rápidamente, sobre todo en las latitudes altas, por lo que conviene dar siempre la escala del mapa de Mercator para un determinado paralelo de referencia, que puede ser el ecuador, o bien para el paralelo medio del mapa. El primer año después de la muerte de Mercator se publicó su gran libro de mapas del mundo. Él lo denominó Atlas, en honor al gigante de la mitología griega que sostenía la bóveda celeste, y desde entonces se han llamado las obras mayores de cartografía. Posteriormente, los famosos grabadores en cobre Jodocus y Hondius perfeccionaron y volvieron a publicar el atlas de Mercator.

Mercator sigue considerándose como uno de los mayores cartógrafos de la época de los descubrimientos; la proyección que concibió para su mapa del mundo resultó de un valor incalculable para todos los navegantes. La precisión de los mapas posteriores aumentó mucho debido a las determinaciones más precisas sobre latitud y longitud y a los cálculos sobre el tamaño y forma de la Tierra.

Los primeros mapas en los que aparecían ángulos de declinación magnética se realizaron en la primera mitad del siglo XVII, y las primeras cartas que mostraban las corrientes oceánicas se realizaron hacia 1665. En el siglo XVII se establecieron los principios científicos de la cartografía y las inexactitudes más notables de los mapas quedan constreñidas a las partes del mundo que no se habían explorado.

Aportación Francesa (s. XVIII):

A finales del siglo XVII las determinaciones astronómicas tomadas en las diversas partes del mundo, y en particular, en Asia Oriental, eran lo bastante numerosas para que no se conservasen ya en los mapas los errores que los desfiguraban. Los datos falsos y los verdaderos mezclados desde siglos formaban un laberinto necesitado de una revisión total. El geógrafo francés Guillermo Delisle (1675-1726) publicó en 1700 un mapamundi que situaba en su lugar y con dimensiones correctas las regiones orientales del antiguo continente. Jean Baptiste Bourguignon D'Anville tenía 29 años cuando Delisle murió en 1726. Profesó por la geografía una vocación casi innata, ya que de niño era su juego y su distracción. Luego fue su constante preocupación y el pensamiento de toda su vida. Dedicó a ella todos sus estudios y sus cualidades unidas a un innegable gusto artístico. A los 22 años se dio a conocer por una serie de mapas de Francia, producciones que tenían ya un sello original que distinguieron siempre sus obras posteriores. La Academia de las Ciencias de Francia trabaja en perfeccionar la geografía astronómica y matemática y enviaba a viajeros aislados o comisiones a diferentes partes del Globo; unos, para resolver el problema de la física terrestre, como Ridrer, que en 1672 fue a la isla de Cayena, y otros, como M. De Chazelles, en 1694, para determinar la latitud y la longitud de algunas posiciones importantes en el interior del Mediterráneo, a fin de disipar algunas dudas que quedaban acerca de la longitud de este mar tan mal representado según los datos de Tolomeo. Otros se dirigieron a Laponia y al Perú, para medir al mismo tiempo dos arcos de meridiano, más allá del círculo Polar el uno y cerca del ecuador el otro. De este modo se comprobó la exactitud de la teoría newtoniana acerca del achatamiento del globo terrestre. Tanto las operaciones de Laponia, ejecutadas desde 1735 a 1737 por Clairant y Maupertius, como las del ecuador, desde 1735 a 1739 por La Condamine, Godin y Bouguer, acompañados de Antonio de Ulloa y Jorge Juan, confirmaron las deducciones teóricas y pusieron de manifiesto el aumento progresivo de los grados terrestres a partir del ecuador. Colbert pidió a la Academia de las Ciencias la descripción geométrica del reino y Cassini de Thury, director del Observatorio y nieto del gran astrónomo, concibió una proyección cartográfica que lleva su nombre. En 1744 comenzó las primeras operaciones, ayudado por su hijo, de muchos astrónomos y de una treintena de prácticos hábiles en el levantamiento de planos. Este trabajo fue terminado en 1773 y sirvió de modelo para proyectos similares llevados a cabo en otros países.

Hacia finales del siglo XVIII, cuando decayó el espíritu explorador y comenzó a desarrollarse el nacionalismo, un gran número de países europeos comenzó a emprender estudios topográficos detallados a nivel nacional. El mapa topográfico completo de Francia se publicó en 1793, con una forma más o menos cuadrada y con una medida de aproximadamente 11 m de lado. El Reino Unido, España, Austria, Suiza y otros países siguieron su ejemplo. En los Estados

Unidos se organizó, en 1879, el *Geological Survey* (estudio geológico) con el fin de realizar mapas topográficos de gran escala en todo el país. En 1891, el Congreso Internacional de Geografía propuso cartografiar el mundo entero a una escala 1:1.000.000, tarea que todavía no ha concluido.

La cartografía en el siglo XX:

En el siglo XX, la cartografía ha experimentado una serie de importantes innovaciones técnicas. La fotografía aérea se desarrolló durante la I Guerra Mundial y se utilizó, de forma más generalizada, en la elaboración de mapas durante la II Guerra Mundial. Los Estados Unidos, que lanzaron en 1966 el satélite *Pageos* y continuaron en la década de 1970 con los tres satélites *Landsat*, están realizando estudios geodésicos completos de la superficie terrestre por medio de equipos fotográficos de alta resolución colocados en esos satélites. A pesar de los grandes avances técnicos y de los conocimientos cartográficos, quedan por realizar estudios y levantamientos topográficos y fotogramétricos de grandes áreas de la superficie terrestre que no se han estudiado en detalle (Martín A.Cagliani).

1.2 CONCEPTO DE CARTOGRAFÍA

La definición de cartografía adoptada por la Asociación Internacional de Cartografía en 1968 es:

“conjunto de estudios y operaciones científicas, artísticas y técnicas que, a partir de los resultados de levantamientos directos o del examen y estudio de documentos, se emplean para la formación y apresto de las cartas, planos y otros sistemas de expresión, así como para la utilización de los mismos”

1.3 OBJETIVO DE LA CARTOGRAFÍA

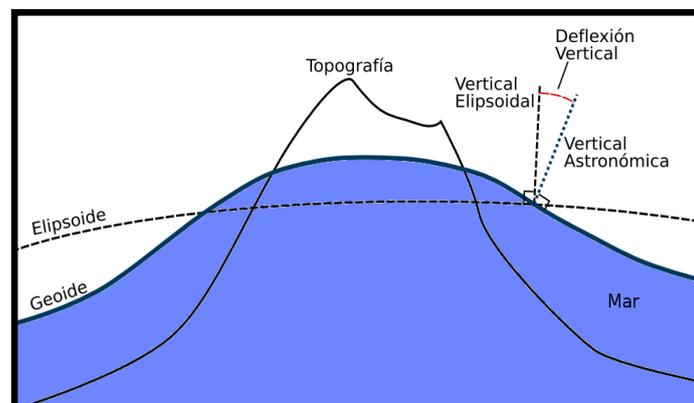
- Expresar las características de la superficie terrestre y la distribución de los rasgos culturales permanentes que se encuentran sobre dicha superficie; esto es elaborar mapas topográficos.
- Expresar la distribución espacial de otros atributos geográficos y variables socioeconómicas, mediante elaboración de mapas temáticos

Estos son verdaderos bancos de datos que muestran en una forma organizada y fácil de consultar. En la actualidad son parte indispensable en la planeación y seguimiento de cualquier proyecto.

1.4 FUNDAMENTOS

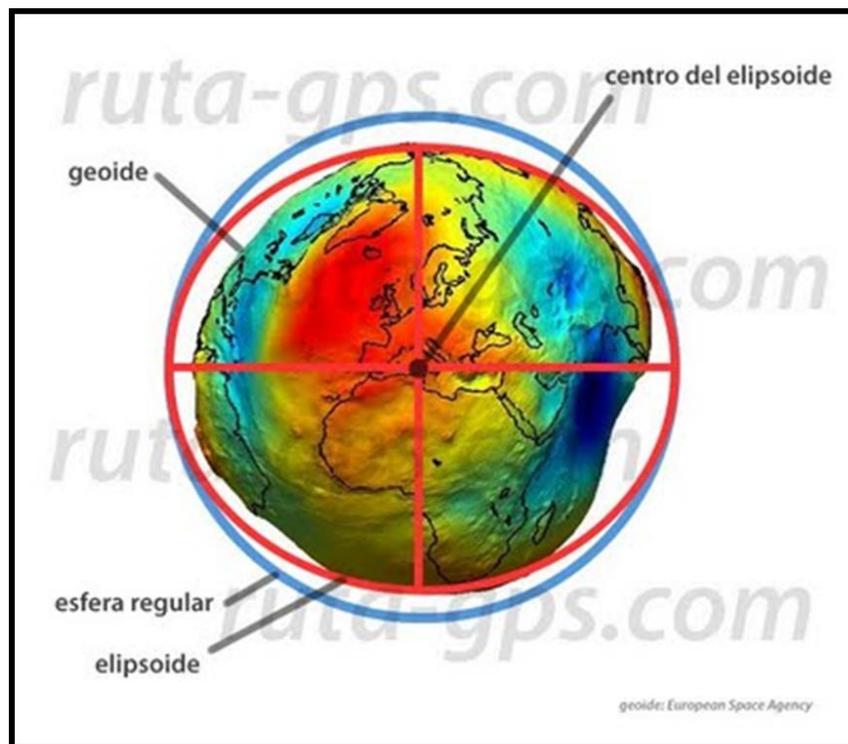
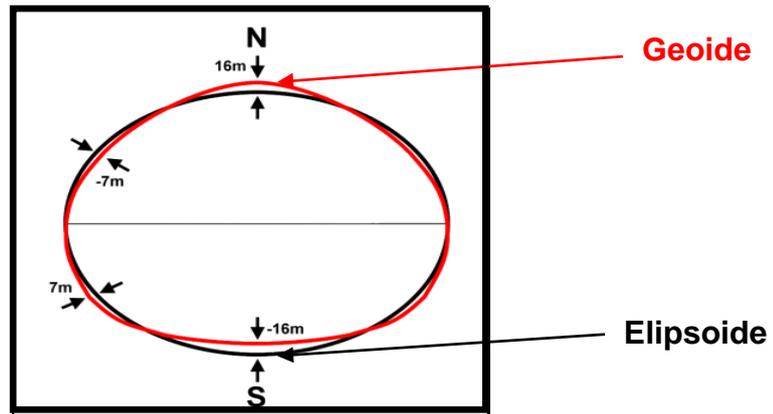
La cartografía se base en que la Tierra es esférica y ha de valerse de un sistema de proyecciones para pasar de la esfera al plano. El problema es aún mayor, pues en realidad la forma de la Tierra no es exactamente esférica, su forma es más achatada en los polos que en la zona ecuatorial. A esta figura se le denomina *geoide*.

El geoide se define como la *superficie perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad*. Esta superficie ideal coincide con el nivel medio del mar, prolongado por debajo de los continentes



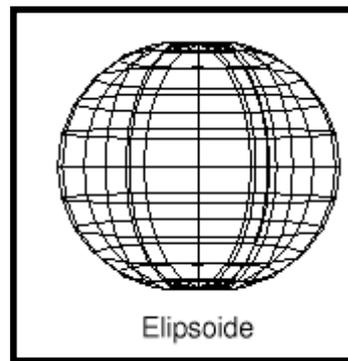
El geoide es una superficie de forma irregular debido a que las masas continentales no se distribuyen de manera uniforme, actúan de modo irregular sobre la distribución de la gravedad y dado que la superficie del geoide es en todos sus puntos perpendicular a esta.

Material	Densidad (kg/cm³)
Agua	1030
Sedimentos	2000 a 2500
Granito	2500 a 2800
Flujos de lava	2700
Basalto	2700 a 3100
Peridotita	3300 a 3400



La figura del geoide es mucho más complicada de expresar matemáticamente. Es por esto que se sustituye por otra figura que reúna las condiciones y cuya forma difiera lo menos posible.

Esta figura es el *Elipsoide de Revolución* es un sólido que resulta de hacer girar una elipse sobre su eje menor.



En cartografía se considera que la Tierra tiene diferente forma según el mapa que se elabore:

- Tierra Esférica
- Tierra Elipsoidal

Si el mapa representa a la Tierra de manera global o continental, es decir superficies grandes en escalas pequeñas (1:500,000, 1:1,000,000) del tamaño de una página, la diferencia entre la esfera y el elipsoide es despreciable a la escala a la que se dibujará el mapa, entonces se considera que la Tierra tiene forma esférica, la cual tendrá la misma superficie del elipsoide; a esta esfera se le llama Esfera autálica.

Debido a la complicación de las ecuaciones de proyección para el elipsoide y que las ecuaciones esféricas y elipsoidales para una proyección cartográfica particular, dan esencialmente el mismo resultado para mapas a escala pequeñas.

Para mapas a escala grandes (1:2,500 y mayores), de superficies pequeñas (mapas topográficos o cartas de navegación) las diferencias entre ubicación esféricas y elipsoidales pueden ser significativas y se debe considerar el achatamiento de la Tierra.

Como no existe correspondencia 1:1 entre el geoide y el elipsoide, las diferentes regiones del planeta se han referido a varios elipsoides de acuerdo al menor ajuste con la curvatura de la Tierra en la región en cuestión.

No existe ningún elipsoide que se adapte bien a todas las necesidades cartográficas y por ello se vienen utilizando diversos elipsoides: uno para representaciones locales y otro para representaciones globales. Además cada elipsoide hay que hacerlo tangente a algún punto de la superficie de la terrestre (el que más convenga al caso). Precisamente esos parámetros que establecen las magnitudes del elipsoide, su punto de tangencia sobre la Tierra y su orientación, constituyen un datum.

Elipsoides de uso más común en el mundo

ELIPSOIDE	SEMIEJE MAYOR	ACHATAMIENTO	USADO EN:
Everest (1830)	6377276	1/300	India
Bessel (1841)	6377397	1/290	Japón
Clake (1866)	6378206	1/295	Norteamérica
Clarke (1880)	6378249	1/293	Francia
Helmert (1907)	6378200	1/298	Egipto
Internacional de Hayford (1910)	6378388	1/297	Europa
Krassowsky (1948)	6378295	1/298	Antigua U.R.S.S
Houch (1956)	6378270	1/297	India
Unión Astronómica Internacional	6378160	1/298.25	
GRS80	6378137	1/298.25722	Norteamérica, Centroamérica y el Caribe
WGS84	6378137	1/298.25722	Sistema de Navegación Satelital GPS

El elipsoide internacional es el Hayford 1910, adoptado en 1924 con un achatamiento de 1/ 297 y un semieje de 6,378,388 m.

Datums son puntos donde el geoide y los diferentes elipsoides coinciden y se caracterizan por su posición geográfica precisa, es determinado por observaciones astronómicas y es origen de todas las coordenadas geográficas de la red de referencia del mapa. A partir de los datums se construyen redes geodésicas que se basan en triangulaciones. A su vez los vértices de las redes geodésicas sirven de punto de referencia en otros levantamientos topográficos de menor precisión.

Los elementos de partida de un datum son:

Latitud, longitud, azimut de una línea (referida al norte geográfico), radio ecuatorial y achatamiento (del elipsoide).

Un mismo lugar puede ser expresado por distintos valores de coordenadas si simplemente se consideran dos datums distintos. Los datums afectan tanto la posición expresada en Latitud / Longitud (coordenadas angulares) como los sistemas locales de cuadrícula (UTM, British National Grid etc.).

Esto afecta entre que si tenemos dos cartas de la misma zona y han sido dibujadas con diferentes datums, entonces la latitud y longitud del mismo lugar es probable que sea diferente una de otra. La diferencia entre una posición en la carta con datum AGD66 y otra con datum WGS84 puede llegar a ser de hasta 200 metros (0,1 millas). Esta podría ser la diferencia entre pasar cerca de un arrecife o de meterse directamente en él.

En México se utilizó durante décadas el *Datum Norteamericano de 1927* (*meades Ranch*) mejor conocido como NAD27, ubicado en el estado de Kansas, en Estados Unidos, Basado en el elipsoide de Clarke de 1866; sus elementos son:

Latitud	39° 13' 26.686''
Longitud	98° 32' 30.506
Azimut al vértice de Waldo	75° 28' 09.640''
Radio Ecuatorial	6 ,378 ,206.4m
Achatamiento	1/294.978698

Con la nueva tecnología satelitaria y nuevos equipos de medición para la determinación del geode se han detectado inconsistencia en los cálculos del elipsoide de Clarke de 1866, aunado a movimientos de la corteza y a una distribución heterogénea de los datos, reduciendo la precisión con la que se había diseñado el NAD27.

Es por esto, que en la actualidad los países como Canadá Estados Unidos, México, Centro América, Groenlandia han adoptado un nuevo elipsoide.

El GRS80 (Sistema Geodésico de Referencia de 1980) adoptado y recomendado por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

Las dimensiones de la Tierra basadas en GRS80 son:

Diámetro Ecuatorial	12,756.3km
Diámetro Polar	12,713.5km
Circunferencia Ecuatorial	40,075.7 km
Radio de la Esfera autálica	6,371.0 km
Superficie Terrestre	510,064,500.0 km ²

INEGI adoptó oficialmente a partir de 1998 el Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF Internacional Earth Rotation Service Terrestrial Reference Frame) en su versión original de 1992, sistema que sustituye al NAD27.

Una de las ventajas es que es compatible con los sistemas de GPS, su carácter tridimensional que permite levantamientos con alta precisión, que prácticamente no existen errores de propagación.

En la actualidad y para la adecuación de la demandas modernas por la información de mayor exactitud y en respuesta al desarrollo tecnológico, el sistema es el Marco de Referencia Terrestre Internacional 2000 del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), denominado **ITRF00**, en el Sistema de Referencia Geodésico de 1980 (**GRS80**)

Generalmente el datum está indicado sobre el mapa, usualmente en la parte inferior del mismo. Si no es así pero el mapa anuncia que elipsoide de referencia usado, entonces uno puede hacer algunas veces suposiciones acerca del datum, basándose en el elipsoide de referencia y la región, y usando el documento que se puede encontrar en <http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>.

En resumen todos estos factores alteran en gran medida los trabajos de los cartógrafos, dependiendo del fin algunas irregularidades pueden ser ignoradas. Por ejemplo, aunque localmente son importantes los niveles del terreno son minúsculos a la escala planetaria.

Para mapas que cubren grandes áreas, especialmente todo el planeta, la forma de la Tierra puede asumirse como una esfera perfecta, ya que cualquier imprecisión de la forma es pequeñísima por los errores inevitables en los datos y en la resolución de los medios utilizados. Al contrario para áreas muy pequeñas las características del terreno predominan y las medidas deben basarse en una Tierra plana.

1.5 OTROS MEDIOS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Así como también la cartografía utiliza técnicas geodésicas, fotogramétricas, fotointerpretación, teledetección y sistemas de información geográficos.

La *fotogrametría* es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas sobre una o varias fotografías esto es "*medir sobre fotos*".

Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), podremos tener visión estereoscópica; o dicho de otro modo, información tridimensional.

Esta técnica es básica para la elaboración de toda la cartografía, ya sea topográfica, temática, catastral, etc. Puede ayudarse de información espectral y radiométrica de una imagen digital apoyada en la teledetección.

La *fotogrametría* puede ser terrestre o aérea dependiendo desde donde son obtenidas las imágenes.

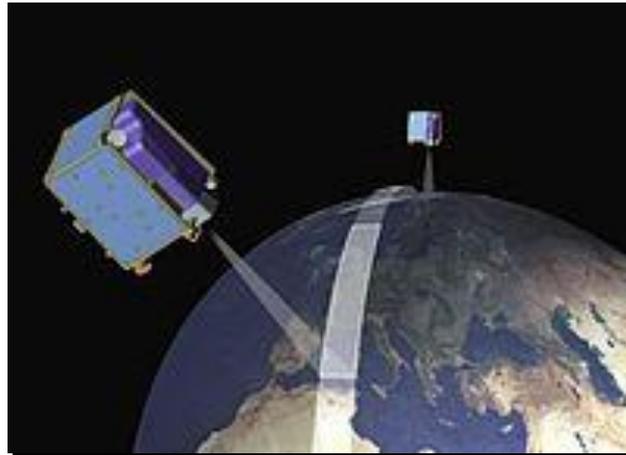
Los *fotomapas* y *espaciomapas* son otros medios de representación gráfica, utilizando algunas características de los mapas y combinándose con imágenes de la realidad. Los *fotomapas* son realizados a partir de fotografías aéreas y se utilizan para representar pequeñas regiones; y los *espaciomapas* son producto de imágenes de satélites que representan grandes regiones.

Dependiendo de la aplicación que se le dé al fotomapa o espaciomapa, se elegirá la información que se sobrepondrá a la imagen, ya sea para facilitar la lectura o para proporcionar información temática.

INEGI elabora fotomapas a escala 1:20,000 y 1:10,000, y corresponden a las principales zonas urbanas del país. Los espaciomapas son reproducciones de imágenes de satélite restituidas de acuerdo a la proyección UTM, siguiendo el formato de la cartografía topográfica escala 1:25,000.

La *percepción remota* o *la teledetección* es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, superficie o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con él. Se basa en que cada objeto, área o fenómeno emite un espectro electromagnético específico, en función de su propia naturaleza y de las radiaciones que recibe. La reflectancia de ese espectro electromagnético se denomina firma espectral, la cual hace distinguible a ese objeto, superficie o fenómeno de los demás.

Por lo general los datos son recogidos a través de sensores instalados en plataformas aerotransportadas o en satélites artificiales, los cuales captan la radiación emitida o reflejada, obteniéndose una imagen, habitualmente en falso color con una banda para cada una de estas regiones del espectro. Los avances en tecnología han permitido contar con instrumentos cada vez más precisos basados en electrónica y experimentación con materiales que permiten obtener información cada vez más completa contenida en imágenes satelitales.



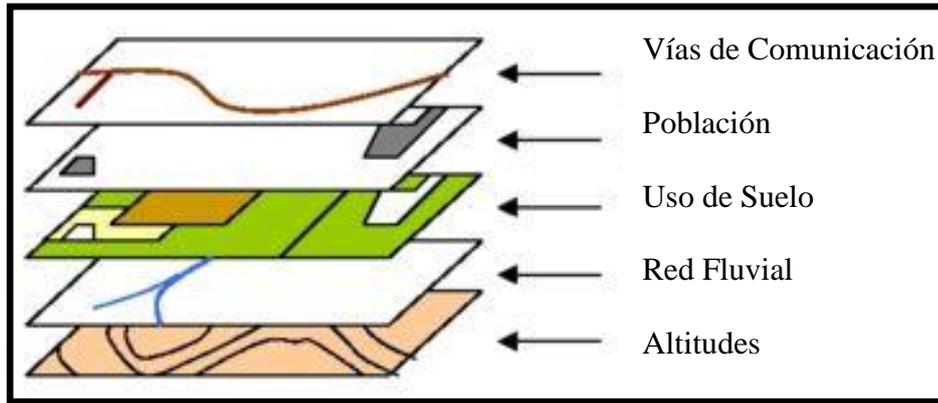
Actualmente estas representaciones cartográficas se pueden realizar con programas de informática llamados SIG, en los que tiene georeferencia desde un árbol y su ubicación, hasta una ciudad entera incluyendo sus edificios, calles, plazas, puentes, jurisdicciones, etc.

La *georreferenciación* es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas y datum determinado, es decir asocia elementos espaciales con una base de datos.

Un *Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, por sus siglas en inglés)* es una integración organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (*datos alfanuméricos*) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

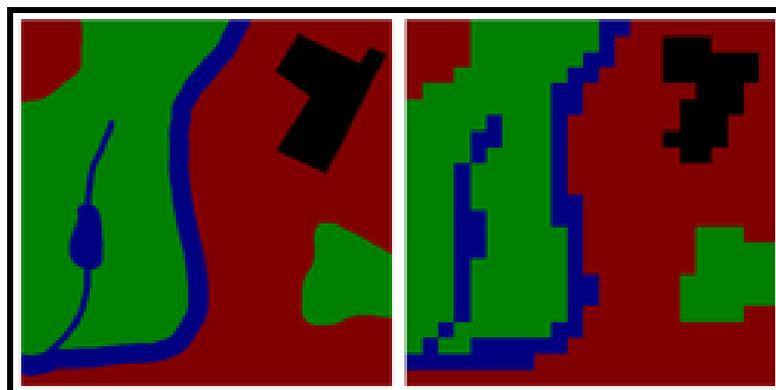
La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.



Un Sistema de Información Geográfica puede mostrar la información en capas temáticas para realizar varios análisis complejos.

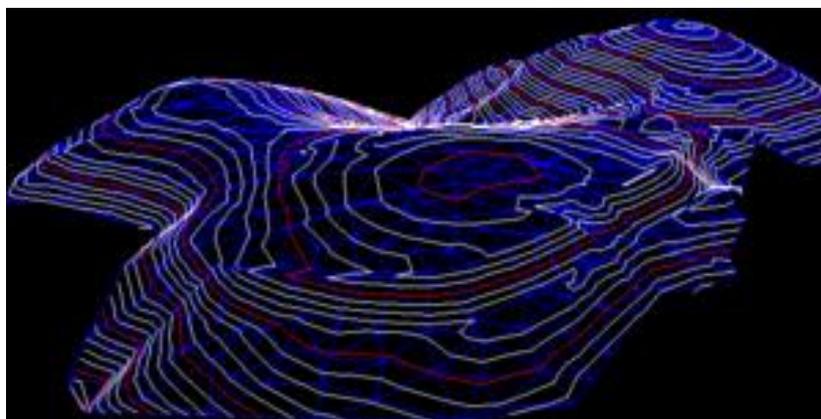
Los datos SIG representan los objetos del mundo real, los cuales se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos y continuos. Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial.



Formato vectorial

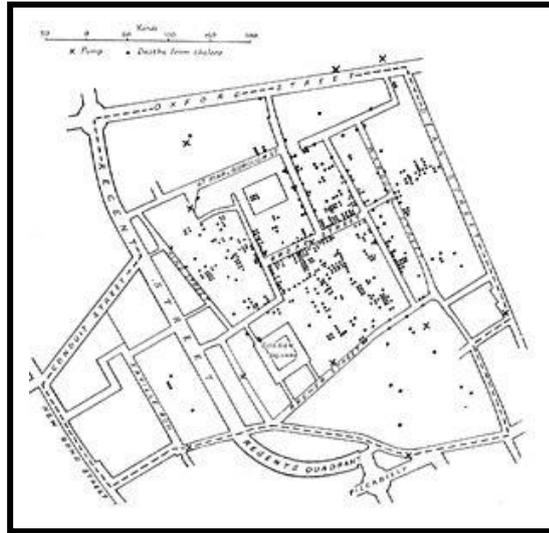
Formato raster



Curvas de nivel en formato vectorial de un SIG

Historia de los Sistema de Información Geográfica

En 1854 el pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow cartografió en un mapa, la incidencia de los casos de cólera en el distrito de Soho en Londres. Este *protoSIG*, quizá el ejemplo más temprano del método geográfico, permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como la fuente causante del brote.



Si bien la cartografía topográfica y temática ya existía previamente, el mapa de John Snow fue el único hasta el momento, que, utilizando métodos cartográficos, no solo representaba la realidad, sino que por primera vez analizaba conjuntos de fenómenos geográficos dependientes.

El comienzo del siglo XX vio el desarrollo de la "foto litografía" donde los mapas eran separados en capas. El avance del hardware a comienzos de los años 60, dio lugar al desarrollo de aplicaciones cartográficas para computadores de propósito general. En 1962 se vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural de Canadá.

En la década de los años 70 y principios de los 80 se inició en paralelo el desarrollo de dos sistemas de dominio público en Estados Unidos; el proyecto Map Overlay and Statistical System (MOSS) y el proyecto GRASS bajo los auspicios de la *Western Energy and Land Use Team* y el *cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos*. Los 80 y 90 fueron años de fuerte aumento de las empresas que comercializaban estos sistemas, debido al crecimiento de los SIG en estaciones de trabajo UNIX y ordenadores personales. Es el periodo en el que se ha venido a conocer en los SIG como la fase comercial.

En los 90 se inicia una etapa comercial para profesionales, donde los SIG empezaron a difundirse al nivel del usuario doméstico debido a la generalización de las PCs. A principios del XXI el rápido crecimiento en los diferentes sistemas

se ha consolidado, los usuarios están comenzando a exportar el concepto de visualización de datos SIG a Internet, lo que requiere una estandarización de formato de los datos y de normas de transferencia. Más recientemente, ha habido una expansión en el número de desarrollos de software SIG de código libre, los cuales, a diferencia del software comercial, suelen abarcar una gama más amplia de sistemas operativos, permitiendo ser modificados para llevar a cabo tareas específicas.

Hoy en día algunos de lo software SIG más utilizados son:
ArcGis, AutodeskMap, GeoPista, GeoServer, Google Earth, GRASS, Manifold, Map Server.

Muchas disciplinas se han beneficiado de la tecnología subyacente en los SIG. El activo mercado de los Sistemas de Información Geográfica se ha traducido en una reducción de costos y mejoras continuas en los componentes de hardware y software de los sistemas. Esto ha provocado que el uso de esta tecnología haya sido asimilada por universidades, gobiernos, empresas e instituciones que lo han aplicado a sectores como recursos naturales, desarrollo sostenible, arqueología, defensa nacional, ordenación del territorio, urbanismo, transporte, bienes y raíces, salud pública, criminología, sociología, logística entre otros.

SISTEMA DE COORDENADAS Y PROYECCIONES GEOGRÁFICAS

2.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Es el método sistemático más antiguo de ubicación sobre la superficie terrestre, es decir es un sistema de referencia que se requieren para determinar con precisión la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra (latitud, longitud y altitud). El sistema de coordenadas está basado en círculos conocidos como paralelos y que tiene como referencia el Ecuador y los semicírculos o líneas que van desde el polo norte al polo sur denominado meridianos; el meridiano origen es el meridiano de Greenwich.

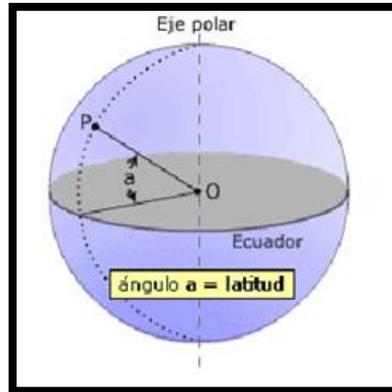
El sistema de coordenadas geográficas en un sistema geocéntrico (origen es el centro de la Tierra)

2.1.1 Latitud, Longitud y Altitud

Mediante el trazo de un grupo de círculos con orientación este-oeste alrededor de la esfera terrestre y paralelos al Ecuador *paralelos*, y otro grupo de ellos con dirección norte-sur que cruzan el Ecuador en ángulo recto y convergen en los polos *meridianos*, se obtiene una red de líneas de referencia, desde las cuales se puede localizar cualquier punto de la superficie terrestre y obtener sus valores de longitud y latitud.

La latitud es el ángulo que se forma entre el plano del Ecuador y la vertical del punto que lo determina, es decir es la distancia angular vertical que la separa del Ecuador. Esta distancia se mide sobre el meridiano que pasa por el lugar, y puede ser *latitud norte* o *latitud sur* según del lado en que se encuentre el punto del *Ecuador*.

La latitud se mide de 0° a 90° al Norte o Sur del Ecuador y son equivalentes entre sí, las latitudes para el hemisferio Norte van creciendo en dirección hacia el Norte y las del hemisferio Sur crecen hacia el Sur.



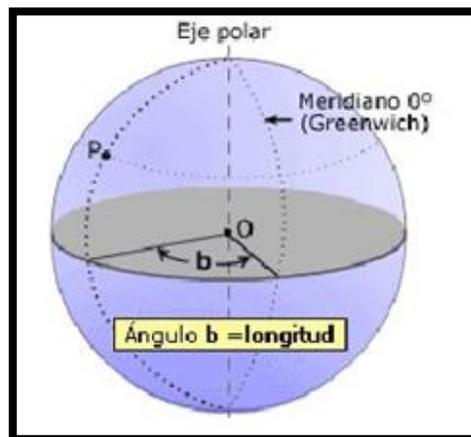
La unidad de medida que se usa en las coordenadas geográficas, es el grado (unidad de medida angular). El grado está simbolizado por ($^{\circ}$), el minuto por ($'$) y segundo por ($''$).

$$1^{\circ} \text{ (grado)} = 60' \text{ (minutos)}$$

$$1' \text{ (minuto)} = 60'' \text{ (segundos)}$$

La longitud es el ángulo que forma el meridiano de *Greenwich* y el meridiano que pasa por dicho lugar, es decir es la distancia horizontal que separa un punto determinado de la superficie terrestre del meridiano de Greenwich.

La longitud de un punto se obtiene midiendo de 0° a 180° hacia el este o el oeste del meridiano de Greenwich (de origen).



Cada círculo completo está dividido en 360 grados, cada grado en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos.

Las longitudes del Hemisferio Oriental van creciendo hacia el Este y las del Occidental crecen hacia el Oeste.

Ambos conjuntos de paralelos y meridianos son infinitos, pero solo una cierta cantidad de ellos son incluidos en todo mapa. La latitud y longitud de un punto definen el cruce de un paralelo y un meridiano respectivamente.

Las coordenadas se expresan forma:

Latitud S $45^{\circ} 37' 21''$

Longitud W $70^{\circ} 29' 53''$

También se pueden transformar de la siguiente manera:

Segundos \longrightarrow Minutos \longrightarrow Grados

Segundos decimales $45^{\circ} 37' 21.0''$

Minutos decimales $45^{\circ} 37' \frac{21}{60} = 45^{\circ} 37.35'$

Grados decimales $45^{\circ} \frac{37.35}{60} = 45.6225^{\circ}$

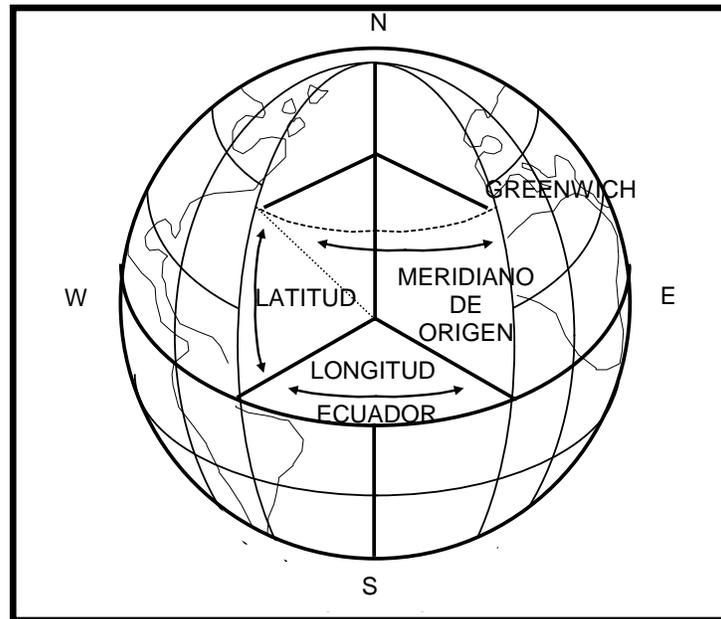
Grados \longrightarrow Minutos \longrightarrow Segundos

Grados decimales 45.3725°

Minutos decimales $45^{\circ} 60 \times 0.3725 = 45^{\circ} 22.35'$

Segundos decimales $45^{\circ} 22' 60 \times 0.35 = 45^{\circ} 22' 21.0''$

Entonces tenemos: $45^{\circ} 22' 21''$



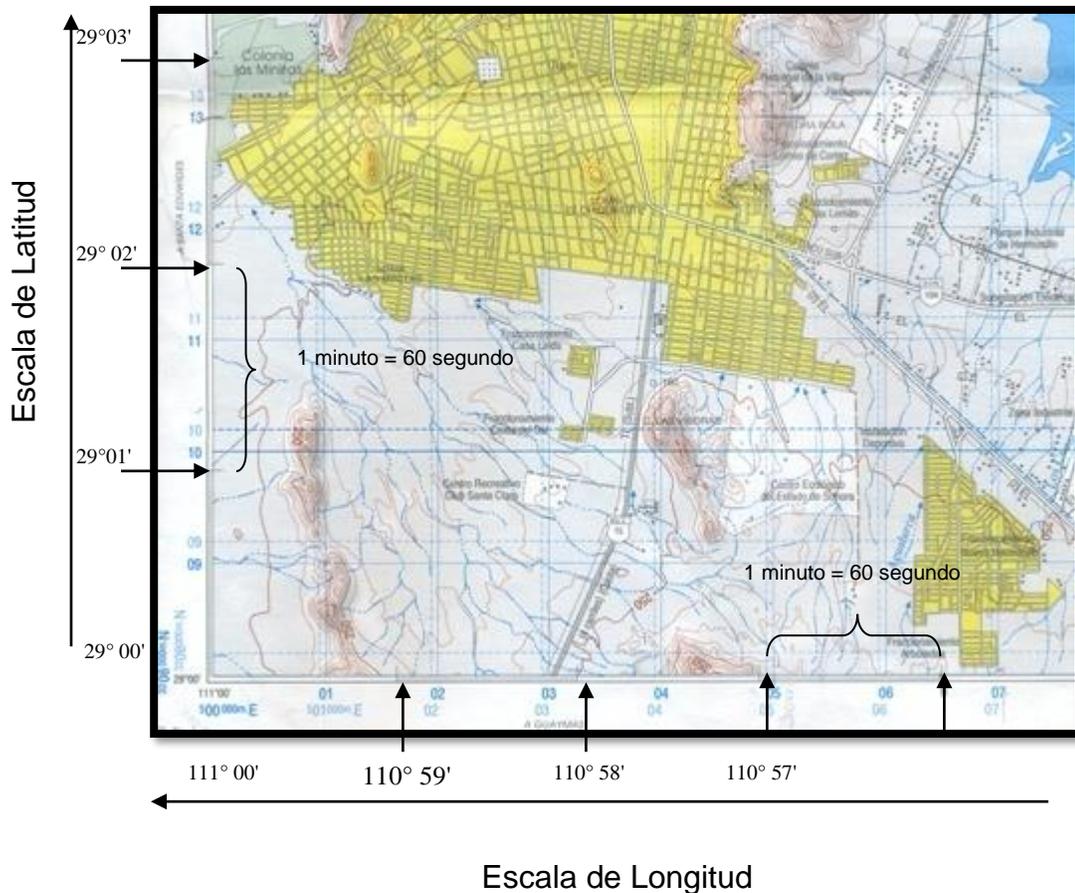
La figura muestra la latitud y la longitud

2.1.2 Lectura y localización de Coordenadas Geográficas

En los mapas, la escala de latitudes está situada a la derecha y a la izquierda de los mismos. En el hemisferio Norte esta escala aumenta hacia arriba de la carta, en el hemisferio Sur hacia abajo.

La escala de longitudes está situada en la parte superior e inferior de los mapas. Al Oeste de Greenwich esta escala aumenta hacia la izquierda de la carta, al Este de Greenwich hacia la derecha. Nunca deben utilizarse estas escalas para medir distancias, la distancia de 1' en longitud va disminuyendo cuanto más se aleja del ecuador.

Las escalas, están divididas en minutos, que a su vez están los podemos dividir en segundos. Esta división varía según la escala del mapa.



a) Conocer las coordenadas geográficas de un punto en el mapa

Queremos conocer la longitud y latitud de un determinado punto del mapa. El punto puede ser cualquier elemento del mapa o una determinada posición.

Para ello debemos "trasladar" este punto a la escala de longitudes (superior e inferior) y a la escala de latitudes (izquierda o derecha).

Tenemos dos métodos para realizar determinar esta posición, por medio de la regla y por medio del compás.

Método con regla:

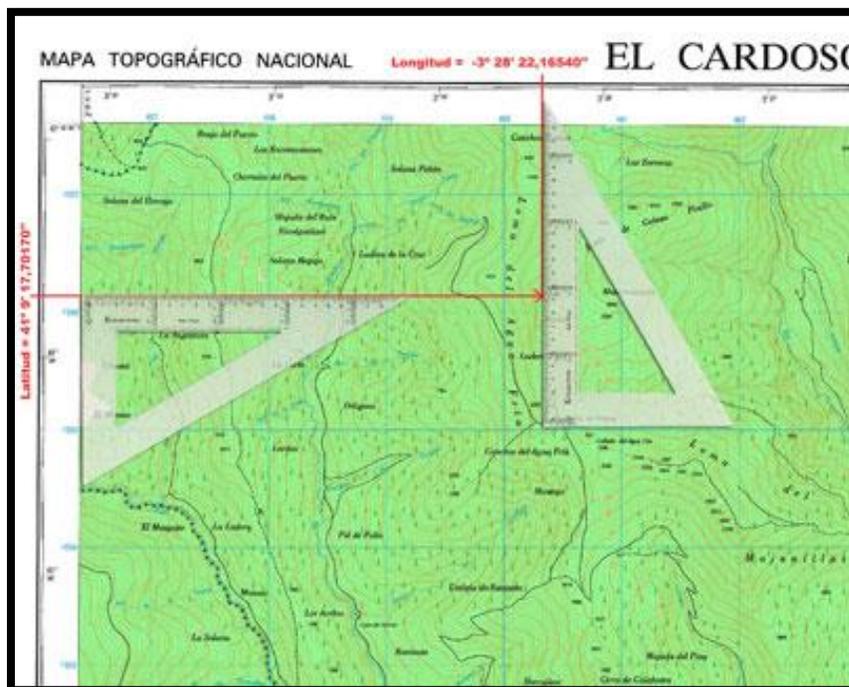
- 1.-Latitud:

Situamos una escuadra de tal forma que quede perpendicular a la escala de latitudes a la altura del punto del que deseamos conocer la latitud. Dibujamos una recta hasta la escala.

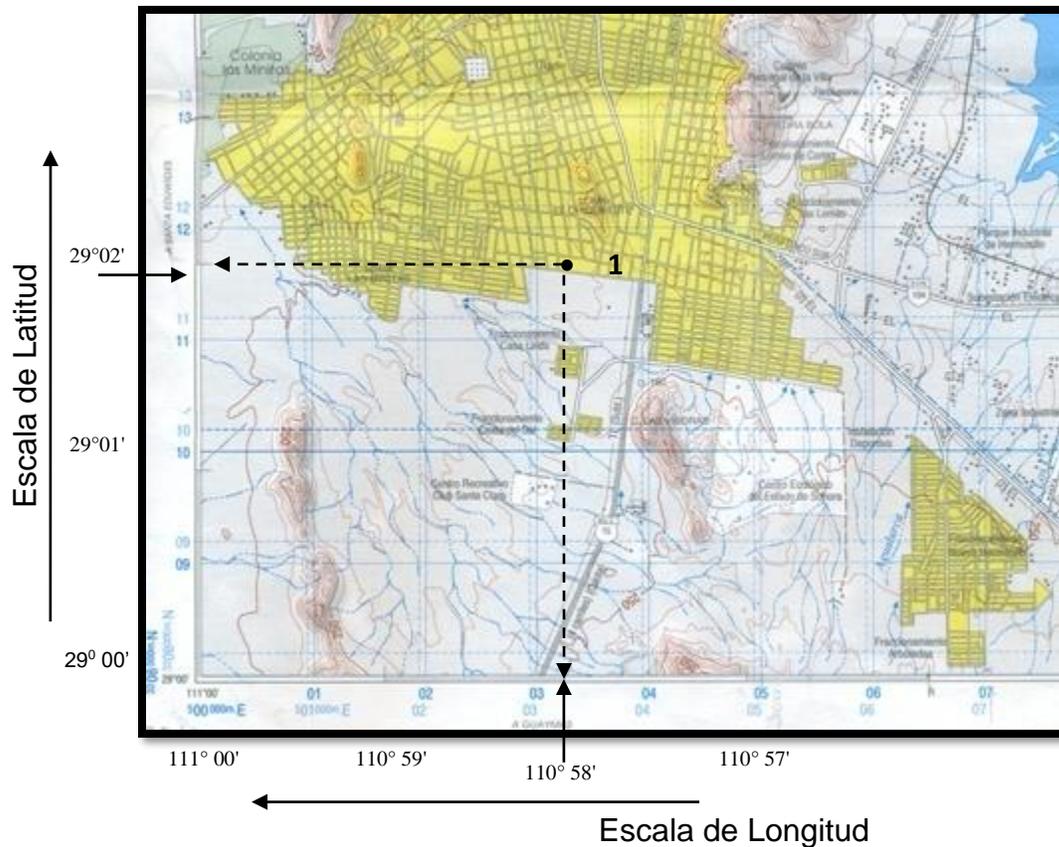
- Leemos la posición en la escala, recordando que en el hemisferio norte las latitudes aumentan de valor hacia arriba y en el hemisferio sur aumenta hacia abajo.

2.- Longitud:

- Situamos una escuadra de tal forma que quede perpendicular a la escala de longitudes a la altura del punto del que deseamos conocer la longitud. Dibujamos una recta hasta la escala.
- Leemos la posición en la escala, recordando que al Oeste del meridiano 0° la longitud aumenta hacia la izquierda y al Este del meridiano 0° aumenta hacia la derecha.



Ejemplo: Encontrar las coordenadas geográficas del punto 1 en el siguiente mapa



La lectura de la proyección del punto hacia la latitud y la longitud son las coordenadas geográficas de este punto en mapa y para este caso corresponde a:

Latitud Norte $29^{\circ} 02'$, Longitud Oeste $110^{\circ} 58'$

Método con compás:

1.- Longitud:

- Situamos la punta del compás en el punto que deseamos situar y tangenteamos hacia el meridiano más cercano, obteniendo la distancia del punto a este meridiano.
- Trasladamos esta apertura del compás a la escala de longitudes y situándonos en el meridiano utilizado marcamos la posición con el compás en dirección contraria a la anterior.
- Leemos el resultado recordando que al Oeste del meridiano 0° la longitud aumenta hacia la izquierda y al Este del meridiano 0° aumentan hacia la derecha.

2.- Latitud:

- Situamos la punta del compás en el punto que deseamos situar y tangenteamos hacia el paralelo más cercano, obteniendo la distancia del punto a este paralelo.
- Trasladamos esta apertura del compás a la escala de latitudes y situándonos en el paralelo utilizado marcamos la posición con el compás en dirección contraria a la anterior.

Leemos el resultado recordando que en el hemisferio norte las latitudes aumentan de valor hacia arriba y en el sur hacia abajo.

b) Entrar la ubicación del punto de las coordenadas geográficas

Ahora queremos ubicar la posición de las coordenadas geográficas, esto lo haremos por medio de los siguientes cálculos.

Ejemplo: Encontrar el punto en el mapa de escala 1:50,000 cuyas coordenadas geográficas son: Latitud Norte $29^{\circ} 02' 15''$ y Longitud Oeste $110^{\circ} 57' 30''$.

Para la latitud

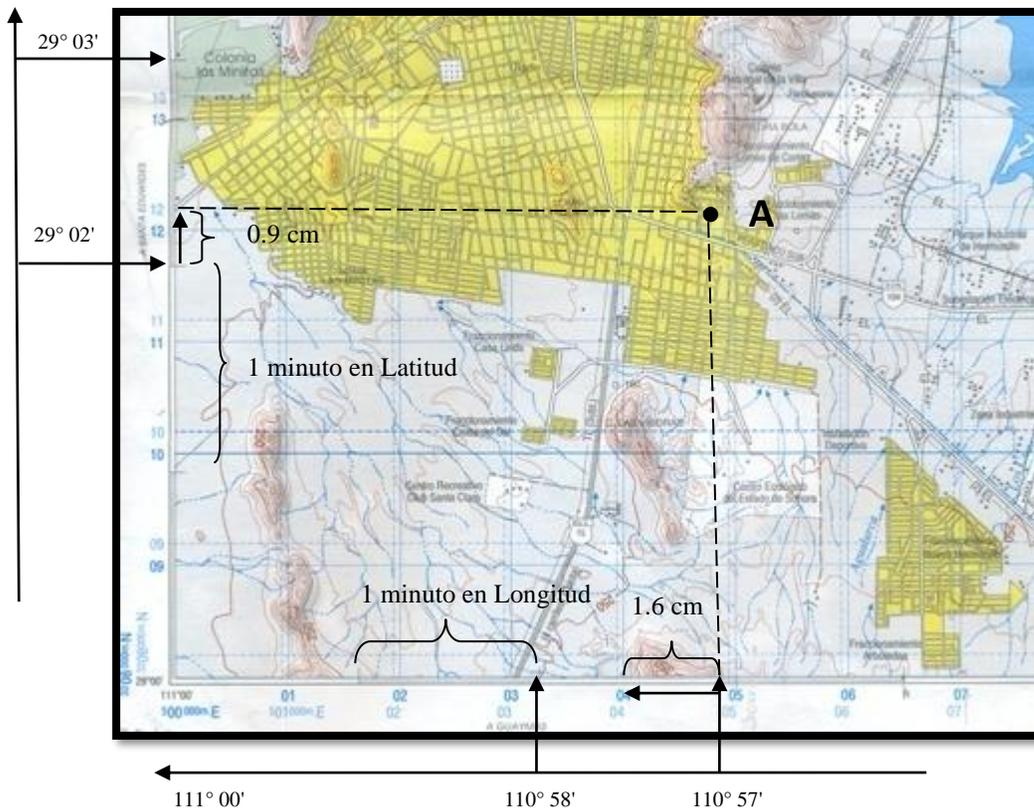
Un minuto de latitud en los mapas topográficos de escala 1:50,000 mide 3.7 cm, entonces tenemos que:

1 minuto = 3.7 cm y 1 min = 60 segundos, por regla de tres simple

60 seg \longrightarrow 3.7 cm

15 seg \longrightarrow X despejo $X = (3.7 \text{ cm} \times 15 \text{ seg}) / 60 \text{ seg} = 0.92 \text{ cm}$

Esta distancia se mide desde la latitud $29^{\circ} 02'$ hacia el norte



Para la Longitud

Un minuto de longitud en el mapa topográfico de escala 1:50,000 mide 3.2 cm, entonces tenemos que:

1 minuto = 3.2 cm y 1 min = 60 segundos, por regla de tres simple

60 seg \rightarrow 3.2 cm

30 seg \rightarrow X despejo $X = (3.2 \text{ cm} \times 30 \text{ seg}) / 60 \text{ seg} = 1.6 \text{ cm}$

Esta distancia se mide desde la latitud 110° 57' hacia el oeste

La intersección de las proyecciones de la latitud y longitud (punto A de la figura anterior) es donde se encuentra el punto con las coordenadas geográficas dadas.

2.2 PROYECCIONES GEOGRÁFICAS

La proyección geográfica es un sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla.

Siempre que se intenta representar a la Tierra, la cual tiene una forma aproximadamente esférica, sobre un plano, resulta obvio que es imposible hacerlo sin distorsión debido a la curvatura de la Tierra, por ejemplo, si se tomara la mitad de una cáscara de naranja y se intentara estirla o aplanarla, los bordes se romperían.

Para resolver el problema, se utiliza un sistema que relaciona los puntos sobre la superficie de la Tierra y los puntos dibujados sobre el mapa. A este sistema se le conoce con el nombre de proyección.

Proyecciones cartográficas es una representación de parte o de toda la superficie curva de la Tierra a coordenadas rectangulares planas, mediante la proyección de sus puntos desde un esferoide a una superficie de proyección, que es la de un sólido geométrico, susceptible de ser extendida y dibujada sobre un plano, sin que haya distorsión de la forma o el tamaño.

2.2.1 Clasificación de las Proyecciones

Existen muchos tipos de proyecciones, cada proyección representa mejor unas zonas de la Tierra que otras, pero ninguna nos da una imagen exacta. Aunque la clasificación de las proyecciones es compleja, normalmente se establecen en función:

- a) De la deformación que corrige
- b) De la superficie geométrica a desarrollar
- c) Del punto focal

a) Proyecciones según la deformación que corrige

Toda proyección introduce deformaciones ya que es imposible transformar una superficie curva en plana sin hacerlo; las deformaciones pueden ser angulares, lineales o de área. Dependiendo del uso que se le vaya a dar al mapa, se tratará de eliminar alguna de las deformaciones antes mencionadas usando los siguientes tipos de proyecciones:

a.1) Proyección conforme: La característica de estas proyecciones es la conservación diferencial de los ángulos. Característica que puede identificarse al

observar que las líneas de gradícula se interceptan a 90° , aún a costa de distorsionar las líneas que unen dos puntos. Una consecuencia directa de lo anterior es que la superficie de cualquier polígono se distorsiona en dicho proceso.

a.2) Proyección equidistante: En este tipo de proyección las distancias entre puntos seleccionados se conservan sin deformación, en términos prácticos significa que el factor de escala es igual a la unidad.

a.3) Proyección equivalente: En este tipo de proyección se conservan las superficies del área representada, la escala será constante a lo largo de cualquier dirección, ya que la variación de la escala en una dirección compensa el cambio en otra dirección, por lo que no se alteran las áreas comprendidas entre los meridianos y los paralelos.

b) Clasificación de las proyecciones por tipo de superficie geométrica a desarrollar

En resumen se puede decir que se utilizan como superficie de representación el plano, el cono, el cilindro y otros. De lo anterior la clasificación resultante es la siguiente:

b.1) Proyecciones Cónicas

b.2) Proyecciones Cilíndricas

b.3) Proyecciones Planas

b.4) Proyecciones Modificadas o Convencionales

b.1 Proyecciones Cónicas

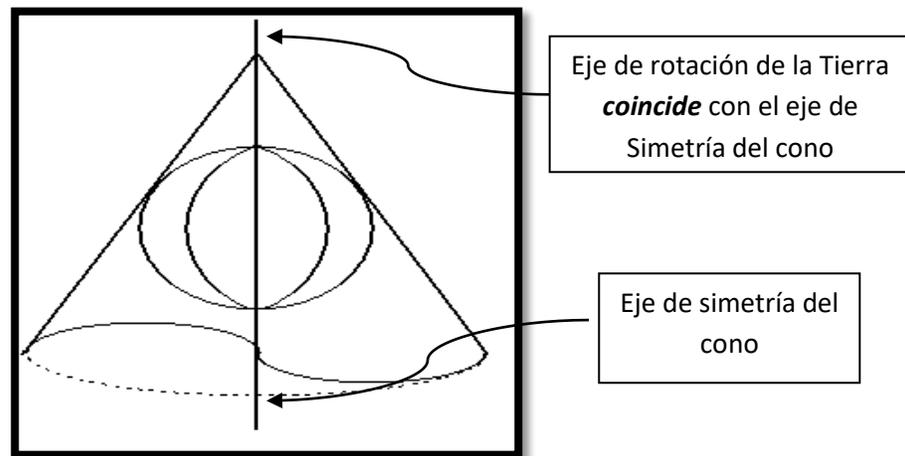
Son aquellas en donde la superficie de referencia es el cono, y dependiendo de la posición del cono con respecto al eje de rotación de la Tierra se dividen en:

b.1.1 Proyección Cónica Normal o Directa

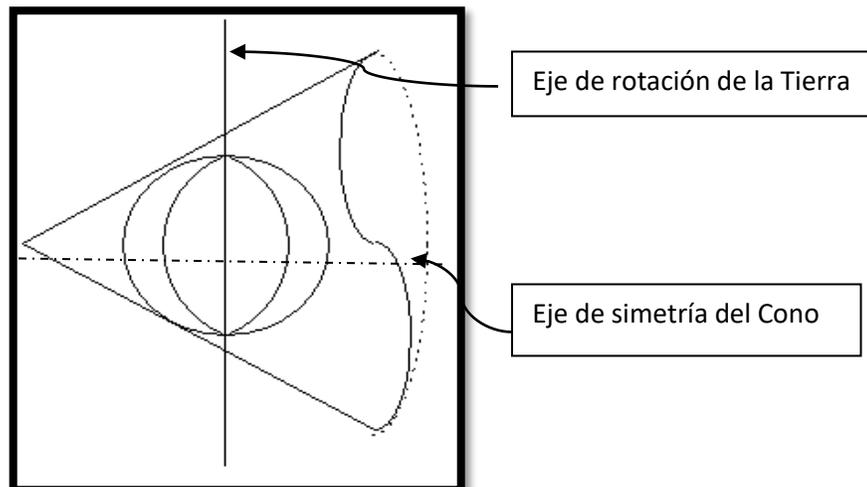
b.1.2 Proyección Cónica Transversa

b.1.3 Proyección Cónica Oblicua

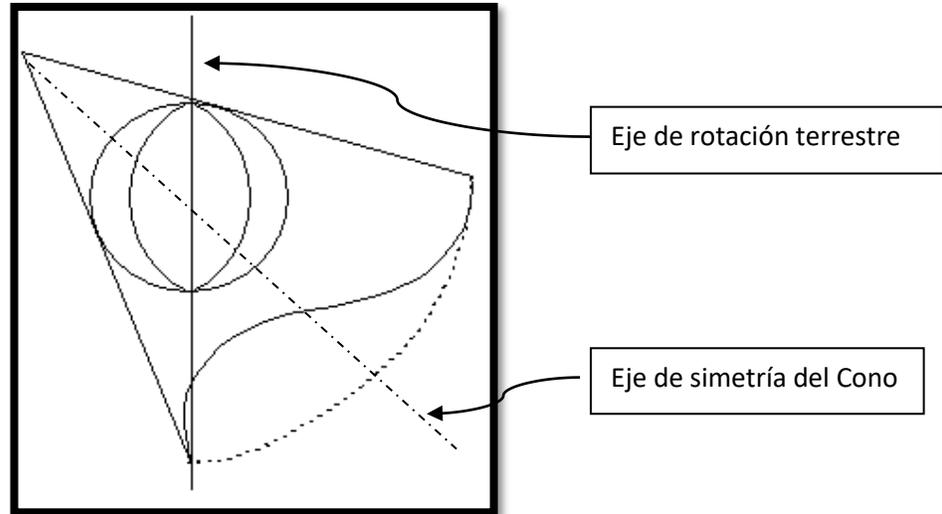
b.1.4 Tipos de Proyecciones Cónicas



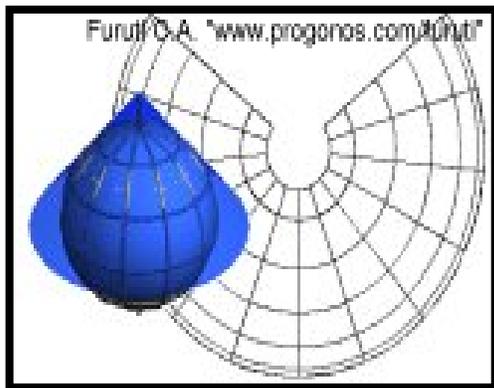
b.1.1. Proyección Cónica Normal o Directa: Los meridianos resultan rectas concurrentes en un punto, y los paralelos se transforman en arcos de circunferencia cuyo centro es el punto de concurrencia de los meridianos.



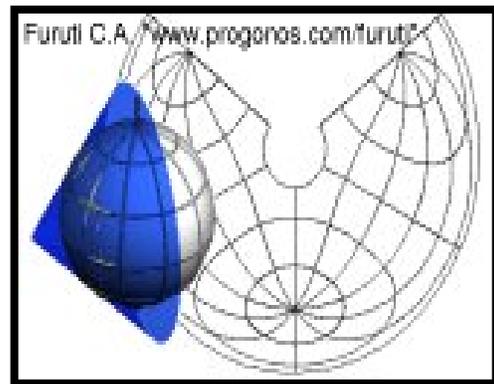
b.1.2 Proyección Cónica Transversa: Cuando el eje de simetría del cuerpo de referencia forma un ángulo recto con respecto al eje de rotación de la Tierra.



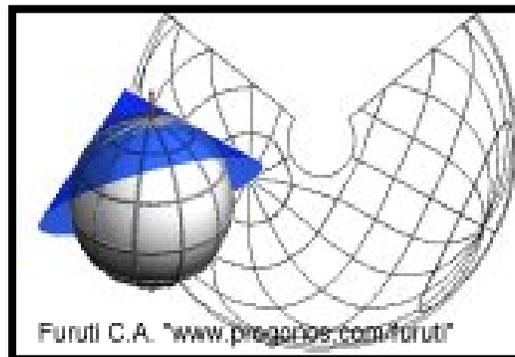
b.1.3 Proyección Cónica Oblicua: Cuando el eje de simetría del cono se encuentra en una posición distinta a las anteriores.



Proyección Cónica Normal



Proyección Cónica Transversa



Proyección Cónica Oblicua

b.1.4 Tipos de Proyecciones Cónicas

b.1.4.1 Proyección Cónica Simple

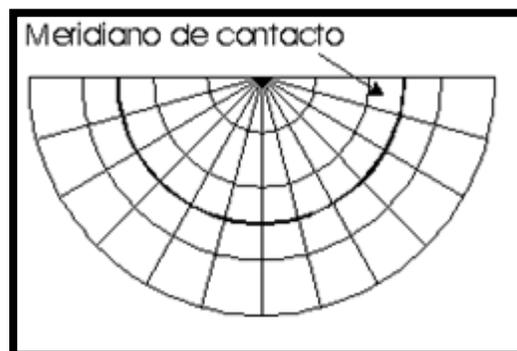
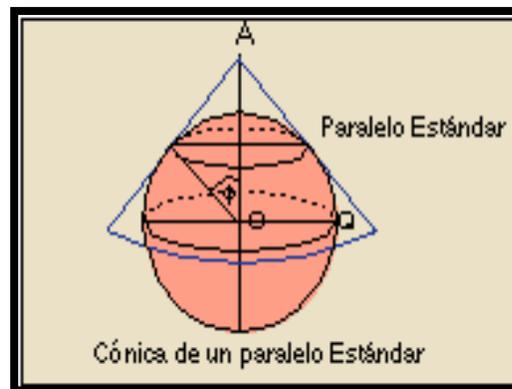
b.1.4.2 Proyección Cónica Múltiple

b.1.4.3 Proyección Cónica Conforme de Lambert

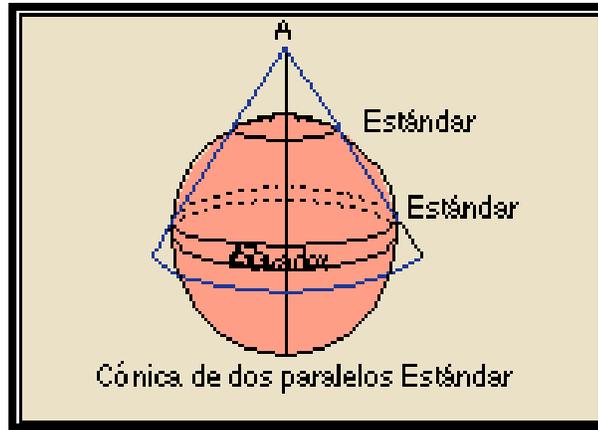
b.1.4.1 La *proyección cónica simple* puede tener uno o dos paralelos de referencia o puntos de contacto con la esfera terrestre.

Si tiene un paralelo de referencia, la malla de meridianos y paralelos se dibuja proyectándolos sobre el cono suponiendo un foco de luz que se encuentra en el centro del globo.

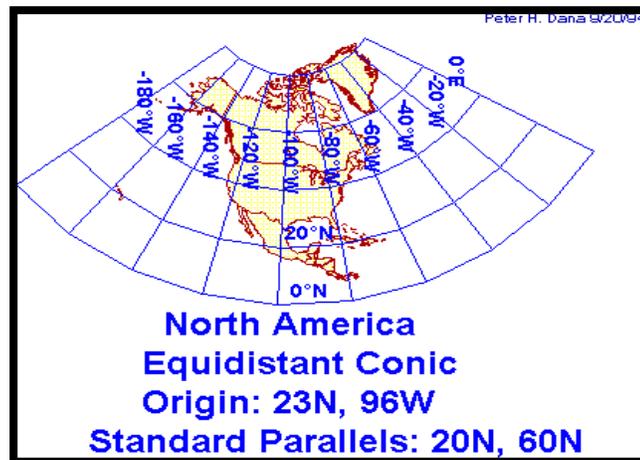
El resultado es un mapa semicircular en el que los meridianos son líneas rectas dispuestas radialmente y los paralelos arcos de círculos concéntricos.



Proyecciones Cónicas Simple con un paralelo de referencia



Proyecciones Cónicas Simple con dos paralelos de referencia



Proyección Cónica de igual distancia de Albers dos paralelos de referencia

b.1.4.2 La Proyección Cónica Múltiple

Consiste en utilizar no un cono, sino varios superpuestos. El resultado es un mapa dividido en franjas. También el Ecuador es una línea recta, perpendicular al meridiano central. Los demás paralelos son arcos concéntricos.

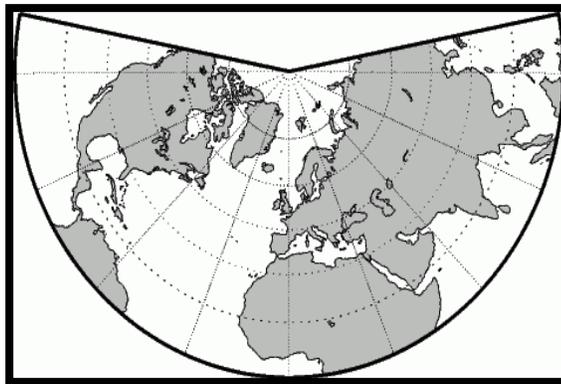
Esta proyección ni es conforme ni conserva las áreas, pero en la zona central las variaciones de escala son mínimas.

b.1.4.3 Proyección Cónica Conforme de Lambert

En esta proyección el área y la forma se distorsionan al alejarse de los paralelos estándar. Es usada para mapas para la navegación aérea en Norte América.

En esencia, la proyección superpone un cono sobre la esfera de la Tierra, con dos paralelos de referencia secantes al globo e interceptándolo. Esto minimiza la distorsión proveniente proyectar una superficie tridimensional a una bidimensional. La distorsión es mínima a lo largo de los paralelos de referencia, y se incrementa fuera de los paralelos elegidos. Como el nombre lo indica, esta proyección es conforme.

Sobre la base de la proyección cónica simple con dos meridianos de referencia Lambert ajustó matemáticamente la distancia ente paralelos para crear un mapa conforme. Como los meridianos son líneas rectas y los paralelos arcos de círculo concéntricos las diferentes hojas encajan perfectamente.



Proyección Cónica Conforme de Lambert

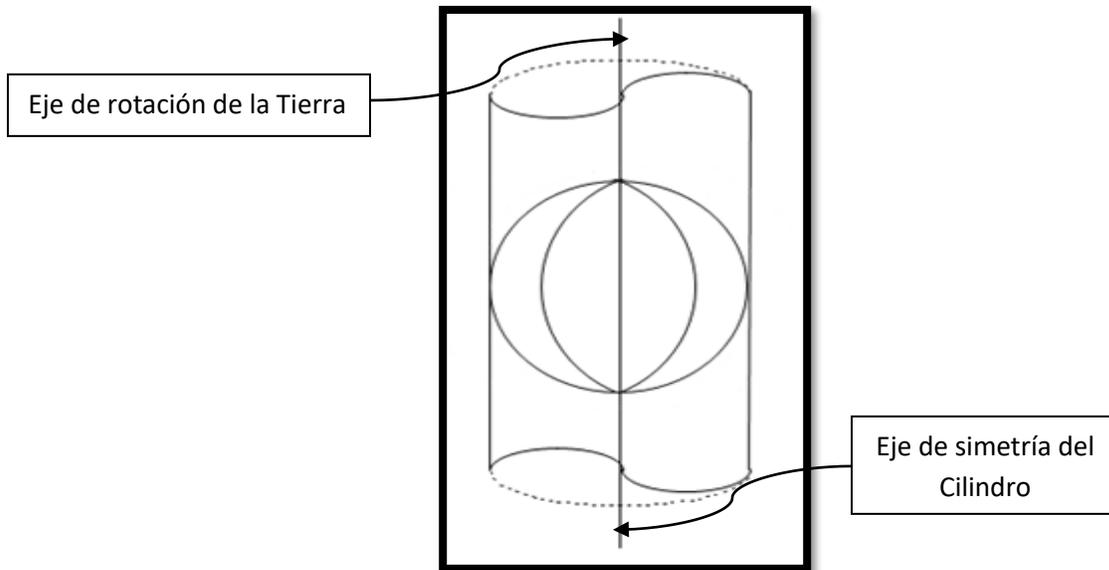
b.2) Proyecciones Cilíndricas

Son aquellas donde se utiliza al cilindro como superficie de proyección y pueden ser secantes o tangentes según los puntos de contacto. En ésta se debe considerar la posición de la superficie de referencia con respecto al eje de rotación de la tierra, teniéndose así:

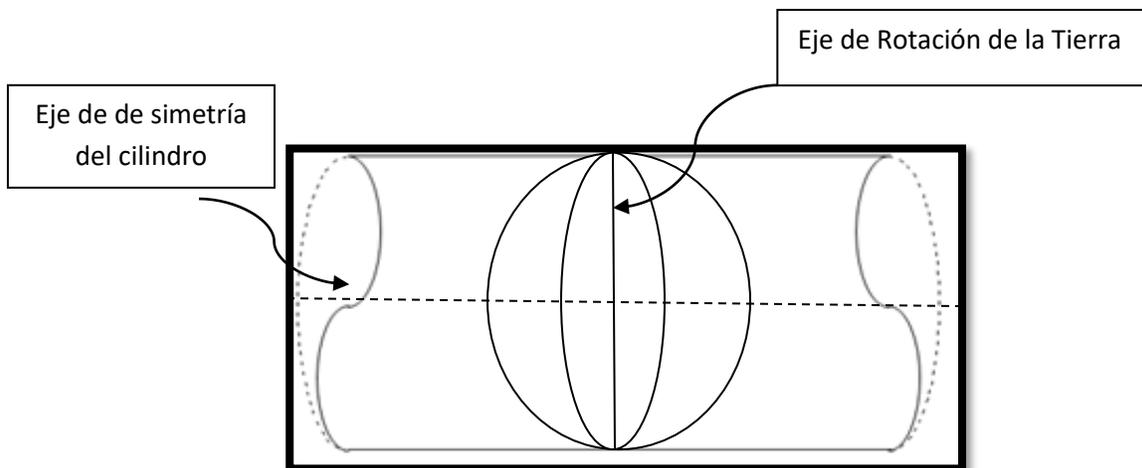
b.2.1 Proyección Cilíndrica Normal o Directa

b.2.2 Proyección Cilíndrica Transversa

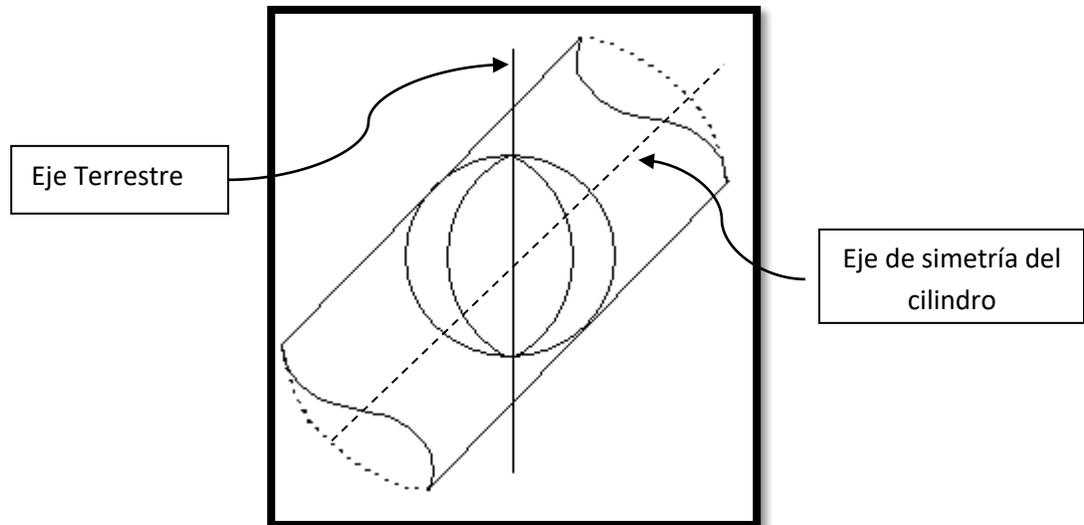
b.2.3 Proyección Cilíndrica Oblicua



b.2.1 Proyección Cilíndrica Normal o Directa: Normal:- cuando el eje del cilindro coincide con el eje de rotación de la Tierra. También se le llama Polar o Ecuatorial.

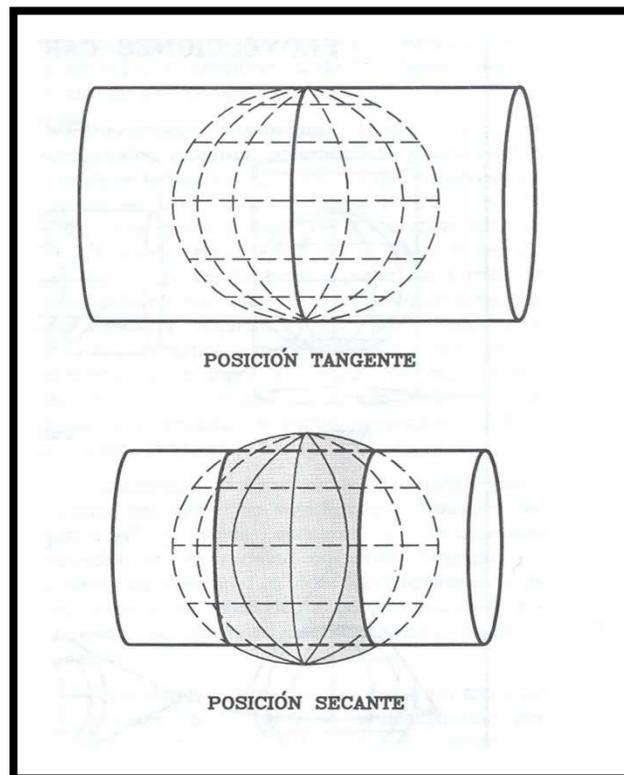


b.2.2 Proyección Cilíndrica Transversa: cuando el eje de simetría del cuerpo de referencia forma un ángulo recto con respecto al eje de rotación terrestre.

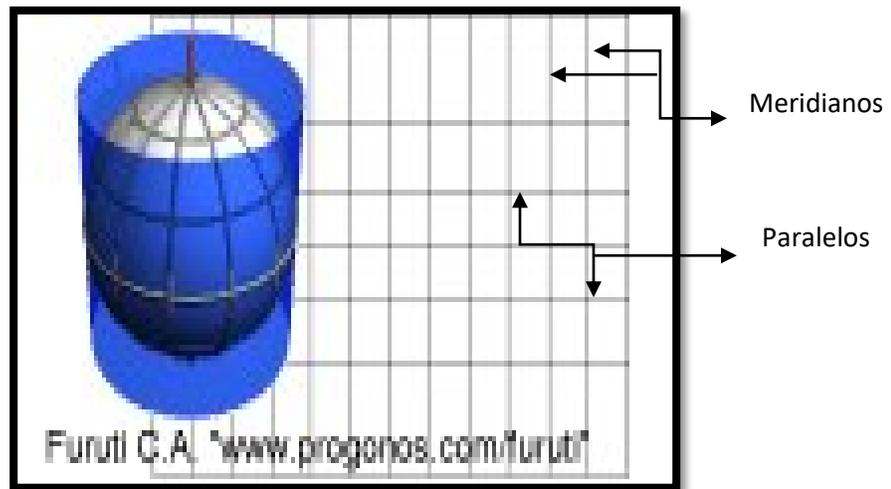


b.2.3 Proyección Cilíndrica Oblicua cuando el eje de simetría no se cumple ninguno de los dos casos anteriores.

La proyección cilíndrica puede ser tangente o secante, según la superficie de contacto del cilindro con el globo terrestre.



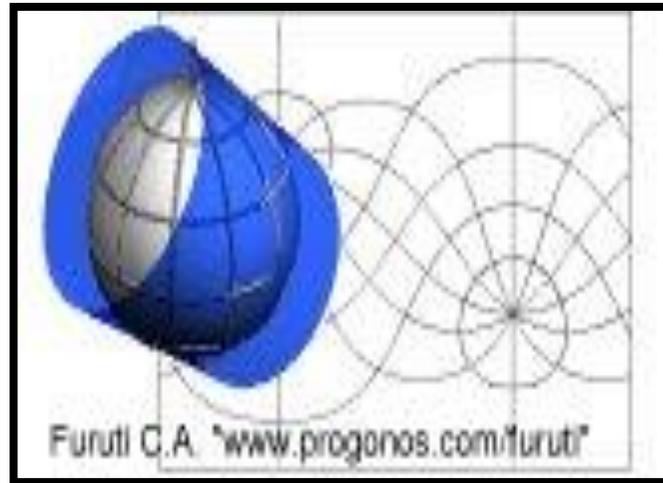
Proyección Cilíndrica en posición Tangente (Normal) los meridianos son representados por línea verticales paralelas y los paralelos por las líneas horizontales.



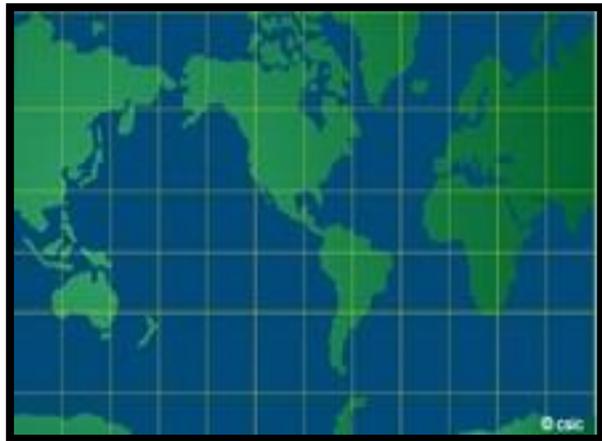
Proyección Cilíndrica en posición Tangente (Transversa)



Proyección Cilíndrica en posición Tangente (Oblicua)



La proyección de Mercator, es un tipo de proyección cilíndrica, que mantiene paralelos al eje terrestre y el del cilindro, permite representar toda la superficie terrestre y la deformación es mínima en la región ecuatorial, siendo muy útil para la navegación, pues permite trazar rumbos como rectas que cortan a los meridianos con igual ángulo.



b.3) Proyecciones Planas o Acimutal

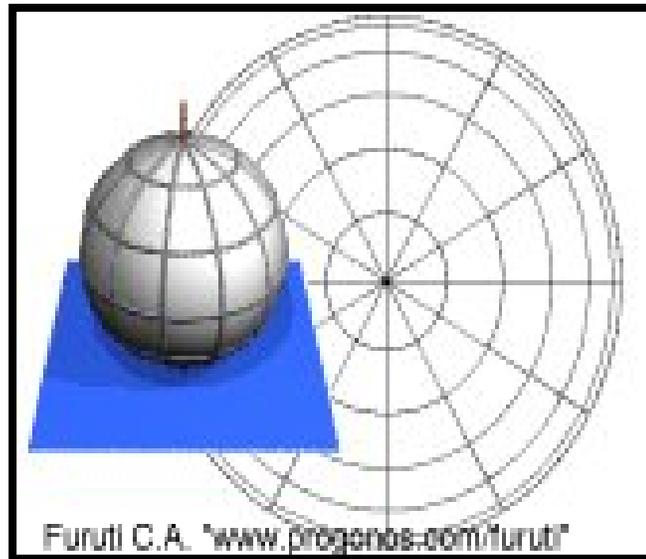
Son aquellas donde la superficie de referencia es el plano y los tipos de proyección podrán ser:

b.3.1 Polar

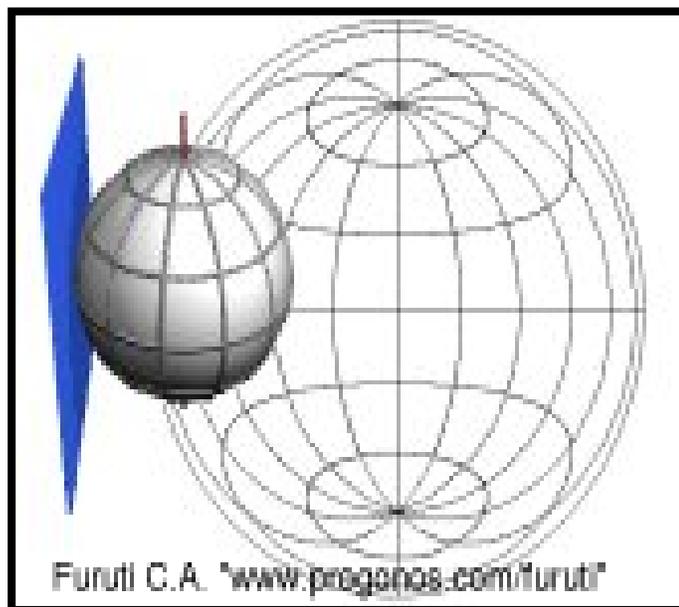
b.3.2 Ecuatorial o Transversa

b.3.3 Oblicua

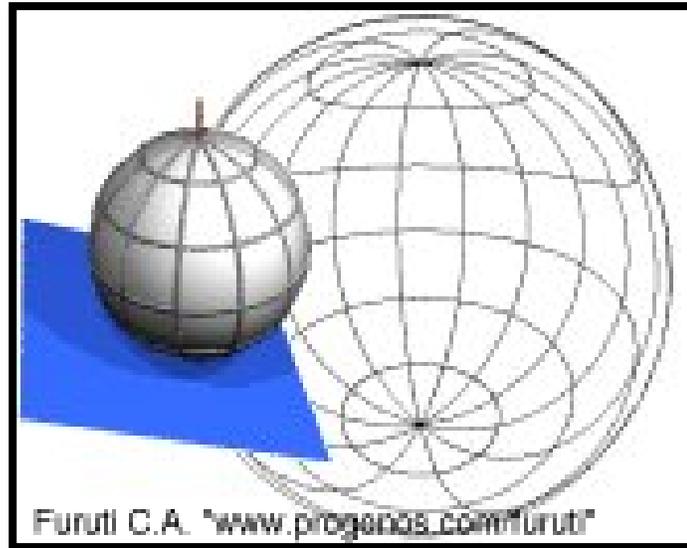
b.3.1 Proyección Acimutal Polar, cuando se considera el plano del horizonte de un lugar de la Tierra y por punto de vista el extremo del diámetro que pasa por él. También se le conoce con el nombre de proyección Horizontal o Cenital.



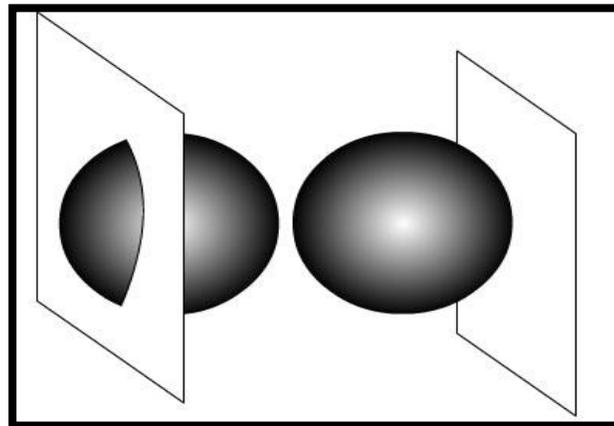
b.3.2 Proyección Acimutal Ecuatorial o Transversa, si es paralela al Ecuador y el punto de vista está en el Polo.



b.3.3 Proyección Acimutal Oblicua si fuese paralela a un meridiano y el centro de proyección está en el Ecuador

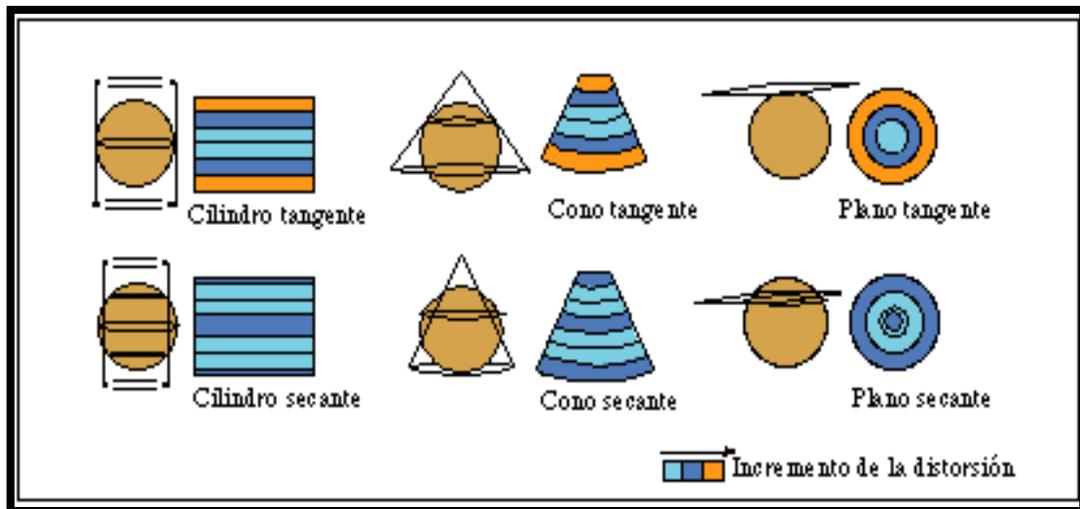


También las proyecciones acimutales pueden tener un o dos puntos de contacto, es decir pueden ser, tangente y secante a los planos de proyección.



Secante

Tangente



Todos los tipos de proyecciones tienen ventajas o desventajas y su distorsión depende del tipo de proyección.

b.4) Proyecciones Modificadas o Convencionales

En la actualidad la mayoría de los mapas se hacen a base de proyecciones modificadas o combinadas a veces con varios puntos focales a fin de corregir en lo posible las distorsiones en ciertas áreas seleccionadas aun cuando se produzcan otras nuevas en lugares a los que se concede importancia secundaria, como son por lo general las grandes extensiones de mar. Entre las más usuales figuran la proyección policónica de Lambert, utilizada para fines educativos, y los mapamundis elaborados según la de Mollweide, que tiene forma de elipse y menores distorsiones.

c) Clasificación de las proyecciones según el Punto Focal

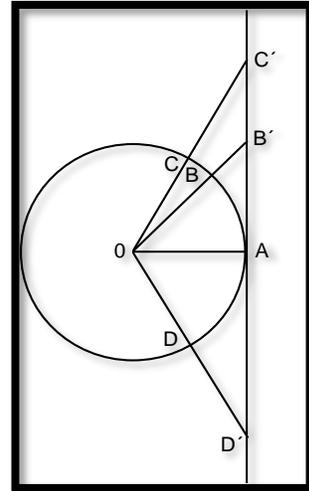
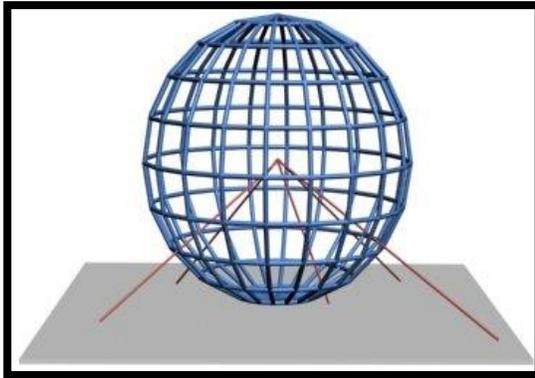
Otro elemento que se debe considerar en el desarrollo de un sistema de proyección, es el punto de vista desde el cual vamos a proyectar los elementos de la superficie terrestre a la superficie plana y puede ser:

- c.1 Proyección Central o Gnomónica*
- c.2 Proyección Estereográfica*
- c.3 Proyección Escenográficas*
- c.4 Proyección Ortográfica*

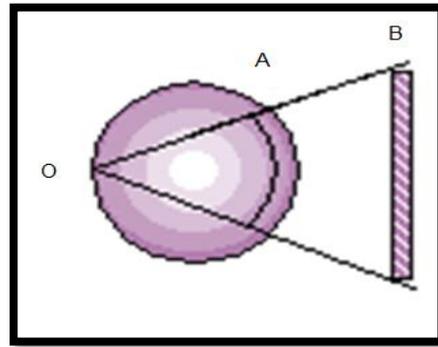
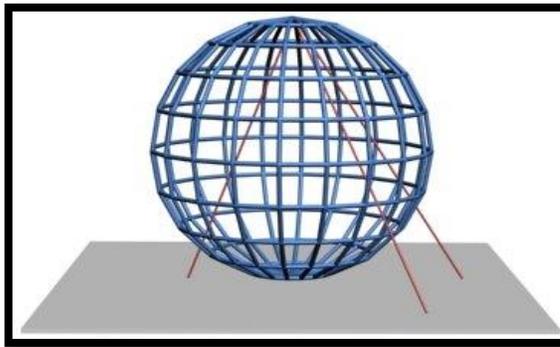
c.1 Central o Gnomónica: el punto de vista se encuentra en el centro de la Tierra; se puede proyectar mucho menos que un hemisferio, ya que al alejarnos de la mitad de la esfera, la deformación aumenta rápidamente.

O = punto de vista

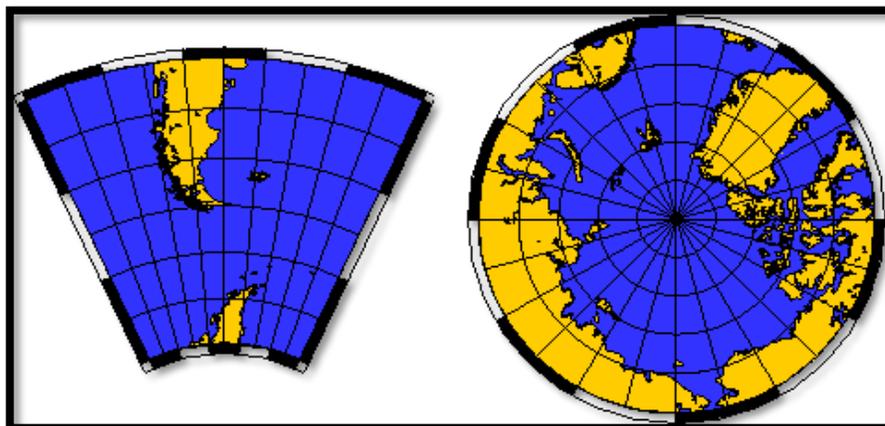
A = centro de proyección



c.2 *Proyección Estereográfica*: el punto de vista se encuentra diametralmente opuesto al punto de tangencia del plano de proyección.

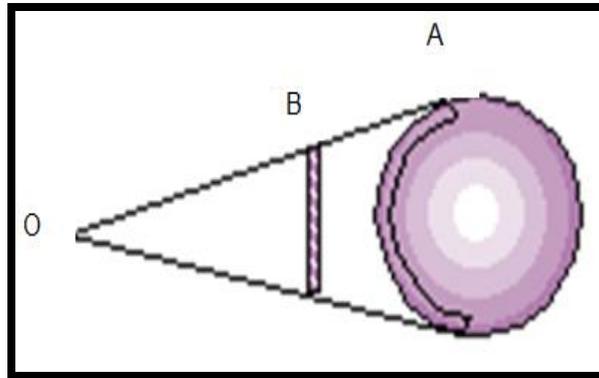


La superficie que puede representar en la proyección estereográfica es mayor que un hemisferio. El rasgo más característico es que la escala aumenta a medida que nos alejamos del centro.

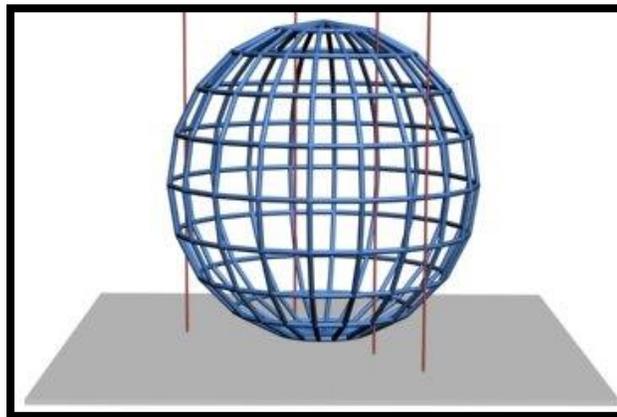


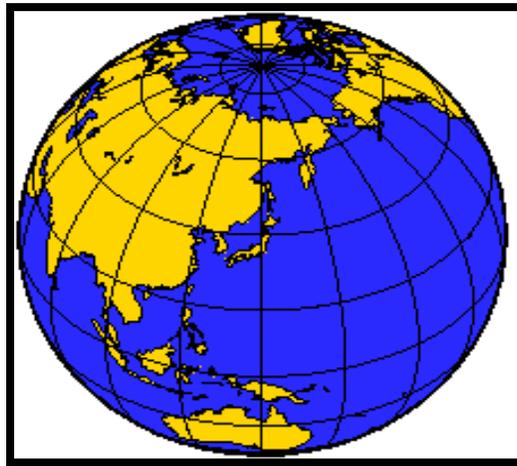
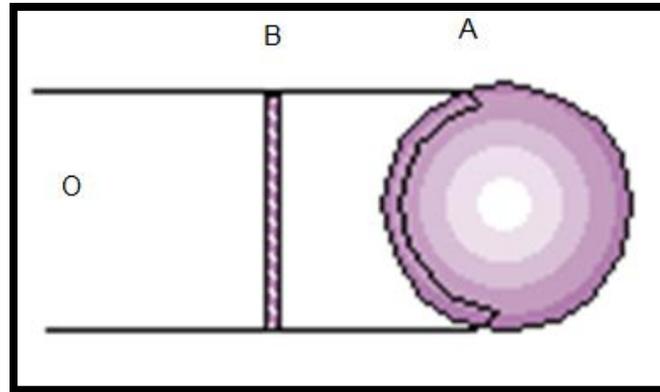
La proyección estereográfica polar, los meridianos son líneas rectas; en la proyección ecuatorial sólo son líneas rectas el ecuador y el meridiano central.

c.3 Proyección Escenográficas: el punto de vista es un punto propio fuera de la esfera.

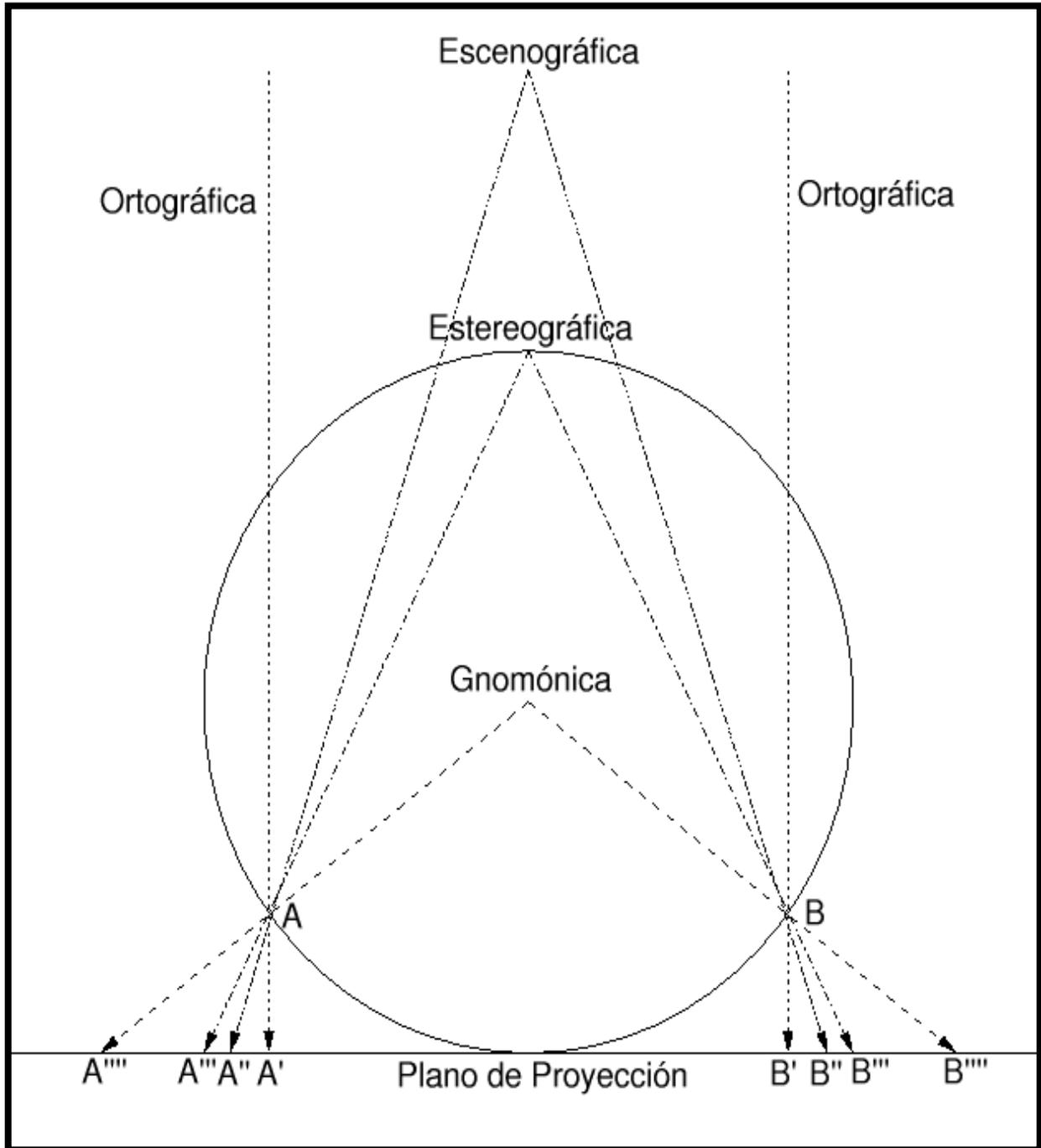


c.4 Proyección Ortográfica: el punto de vista se encuentra en el infinito. Esta proyección presenta una perspectiva tomada desde una distancia infinita. Se usa principalmente para presentar la apariencia que el globo terráqueo tiene desde el espacio.





En la proyección estereográfica, sólo un hemisferio se puede ver a un tiempo determinado. Esta proyección no es ni conforme ni posee áreas reales, e introduce muchísima distorsión cerca de los bordes del hemisferio. Las direcciones desde el centro de la proyección son verdaderas.



Proyecciones según el Punto Focal

2.3 COORDENADAS UNIVERSAL TRASVERSAL DE MERCATOR (UTM).

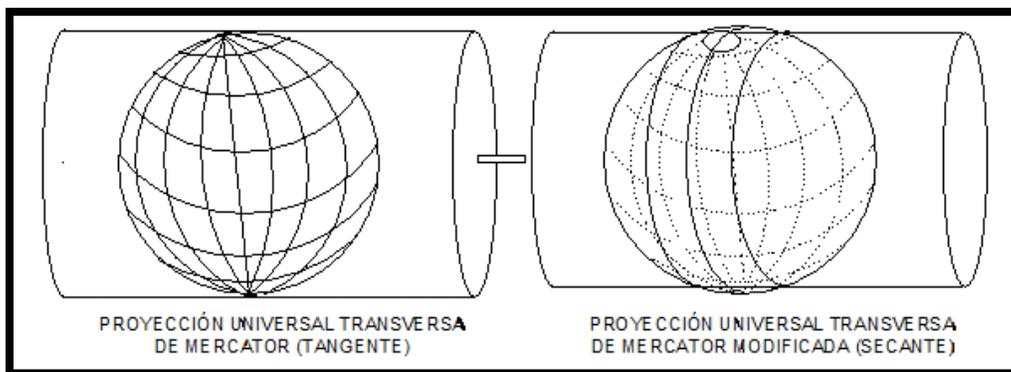
Este sistema de proyección geodésico ideado por Gerhard Kremer en 1569. El sistema es considerado como la proyección base de todos los países del pacto del Atlántico (OTAN). El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y las instituciones cartográficas en México y en la mayor parte de los países del mundo, utilizan esta proyección para elaborar los productos cartográficos a escalas 1:250 000, 1:50 000 y mayores, de ahí su nombre de Universal.

Es un sistema que se basa en la proyección de los elementos de la superficie terrestre, sobre un cilindro que la envuelve y cuyo eje es perpendicular (transverso) al eje terrestre (90°).

En esta proyección se conservan los ángulos de las coordenadas geográficas, al ser proyectadas sobre la cuadrícula regular (UTM) del cilindro al extenderse.

Es una proyección conforme, ya que conserva forma y ángulos. Fue modificada en su condición de tangente para convertirla en secante.

Las siguientes figuras esquematizan el cilindro envolvente en su condición tangente y secante.



El cilindro es secante, o sea que corta la superficie terrestre en dos puntos separados 6° , por lo que la representación total de la Tierra se obtiene girando este cilindro cada 6° de W a E, a modo de ir trazando, en la parte central del cilindro, cada una de las 60 zonas que resultan de la esfera terrestre (husos meridianos), esto significa que la proyección es compuesta, la esfera se representa en trozos, no entera. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son igual. Los meridianos se proyectan sobre el plano con una separación proporcional a la del modelo, así hay

2.3 COORDENADAS UNIVERSAL TRASVERSAL DE MERCATOR (UTM).

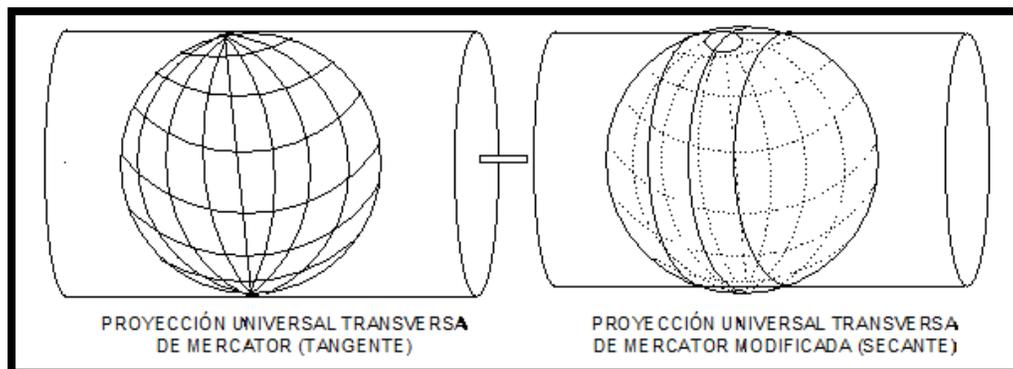
Este sistema de proyección geodésico ideado por Gerhard Kremer en 1569. El sistema es considerado como la proyección base de todos los países del pacto del Atlántico (OTAN). El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y las instituciones cartográficas en México y en la mayor parte de los países del mundo, utilizan esta proyección para elaborar los productos cartográficos a escalas 1:250 000, 1:50 000 y mayores, de ahí su nombre de Universal.

Es un sistema que se basa en la proyección de los elementos de la superficie terrestre, sobre un cilindro que la envuelve y cuyo eje es perpendicular (transverso) al eje terrestre (90°).

En esta proyección se conservan los ángulos de las coordenadas geográficas, al ser proyectadas sobre la cuadrícula regular (UTM) del cilindro al extenderse.

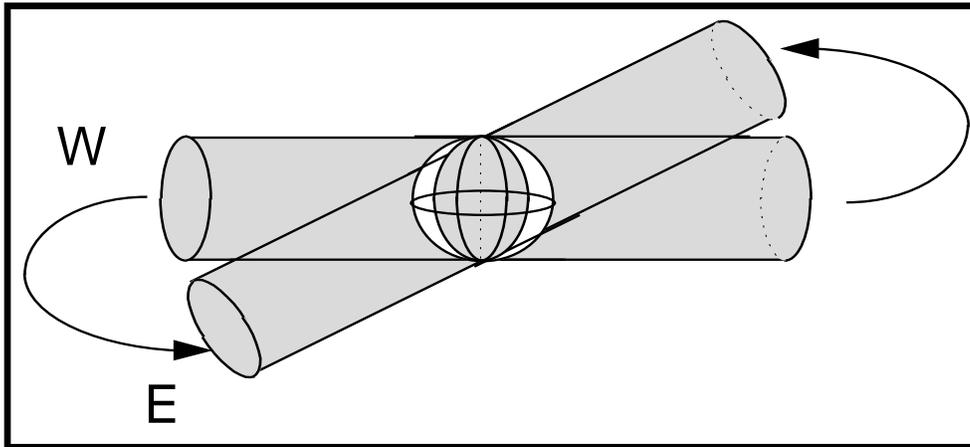
Es una proyección conforme, ya que conserva forma y ángulos. Fue modificada en su condición de tangente para convertirla en secante.

Las siguientes figuras esquematizan el cilindro envolvente en su condición tangente y secante.



El cilindro es secante, o sea que corta la superficie terrestre en dos puntos separados 6° , por lo que la representación total de la Tierra se obtiene girando este cilindro cada 6° de W a E, a modo de ir trazando, en la parte central del cilindro, cada una de las 60 zonas que resultan de la esfera terrestre (husos meridianos), esto significa que la proyección es compuesta, la esfera se representa en trozos, no entera. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son igual. 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 región entre los paralelos 84°N y 80°S



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 une 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 estándares. Sin embargo, en los límites de esas zonas, las distorsiones son mayores que en las zonas estándar.

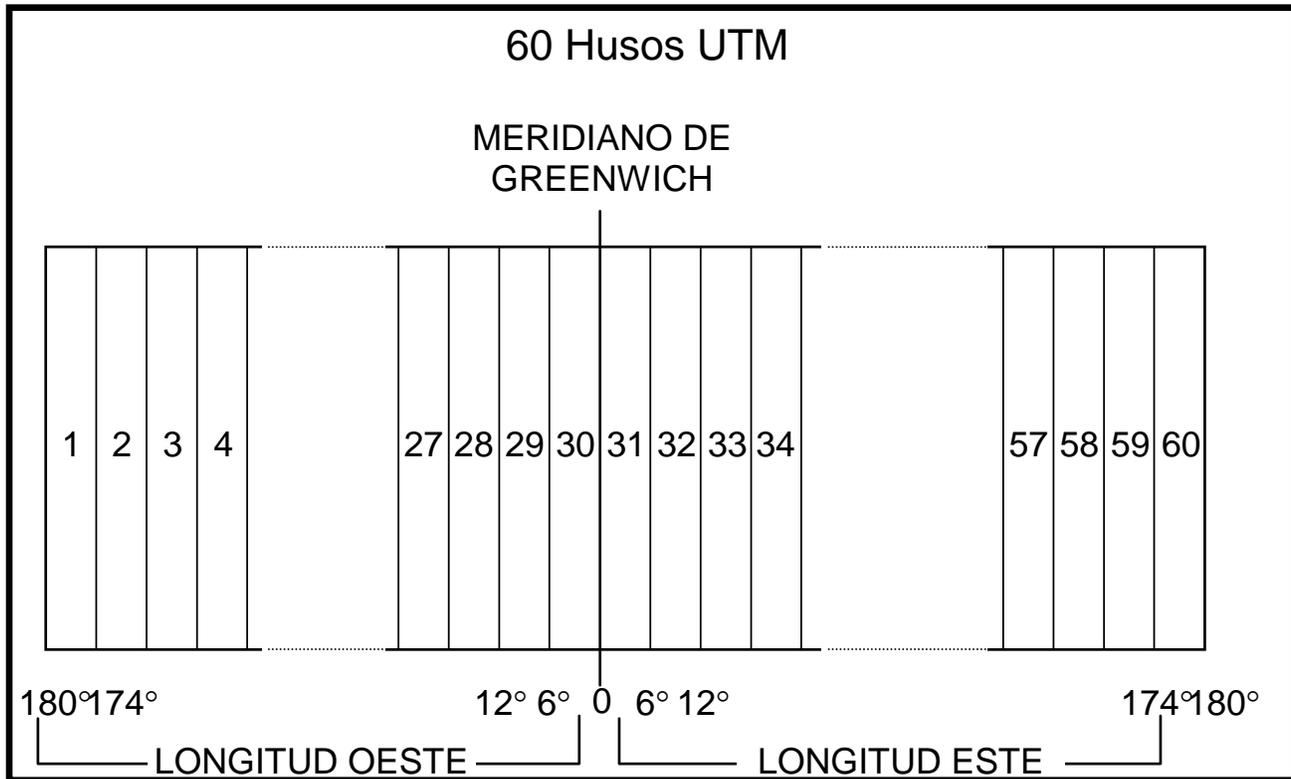
2.3.1 Husos UTM

La Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud, la zona de proyección de la UTM se define entre el paralelo 80° S y 84° N. Cada huso se numera con un número entre el 1 y el 60, estando el primer huso limitado entre las longitudes 180° y 174° W y centrado en el meridiano 177° 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.

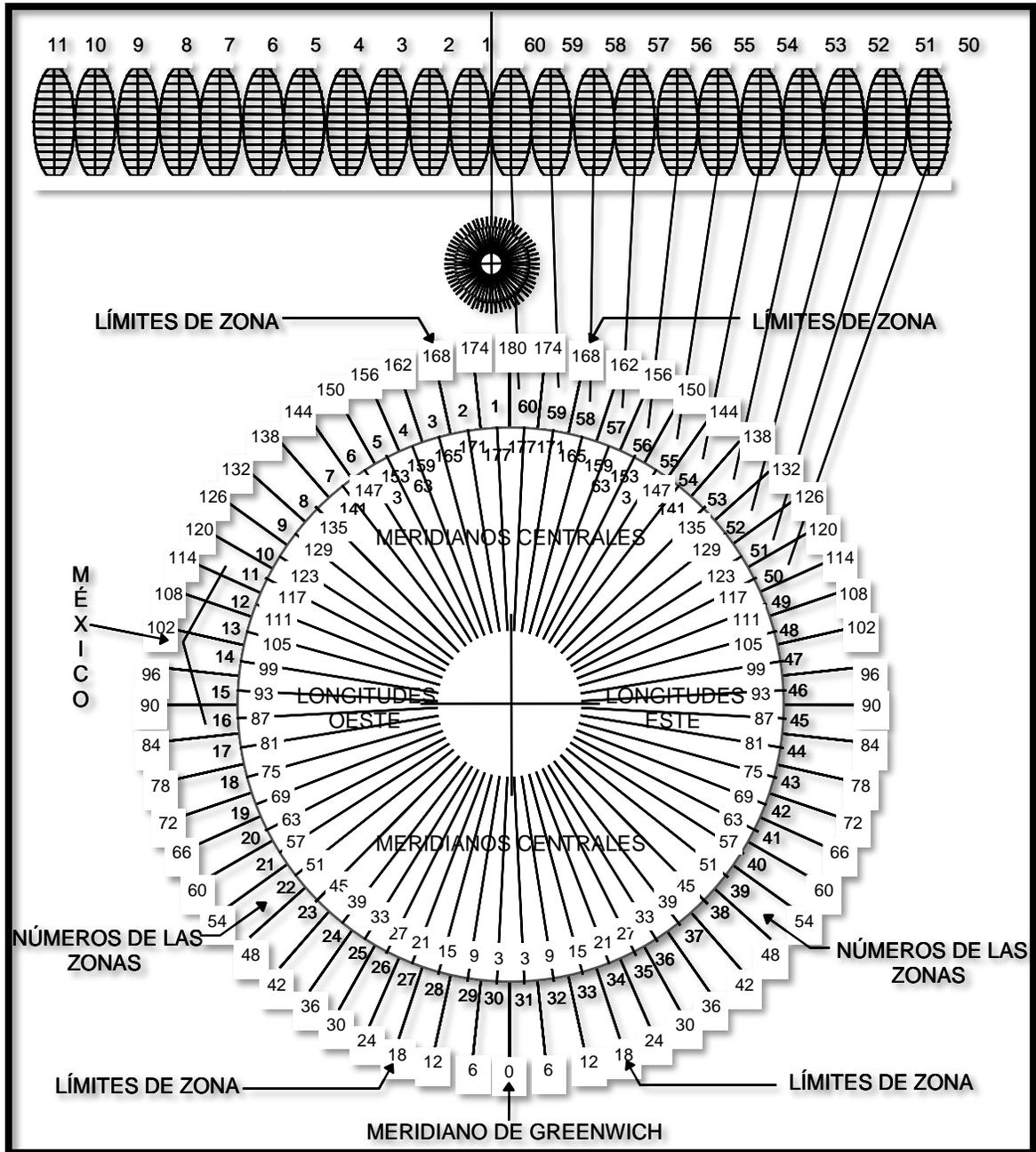
Por ejemplo, la República mexicana está situada en los husos 11 al 16 y sus meridianos centrales al oeste de Greenwich de: 87°, 93°, 99°, 105°, 111° y 117°.

En el sistema de coordenadas geográfico, las longitudes se representan tradicionalmente con valores que van desde los -180° hasta casi 180° (intervalo $-180^{\circ}, 180^{\circ}$); el valor de longitud 180° no se corresponde con el huso UTM 60, sino con el 1, porque en ese sistema 180° equivale a -180° .

Existen también 60 zonas de cuadrícula UTM, las cuales conservan la numeración y secuencia de los husos de 6° representados en ellas.



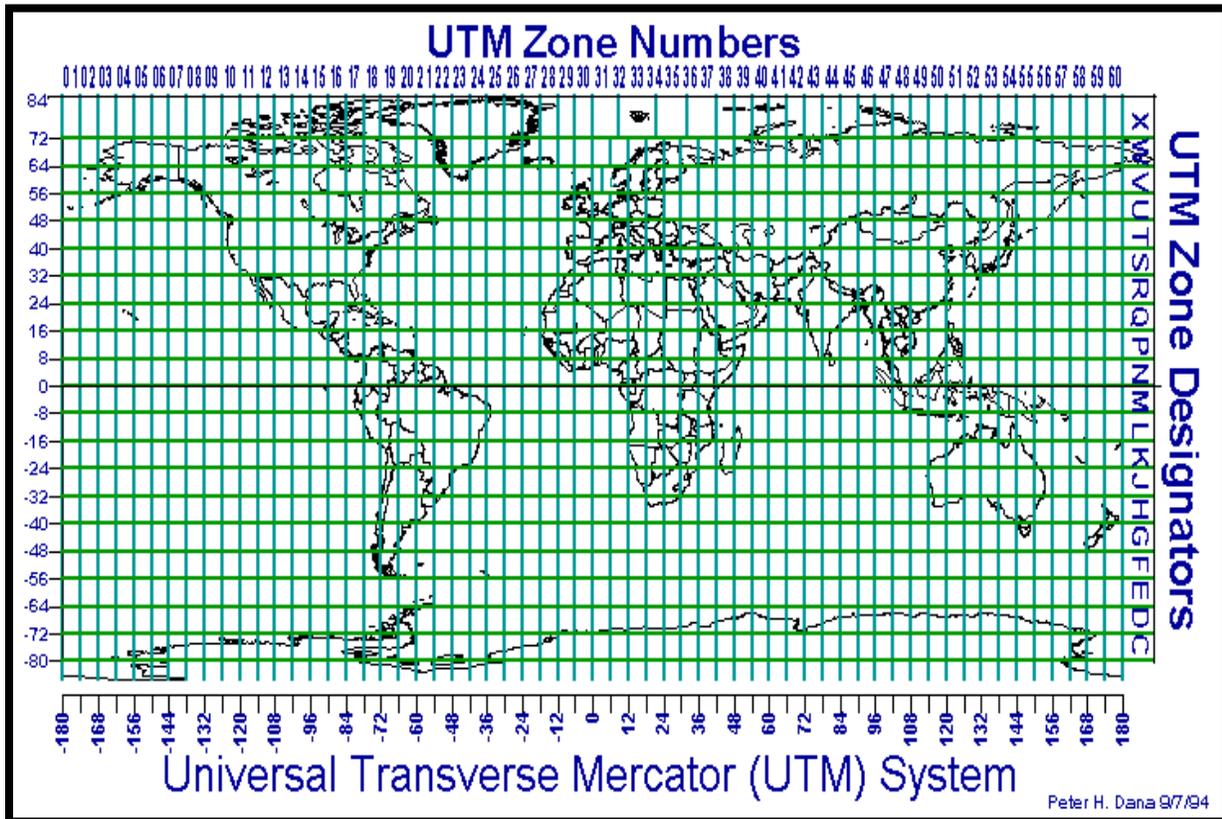
La siguiente figura muestra las 60 zonas en que se divide la Tierra para los fines de esta proyección, los meridianos que las limitan, sus meridianos centrales y su posición con respecto al meridiano de Greenwich.



TODAS LAS ZONAS DE 1 HASTA 60 EN EL SISTEMA UTM SON IGUALES

2.3.2 Zonas UTM

Se divide la Tierra en 20 zonas de 8° 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 80° S (0 -80° latitud) hasta 72° S (0 -72° 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".



El cilindro al extenderse origina una cuadrícula de líneas horizontales y verticales, uniformemente espaciadas formando cuadros perfectos, sobre la cual se proyectan los husos meridianos de la esfera terrestre.

El origen de las medidas en cada zona de la cuadrícula UTM es el Ecuador y el Meridiano Central en cada una.

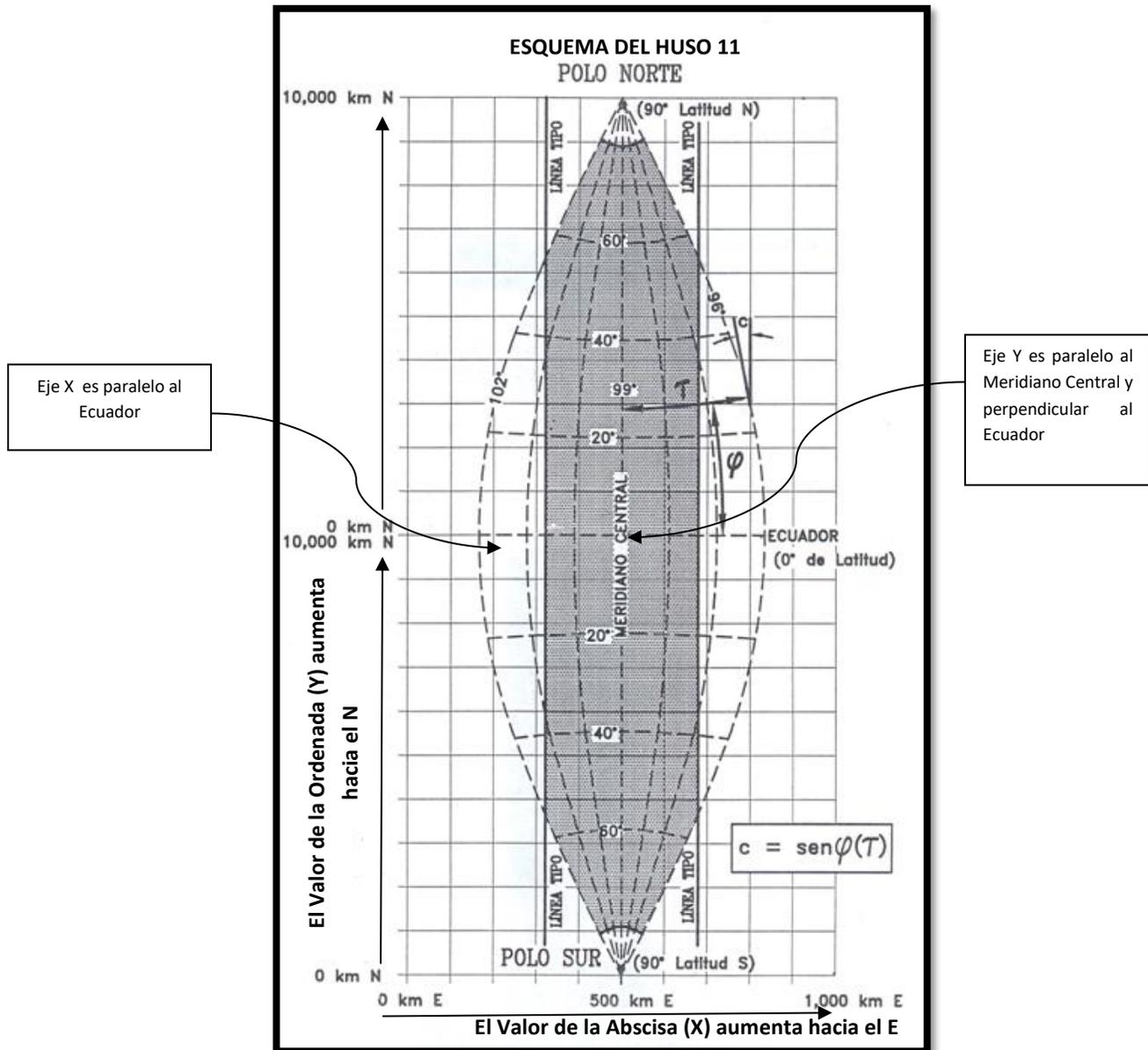
El origen de las ordenadas es el Ecuador con un valor de 0 metros para el Hemisferio Norte y de 10,000 km. para el Hemisferio Sur.

El meridiano central de cada zona, coincide exactamente con la línea de cuadrícula.

A la línea de la cuadrícula que coincide exactamente con el meridiano central, se le asigna un valor convencional de 500,000 metros.

Para determinar el valor cuadricular de un punto a la derecha del meridiano central, se suma a 500,000 la distancia en metros entre ambos, si el punto está a la izquierda, se le resta a 500,000 la distancia entre el punto y el meridiano central.

El meridiano central es constante e igual a 0.9996.

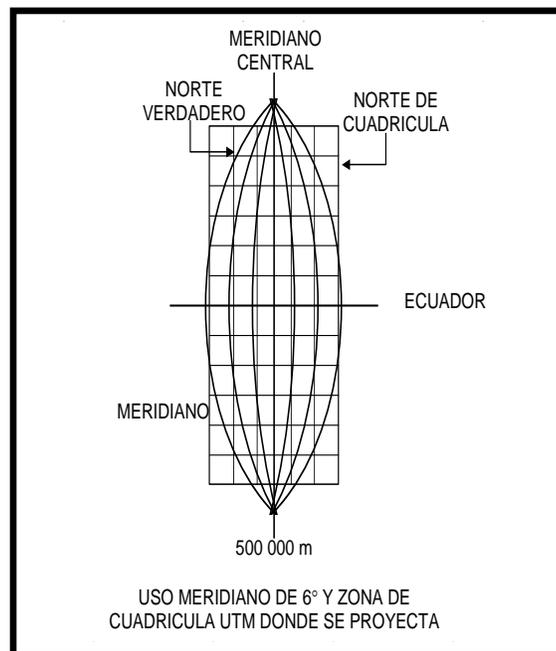


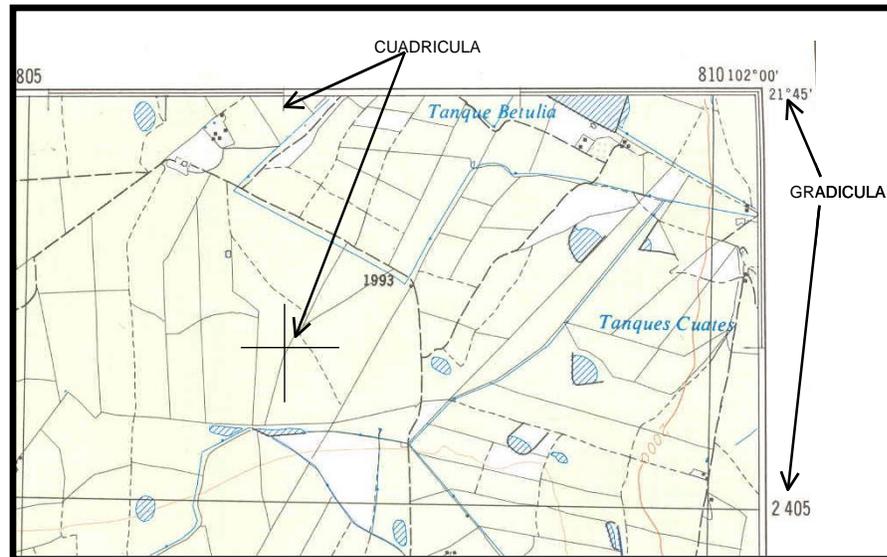
En este sistema se sobreponen entonces dos tipos de canevas o redes

- La geográfica compuesta de paralelos y meridianos, representada en la cartografía por la gradícula, mediante la cual obtenemos longitud y latitud de un lugar.
- La cuadrícula regular originada por el cilindro al extenderse.

La latitud y longitud se aplican a un sistema de mensuración angular esférica, cuyas unidades son los grados, minutos y segundos.

El término cuadrícula se aplica a un sistema de mensuración de coordenadas cartesianas X, Y (abscisas y ordenadas) para medir superficies planas cuya unidad de medida es el metro.





2.3.3 Convergencia de Cuadrícula

Es el ángulo que forman los meridianos y las rectas verticales de las abscisas de las cuadrículas UTM.

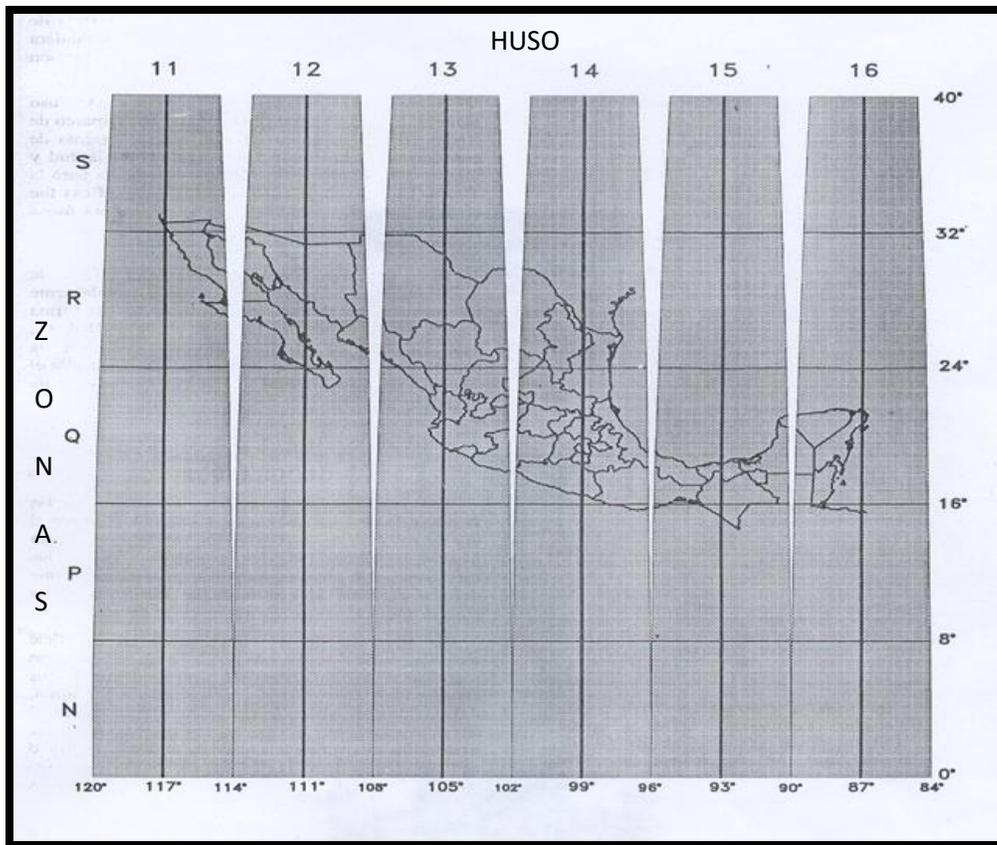
En las cartas topográficas 1:50,000 de INEGI, el área representada en cada carta topográfica está delimitada por paralelos y meridianos por lo cual sus dimensiones son de 15' x 20', y sus dimensiones en centímetros son ligeramente mayores en el límite inferior que en el superior, debido a la convergencia de los meridianos.

2.3.4 Notación

Cada cuadrícula UTM se define mediante el número del huso y la letra de la Zona, por ejemplo la ciudad de México se encuentra en la cuadrícula 14Q, y Chihuahua en la 13R.

De acuerdo a las distintas escalas de representación INEGI procura que el formato de las cartas sea uniforme y en un área menor de 1m².

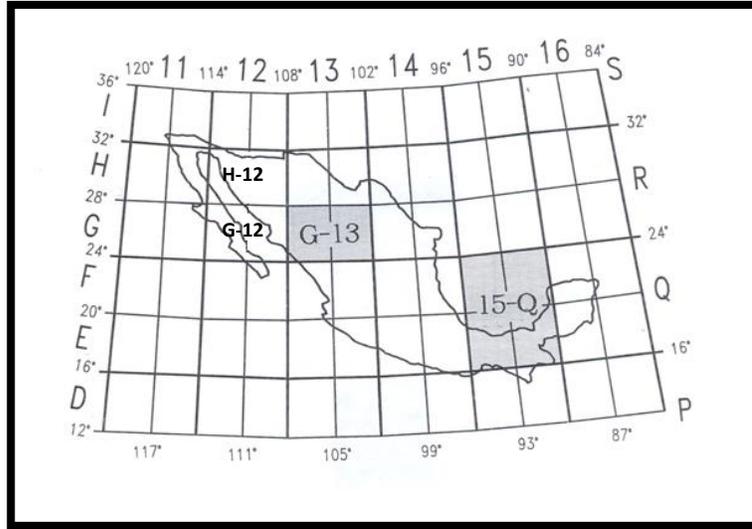
Para la esc. 1:1,000,000 cada huso es dividido en 8° de latitud a las que se les identifica con letras consecutivas:



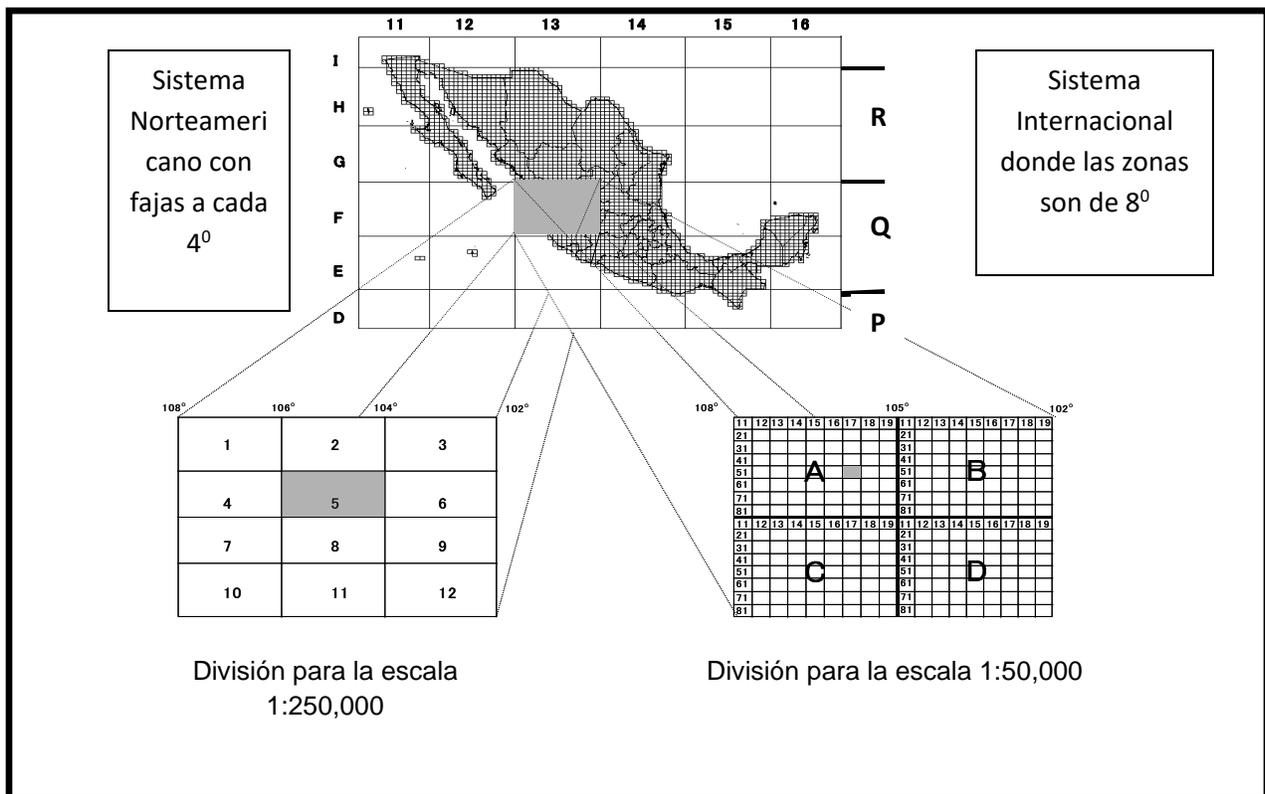
En el Sistema Internacional las zonas miden 8° , los husos comprendidos en la República Mexicana son 11,12,13,14,15 y 16 cuyas zonas corresponden a N,P,Q,R y S que se identifican por una clave alfanumérica: **Número** de huso - **Letra** de la Zona, ejemplo para el Estado de Sonora es: 12R

Para el Sistema Norteamericano cada zona del Sistema Internacional se divide en fajas de 4° teniendo como resultado las fajas D, F, G, H, I para la República Mexicana.

Ejemplo: el Huso 12R se divide en G y H



Divisiones que son necesarias realizar para obtener las cartas 1:250, 000 y 1:50,000

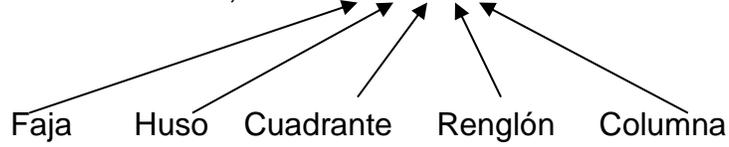


La notación para la escala 1:250,000 es: F-13-5

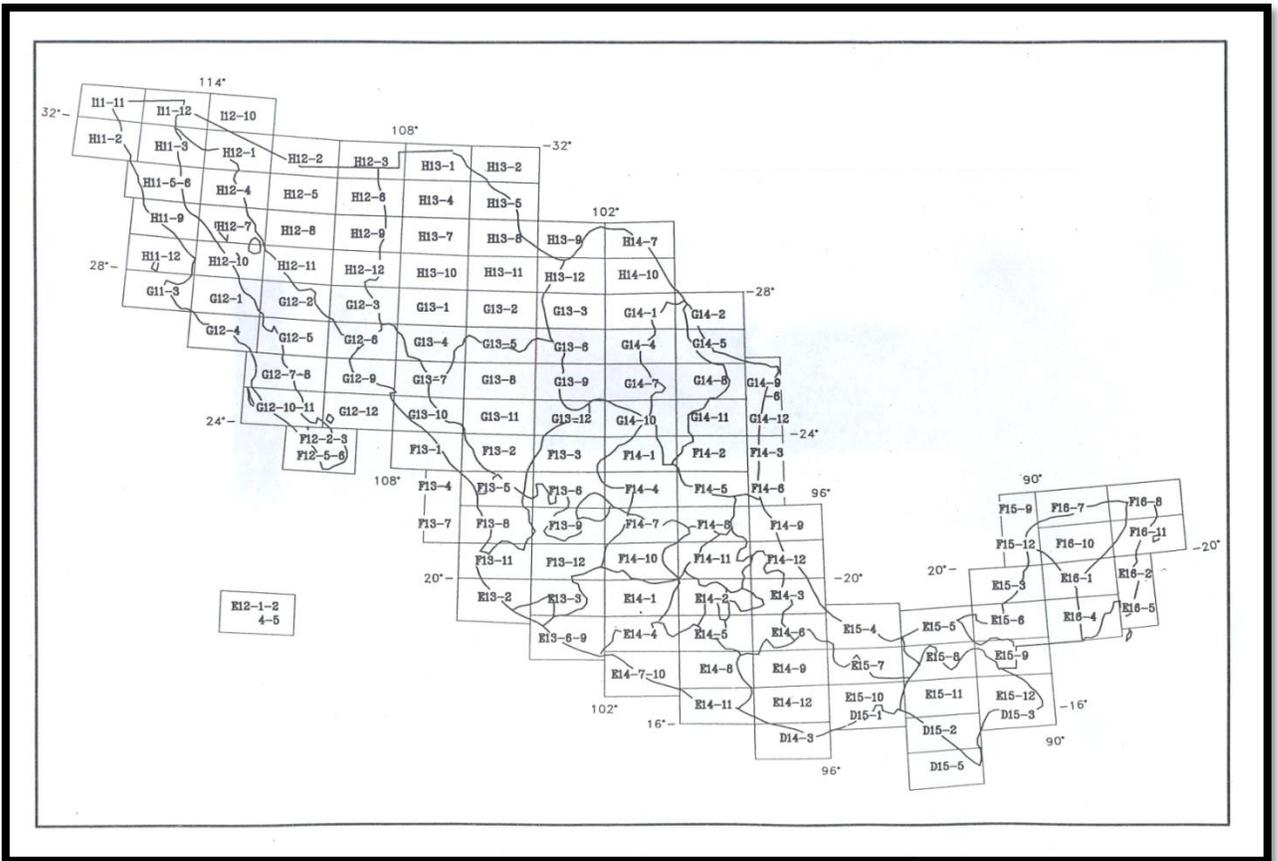


Faja Huso Hoja

La notación para la escala 1:50,000 es: F-13-A-57



División cartográfica a escala 1:250,00 de la República Mexicana editada por el Instituto de Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI)



2.4 LOCALIZACIÓN Y LECTURAS DE COORDENADAS UTM

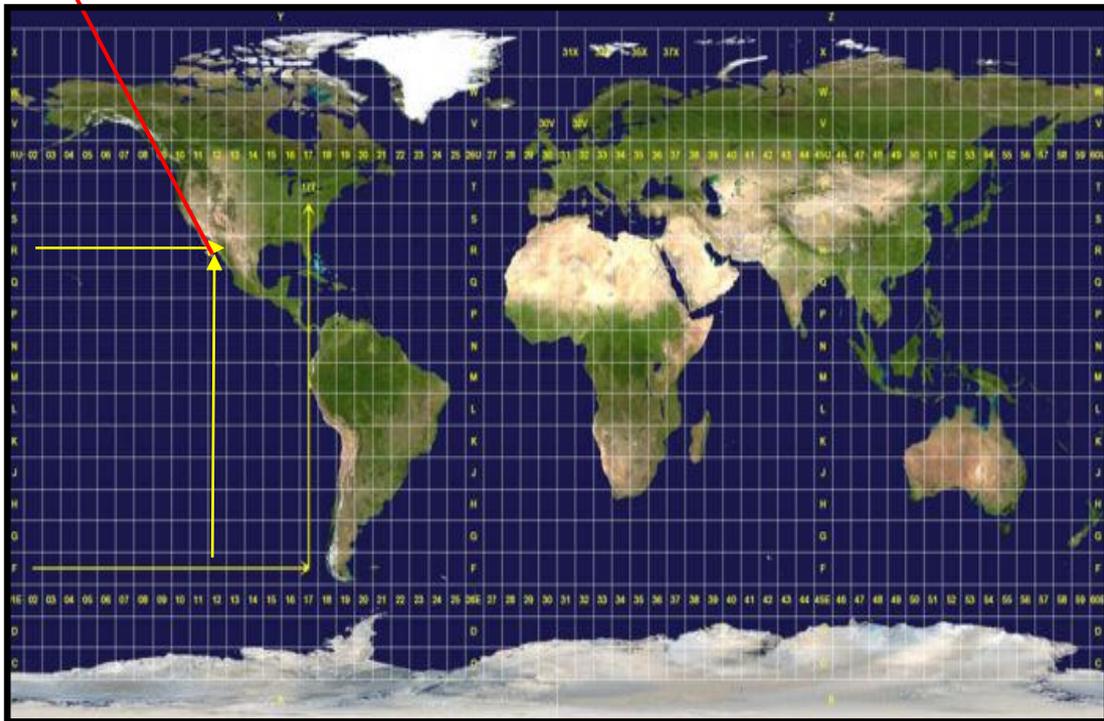
Para determinar localización y la lectura de un punto P en coordenadas UTM primero hay que identificar la zona a la que pertenece el punto.

Las coordenadas UTM es un sistema que cuadrícula imaginariamente el planeta, dividiéndolo en fajas horizontales y verticales (Gráfica 1).

Verticalmente en 60 fajas numeradas de 1 a 60 a partir del antimeridiano de Greenwich y de Oeste a Este. Los husos abarcan desde los 80° de latitud Sur, a los 84° de latitud Norte, y están divididos en 20 bandas esféricas de 8° de latitud, que empiezan a identificarse con la letra C al Sur y terminan con la letra X al Norte, faltando las letras I, LI, Ñ y O.

De la combinación de las bandas y husos se crean 1,200 (60x20) trapecios esferoídicos, de 6° de longitud por 8° de latitud, que nos permiten identificar la zona en el mundo, sin que se repita ninguno.

Las coordenadas UTM se expresan en forma *alfanumérica* (12RVD23456785)



Gráfica 1

Una vez identificada la zona se debe determinar la grilla de la UTM del punto P.

El grillado UTM se obtiene después de subdividir las fajas en cuadrículas, asignándoles una combinación de letras mayúsculas del alfabeto para cada columna y cada renglón.

Las subdivisiones verticales (x o columnas) corresponden a 24 letras de la **A** a la **Z** (omitiendo la I y la O, a cada 45') y empieza en el meridiano 180° en dirección Este en el Ecuador; con esto se cubren zonas de 18°, de modo que necesitamos emplear 20 veces el alfabeto 10 por cada lado del meridiano origen.

Las horizontales (y o renglones) a 20 letras, de la **A** a la **V**, comenzando en el Ecuador y ascendiendo hacia el Norte, de este modo el alfabeto se repite 5 veces.

Ej: **VD**: la primera letra corresponde a las verticales y la segunda a las horizontales (Gráfica 2)

Nota: la designación de la zona y grillado correspondiente al sector que representa una carta se encuentra en la casilla de referencia de cuadrícula, ubicada en la información marginal, de las cartas UTM.

Posteriormente se procede a la toma de lectura de las coordenadas planas UTM.

V												
U												
T		BT										
↑												
D							VD					
C			CC									
B												
A												
	A	B	C				V	W	X	Y	Z	

Gráfica 2

2.4.1 Técnicas de Lectura de Coordenadas UTM

Las coordenadas planas son también conocidas como coordenadas de cuadrícula.

Las coordenadas de cuadrícula son coordenadas que mediante un conjunto de números y letras permiten designar un punto en un mapa, una fotografía o una carta, donde se halle superpuesta una cuadrícula.

La coordenada plana (cuadrícula) consta de tres partes:

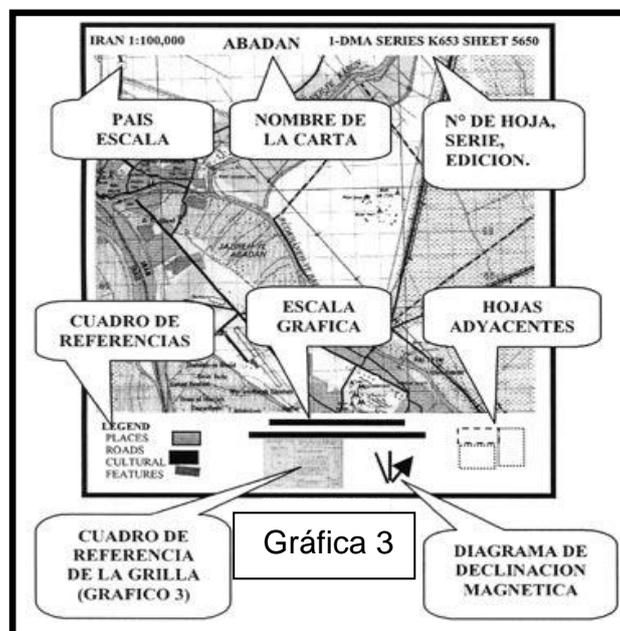
Número de la zona = Número y letra (gráfica 1)

Grilla = Letras (gráfica 2)

Coordenadas derechas (X) y arribas (Y) = Números

Ejemplo de una coordenada UTM:

ZONA 12R - - - > VD GRILLA 44558565 -----> COORDENADA



Nota: esta expresión alfanumérica tiene las siguientes características:

- Se escribe en forma continua, sin espacios, paréntesis, ni números decimales.
- Siempre, al expresar las coordenadas, debe contener un número par de dígitos.
- El número de dígitos en las coordenadas expresa el grado de aproximación con referencia al punto:

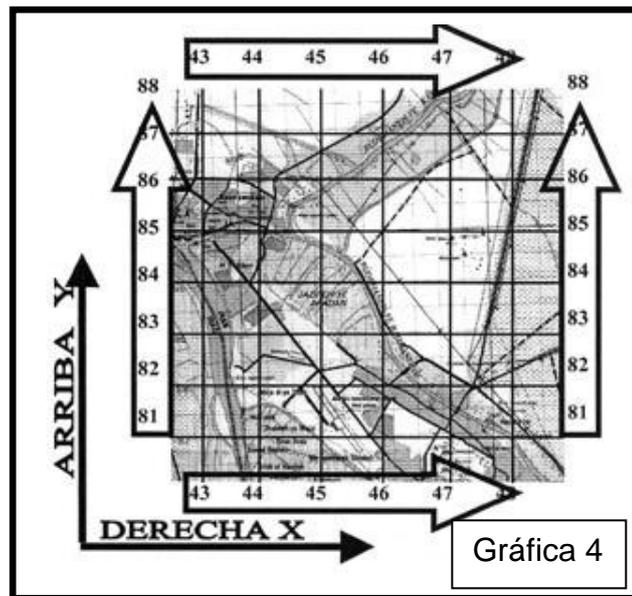
- Cuatro dígitos 4485 = Aprox. 1,000 m
- Seis dígitos 445856 = Aprox. 100 m
- Ocho dígitos $\frac{44558565}{X \quad Y}$ = Aprox. 10 m

La primera mitad de la numeración (guarismo) corresponde a la abscisa X del punto y la segunda mitad, a la ordenada Y.

2.4.2 Lectura de las Coordenadas UTM de un punto P

Modo de leer las cuadrículas

Las cuadrículas se deben leer siguiendo la numeración (ubicada en la parte superior e inferior del mapa) de izquierda a derecha para determinar las derechas (X) y de abajo hacia arriba (la numeración ubicada en los márgenes izquierdo y derecho) para determinar las arribas (Y) (Gráfica 4).



Procedimiento:

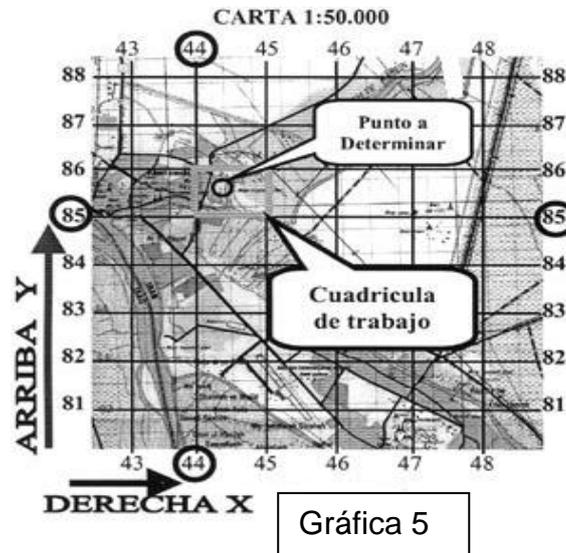
1er. paso: ubicar la cuadrícula de "trabajo" que es donde se encuentra el punto a determinar (torre eléctrica) (Gráfica 5). En el siguiente ejemplo, dicha cuadrícula se encuentra en:

Derechas (x): 44

Arribas (y): 85

UBICACIÓN DE LA CUADRÍCULA DE TRABAJO





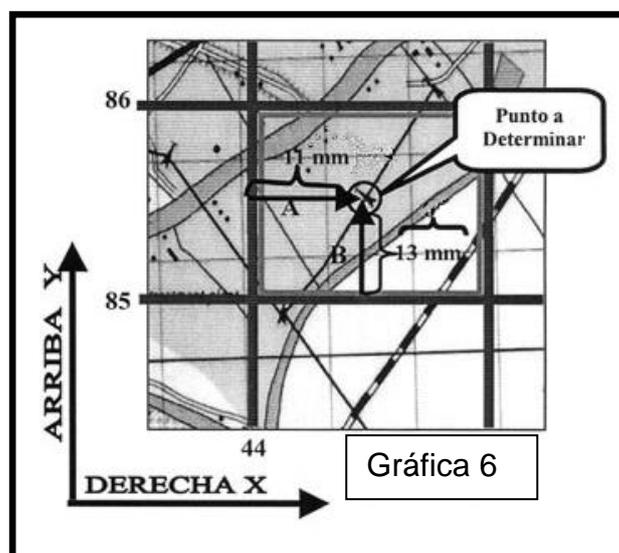
Una vez localizada la cuadrícula de trabajo, y desde sus lados debemos determinar la distancia al punto, de la siguiente manera:

2do. paso: la aproximación al punto a determinar, se hace midiendo desde la línea vertical (X) de izquierda a derecha hasta el punto, y luego se mide desde la línea horizontal (Y) de abajo hacia arriba (Gráfica 6). Se obtendrán entonces, los siguientes datos:

Datos:

A = 11mm
B = 13 mm

APROXIMACIÓN AL PUNTO



A continuación, se aplica la regla de tres simple para las derechas (X), (en este caso aproximación a 10 metros).

Datos:

Esc. (1:50,000)

Si 1cm = 500 m en el terreno, *entonces*

11 mm = 1.1 cm

Regla de tres simple: (se aplica para determinar cuántos metros representan en el terreno 1.1 cm).

1cm = 500 m

1.1 cm = X

$$X = \frac{1.1 \text{ cm} \times 500 \text{ m}}{1 \text{ cm}} = 550 \text{ m}$$

Como se desea una aproximación de 10 m, el último dígito se descarta.

Queda entonces: DERECHAS (X): 4455

De la misma manera se procede con las arribas (Y).

Datos:

Esc. 1: 50,000

Si 1cm = 500m en el terreno, *entonces*

13 mm = 1.3 cm

Regla de tres simple

1cm = 500 m

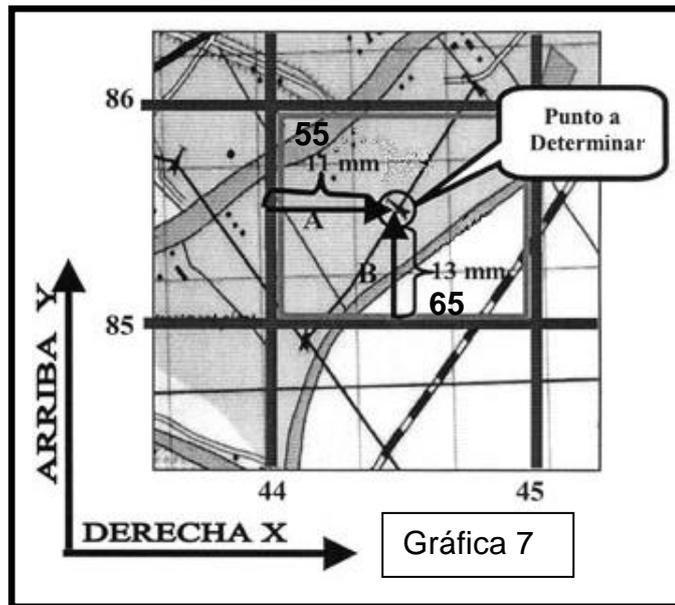
1.3 cm = X

$$X = \frac{1.3 \text{ cm} \times 500 \text{ m}}{1 \text{ cm}} = 650 \text{ m}$$

Como se muestra la aproximación a los 10 m, tenemos el siguiente resultado: ARRIBAS (Y): 8565.

Por lo tanto, la coordenada del punto es la siguiente: 44558565

APROXIMACIÓN AL PUNTO



Nota: se recordará que para completar la referencia alfanumérica, se deben anteponer a las coordenadas, la zona y la grilla, datos que se encuentran en la información marginal de la carta, por lo que finalmente, obtendremos: PUNTO DETERMINADO: 12RVD44558565

X Y

2.4.3 Localización de un punto P con coordenadas UTM

El punto a determinar tiene como coordenadas UTM:

12RVD45658446

Datos: 12RVD45658446

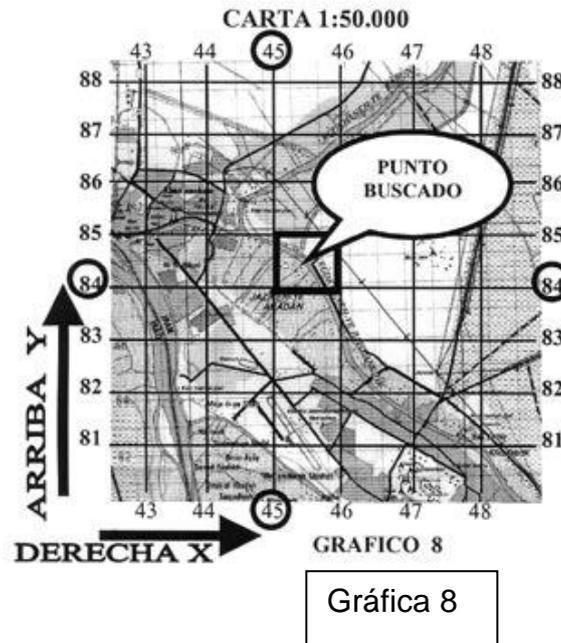
1er. paso: determinar los componentes de la coordenada

Datos: ZONA: 12R

GRILLA: VD

Coordenada: 4565 8446
(X) (Y)





2do. paso: identificar la cuadrícula de trabajo. Utilizando los dos primeros dígitos de las derechas X (izquierda a derecha) = 45 (Gráfica 8) y los dos primeros dígitos de las arribas Y (de abajo hacia arriba) = 84.

A continuación, se deberán buscar los dos siguientes dígitos de las derechas (X) 65 y los dos siguientes dígitos de las arribas (Y) 46, para una aproximación de 10 metros (normalmente la más usada).

3er. paso: se toman los dos últimos dígitos de las derechas (X)=65 que están en metros, y se los convierte en milímetros, mediante la regla de tres simple, para luego poder volcarlo a la carta. El mismo procedimiento se emplea para las arribas (Y)=46.

Datos de derechas (X):

1cm = 500 m en el terreno (Esc. 1: 50,000)

65 = 650 m (se aumenta el cero porque para la aproximación a los 10 m se quitó un dígito), ver caso inverso

Regla de tres simple:

500 m = 1cm

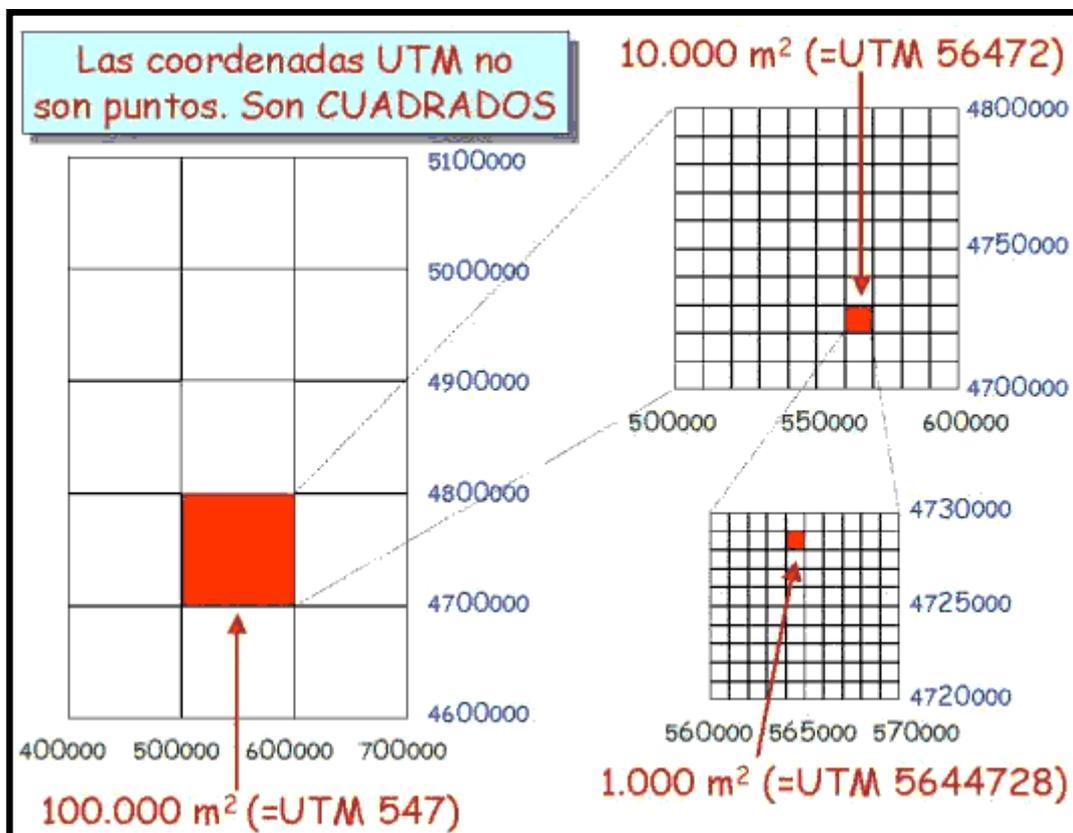
650 m = X

$$X = \frac{1\text{cm} \times 650\text{ m}}{500\text{ m}} = 1.3\text{ cm}$$

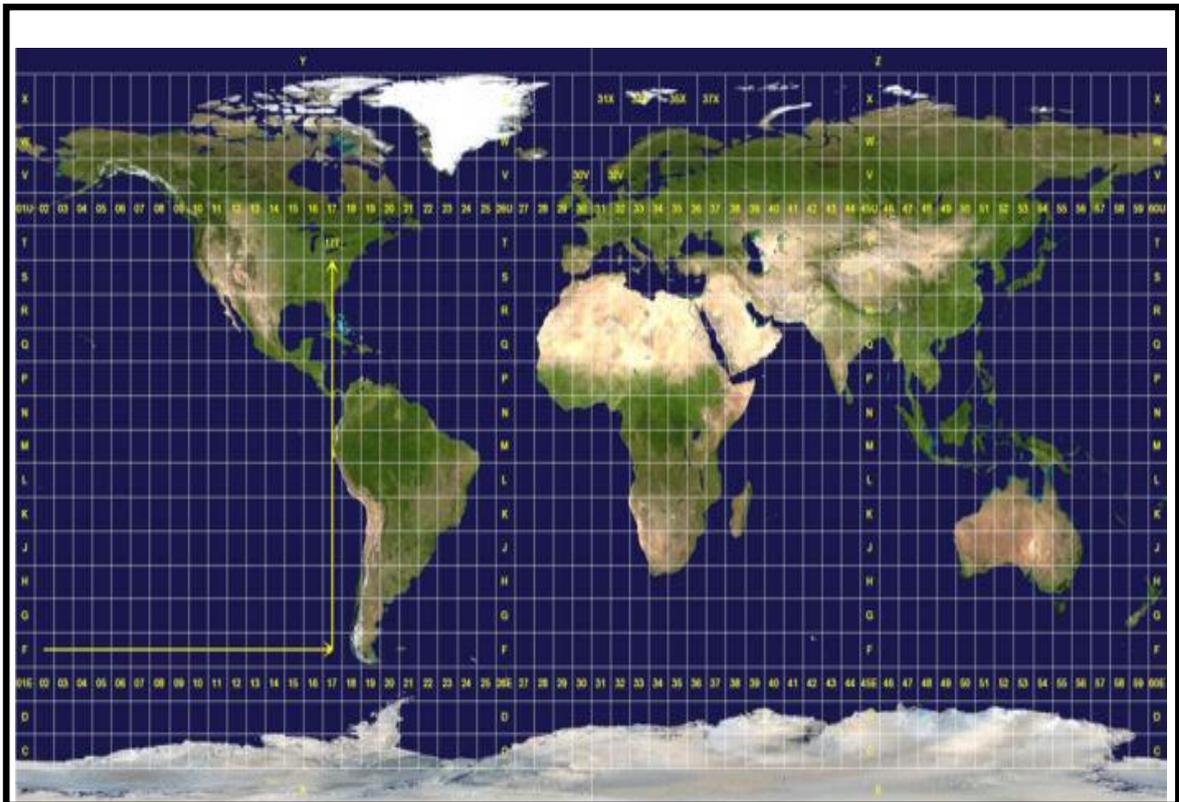
1.3 cm = 13 mm

Características Generales para la Lectura y Localización de las coordenadas UTM

- No hay que olvidar que las coordenadas UTM no corresponden a un punto, sino a un cuadrado
- Una coordenada UTM siempre corresponde a un área cuadrada cuyo lado depende del grado de resolución de la coordenada.
- Cualquier punto comprendido dentro de este cuadrado (a esa resolución en particular) tiene el mismo valor de coordenada UTM.
- El valor de referencia definido por la coordenada UTM no está localizado en el centro del cuadrado, sino en la esquina inferior IZQUIERDA de dicho cuadrado.
- Una zona UTM, *siempre se lee de izquierda a derecha* (para dar el valor del Easting), y *de arriba a abajo* (para dar el valor del Northing). Esto quiere decir:
 - Que el valor del *Easting* corresponde a la distancia hacia el *Este* desde la esquina inferior izquierda de la cuadrícula UTM.
 - Que el valor de *Northing* siempre es la distancia hacia el Norte del Ecuador (en el hemisferio norte).
- Mientras mayor sea el número de dígitos que usemos en las coordenadas, menor será el área representada.
- Normalmente, el área que registran los GPS coincide con el valor de un metro cuadrado, ya que usan 6 dígitos para el valor de *Easting* y 7 dígitos para el *Northing*.



- En esta tabla se describe la misma coordenada UTM con diferentes resoluciones, que oscilan desde áreas cuadradas que sólo tienen 1 metro de lado hasta aquella que tiene 100,000 metros.
- No hay límite de resolución en una coordenada UTM. Se pueden definir áreas cuyos lados sean centímetros, milímetros, etc.
- Ejemplo de una coordenada tipo UTM con una baja resolución (comprende un cuadrado con 1,000 metros de lado). El primer valor (30S) nos indica *la zona* y la *banda* en la que estamos. Como tiene una letra superior a M, nos indica que estamos en una zona que se encuentra en el hemisferio norte. La mejor forma de saber cuál es nuestra zona es mirándola en un mapa que tenga representada la cuadrícula de coordenada UTM.
- *Por definición, el valor de Easting del punto central (que coincide con el meridiano central) de la retícula UTM es siempre de 500 km. Cualquier punto a la izquierda de éste meridiano central tendrá un valor inferior a 500, como es este caso (345). Cualquier punto situado a la derecha del meridiano central tendrá un valor superior a 500. Por tanto, estamos alejados a 155 km (500-345) del meridiano central. También podemos decir que estamos alejados 345 km hacia el Este desde el margen izquierdo de la zona UTM.*
- Los 4 últimos dígitos nos indican que estamos alejados 4,196 km al Norte del Ecuador.
- Recordar que esta coordenada señala un cuadrado de 1,000 km².



EJEMPLO DE VALOR DE COORDENADA UTM CON UNA RESOLUCIÓN DE 1000 METROS

La zona 30 se expande desde 6°W a 0° (meridiano de Greenwich), con el meridiano 3° en el centro. Este valor debe obtenerse observando un mapa.

Número de zona UTM

30S

Letra de Banda de latitud UTM

La región "S" se expande desde 32°N a 40°N (se obtiene del mapa). A efectos prácticos sirve para indicar rápidamente en qué hemisferio estamos, ya que por encima de "M" estamos en el norte

Distancia hacia el ESTE

3454196

Distancia hacia el NORTE

Aquí se ha usado 4 dígitos (siempre un dígito más que la distancia que señala al Este), e indica que este "cuadrado" (no punto) está a 4196 km al Norte del Ecuador.

Aquí se ha usado 3 dígitos que indica que este cuadrado de 1000 metros de lado (no punto) está a 155 km al Oeste (500-345) del meridiano central de la zona. Ver texto para mayor explicación.

3. ELEMENTOS BASICOS

3.1 ESCALA

La escala es la relación existente entre la distancia real y la representada en el mapa, ambas medidas han de estar representadas en las misma medidas (kilómetros, metros, centímetros, milímetros..).

3.1.1 Tipos de Escala

- Numérica
- Gráfica
- Verbal

La *escala numérica* es la representación proporcional de las unidades dibujadas y unidades reales.

Escala real o verdadera 1:1

1 Unidad dibujada = 1Unidad real

Escala numérica puede ser:

a) *Reducción*: *escala numérica de reducción* se utiliza cuando se tiene un área grande y se requiere reducirla para poderla representar en un dibujo

b) *Ampliación*: *escala numérica de ampliación* de ampliación se usa en sistemas pequeños que se requieren ampliarlos para poderlos estudiar

La escala numérica no admite ampliaciones ni reducciones

Como es lógico no se puede representar una zona de terreno al mismo tamaño que el real. Esto se consigue, representándolo a una medida proporcional e inferior

La escala numérica se puede representar de dos formas:

- a) Por una fracción adimensional en la cual el numerador es la unidad, mientras que en el denominador es el número de unidades representadas

$$\frac{1}{10,000} \frac{\text{PLANO}}{\text{TERRENO}}$$

Es decir el numerador representa la medida en el plano y el denominador la medida en el terreno

b) Se expresa como una razón o proporción

1:10,000

Lo que significa que una unidad de medida en la carta, 1 cm por ejemplo, representa 10,000 cm en el terreno, esto es 100 m; en este caso se dice que la escala es *uno a diez mil*.

Con este sistema resulta que la escala más pequeña es aquella cuyo denominador es mayor, ya que implica una fracción menor.

Por ejemplo:

$$\frac{1}{10} < \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{10\,000} > \frac{1}{50\,000}$$

$$\frac{1}{50\,000} > \frac{1}{100\,000}$$

$$\frac{1}{250\,000} < \frac{1}{100\,000}$$

En la siguiente tabla se observan las extensiones representadas por un centímetro en mapas a distinta escala y cuanto mide 1 km en los mismos:

ESCALA	PAPEL	TERRENO		
1:1,000,000	Donde 1 cm =	1,000,000 cm =	10,000 m =	10 km
1:500,000	Donde 1 cm =	500,000 cm =	5,000 m =	5 km
1:250,000	Donde 1 cm =	250,000 cm =	2,500 m =	2.5 km
1:100,000	Donde 1 cm =	100,000 cm =	1,000 m =	1 km
1:50,000	Donde 1 cm =	50,000 cm =	500 m =	0.5 km
1:25,000	Donde 1 cm =	25,000 cm =	250 m =	0.25 km
1:10,000	Donde 1 cm =	10,000 cm =	100 m =	0.10 km
1:1,000	Donde 1 cm =	1,000 cm =	10 m =	0.01 km

Ejemplo de usos de distintas escalas.

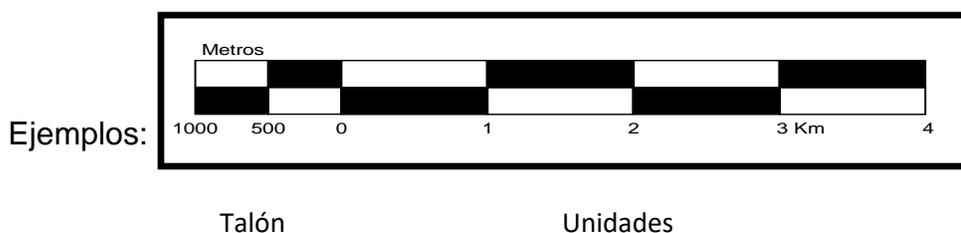
Escala	Uso
1:10 000 000	Mapas de continentes completos, océanos, o planetas en una sola lámina
1:5 000 000 1:1 000 000	Vistas sinópticas de continentes o países, a veces en varias láminas
1: 500 000	Mapas de países, provincias, estados (dependiendo del tamaño): poco detalle pero de uso general para planeación y vistas generales
1:250 000	Geología regional, usualmente tienen una base topográfica
1:50 000 1:25 000	Las escalas estándar para mapas geológicos publicados con detalle razonable
1:10 000 y mayor	Esta es la escala estándar para investigaciones y levantamientos detallados

De lo anterior se puede concluir que entre más pequeña sea la escala de un mapa, los rasgos representados son de menor tamaño y conforme aumenta la escala aumenta la dimensión de los mismos, aunque la superficie representada disminuye.

La escala numérica sólo es verdadera en determinadas líneas del mapa, según el sistema de proyección, fuera de ellas la escala puede ser mayor o menor que la numérica, por esto se considera conveniente indicar en el mapa qué proyección se utilizó y conocer las características o propiedades, ya que esto facilitará el cálculo de la escala numérica cuando se requiera.

La *escala gráfica* es aquella en la que una línea recta de longitud convencional se divide en partes iguales, y cada una de éstas corresponde a las unidades de longitud que sobre el mapa representan las unidades de longitud de la superficie terrestre. La escala gráfica consta de dos partes, a la derecha del 0 se leen directamente las unidades que indican la relación entre las medidas del mapa y las de la superficie terrestre, o sea cm/km y a la izquierda, en el llamado talón, las subdivisiones corresponden a fracciones o submúltiplos de la unidad considerada.

La escala gráfica es una línea dividida en partes iguales que corresponden a longitudes específicas (unitarias). La parte izquierda está seccionada en submúltiplos de la unidad considerada, y sirve para simplificar la obtención de medidas sobre las cartas.





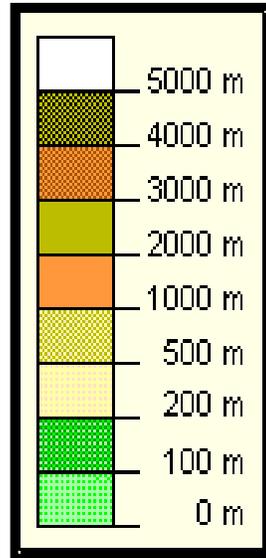
La *escala gráfica* a diferencia de la numérica, tiene la particularidad de permanecer siempre constante en forma relativa al mapa a pesar de las reducciones o ampliaciones a que éste sea sometido.

Por ejemplo, si un mapa a escala 1:250 000, es reducido al 50%, el producto será de escala 1: 500,000, siendo también acortada a la mitad la indicación de escala gráfica, la relación mapa-escala se conserva en longitud, aunque en superficie se reduce a la cuarta parte. Sin embargo, la indicación numérica 1:250,000 del mapa original es obviamente conservada en el producto, lo cual confundirá al lector si no sabe que se trata de una reducción.

La *escala Verbal o literal*, es en la que simplemente se indica una correspondencia cualquiera entre una distancia en el mapa y su equivalencia en la realidad, como un centímetro es igual a 500 metros. Esta forma de indicar la escala tiene una gran utilidad en los países anglosajones donde todavía se editan (o existen) mapas elaborados en unidades diferentes a las del sistema métrico decimal. Esta es la razón por la que se encuentran mapas en escalas, como las de la siguiente tabla.

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL
1:9,600	Una pulgada equivale a 800 pies
1:24,000	Una pulgada equivale (exacto) a 2,00 pies
1:62,500	Una pulgada equivale (algo menos) a una milla terrestre
1:63,360	Una pulgada equivale (exacto) a una milla terrestre
1:250,000	Una pulgada equivale (casi) a cuatro millas terrestres

La *escala Cromática* se utiliza en los mapas que representan, por ejemplo, las temperaturas, relieve de un terreno, etc. y se utilizan diferentes colores. En el caso de mapas de relieve la escala se colores se utilizan para identificar las distintas alturas y profundidades.

*Escala Cromática*

3.1.3 Determinación de la escala en un mapa

Mapas que no incluyen escala

Puede hacerse midiendo la distancia que hay sobre el mapa entre dos puntos cuya distancia terrestre sea conocida y con estos datos se calcula la escala o se construye una escala gráfica.

Ejemplo:

La distancia entre dos paralelos, o la distancia entre meridianos. Hay que tener cuidado con la medida que se tome sea precisamente en la dirección en la que se va a usar la escala, pues como ya se dijo, la escala no es la misma en *todas las direcciones*.

Considerando entonces la idea de la relación que existe entre una unidad en el mapa y su equivalente en el terreno, con la expresión descrita a continuación, se puede obtener cualquiera de sus elementos:

$$\frac{1}{E} = \frac{dm}{DT}$$

Donde:

1/E = Módulo de escala

dm = Distancia en el mapa

DT = Distancia en el terreno

Para obtener el valor de cualquiera de los tres elementos básicos, (Esc., dm y DT) se deberán conocer los valores de los dos restantes y efectuar las operaciones de una regla de tres simple.

Ejemplos:

1. Obtención de distancia en el terreno:

- Valores conocidos:

$$\text{Esc.} = 1:20,000$$

$$\text{dm} = 5.3 \text{ cm}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{\text{ESC}} : \frac{\text{dm}}{\text{DT}}$$

$$\frac{1}{20000} : \frac{5.3}{\text{DT}}$$

$$\text{DT} = \frac{20\,000 \text{ cm} \times 5.3 \text{ cm}}{1}$$

$$\text{DT} = 20,000 \times 5.3 \text{ cm}$$

$$\text{DT} = 106,000 \text{ cm}$$

$$\text{DT} = 1,060 \text{ m}$$

$$\text{DT} = 1.06 \text{ Km}$$

2. Obtención de la distancia en el mapa:

- Valores conocidos:

$$\text{Esc.} = 1: 20,000$$

$$\text{DT} = 1,060 \text{ m}$$

$$\text{DT} = 1.06 \text{ Km}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{20\,000} : \frac{\text{dm}}{1\,060}$$

$$dm = \frac{1\,060\text{m} \times 1}{20\,000\text{cm}} \quad \leftarrow \text{ Los metros los convierto a centímetros}$$

$$dm = \frac{106\,000\text{cm}}{20\,000\text{cm}}$$

$$dm = 5.3 \text{ cm}$$

3. Obtención de la escala numérica del mapa.

- Valores conocidos:

$$dm = 5.3 \text{ cm}$$

$$DT = 1,060 \text{ m}$$

- Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\frac{1}{ESC} : \frac{5.3}{1\,060} = \frac{1\,060 \times 1}{5.3}$$

$$ESC = \frac{1\,060\text{m}}{5.3\text{cm}} \quad \leftarrow \text{ Los metros los convierto a centímetros}$$

$$ESC = \frac{106\,000\text{cm}}{5.3\text{cm}}$$

$$ESC = 20,000$$

$$\frac{1}{ESC} = \frac{1}{20\,000}, \text{ o Escala} = 1:20,000$$

3.1.2 Ampliación o reducción de un mapa

Es necesario cambiar la escala, esto se hace por medios mecánicos (copiadoras, computadoras, pantógrafos)

Para transformar las escalas lineales es necesario conservar siempre el mismo tipo de unidades.

En ningún mapa es *igual* la escala en *todas las direcciones*. En los mapas de escala grande (mapas grandes de terrenos pequeños) la deformación de la escala apenas es apreciable. Pero en mapas de escala reducida, como son los de

naciones o continentes, la escala puede dar resultados falsos, sobre todo hacia los bordes del mapa.

Estas variaciones en la escala se conocen como *Escala Local*

La relación entre la escala local y la escala del mapa se le llama *Factor de Escala* (FE), esta relación nos permite evaluar la deformación que existe en el mapa como resultado del sistema de proyección utilizado para su elaboración.

3.1.3 Construcción de la escala gráfica

La construcción de una escala gráfica se hace mediante el establecimiento de una proporción, para la cual tiene que conocerse la escala numérica.

De acuerdo con la escala 1:50,000 un centímetro equivale a 500m, esta es la relación de la unidad de longitud del mapa con la longitud en el terreno, por lo tanto si se traza una línea de longitud conveniente por ejemplo de 8 cm al final de la línea, el total de kilómetros será de 8, resultado de multiplicar 500m por 8cm. Las subdivisiones menores, sobre el talón corresponden a 100m por cada milímetro.



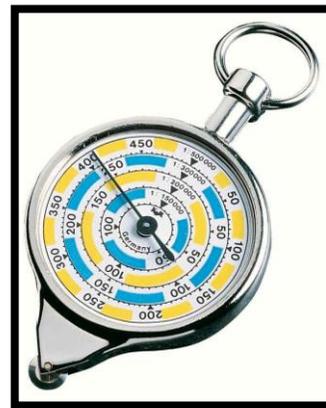
3.2 ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS

Gracias a la escala se pueden determinar las distancias con exactitud y precisión ya que representa en papel la realidad en proporción al tamaño del mapa. Es importante mencionar que son distancia reducidas ya que no contemplan el relieve del terreno por ser en línea recta, pero podremos calcular la distancia integrando el relieve con una fórmula básica si logramos conocer el desnivel del accidente a través de las curvas de nivel. Estos conceptos se explicaran más adelante.

Conociendo el concepto de escala y que a partir de esta podremos medir las distancias entre dos puntos utilizando la fórmula de la escala numérica, a través de una regla si es en línea recta.

Si la distancia es una línea curva como el cauce de un río se recurre a un curvómetro. Si no se dispone de un curvómetro se utiliza un cordel o un hilo fino de alambre sobre la línea curva a medir. Finalizada la operación se endereza el hilo o cordel y con una regla se miden los centímetros que hay que multiplicar por el denominador de la escala.

El *Curvómetro* es para medir distancias dentro de un mapa, hay unos aparatos con una rueda en su extremo que tras indicarle una escala nos da la distancia recorrida. Pueden ser mecánicos o digitales como el de la foto. Se usa para calcular distancias aproximadas de una ruta desde un mapa antes de realizarla sobre el terreno.



Curvímetros

Otra posibilidad consiste en descomponer la distancia a medir en una serie de segmentos rectos de igual longitud y medir el número de segmentos recurriendo a un compás de dos puntas a un cordel o simplemente con cualquier objeto superponiéndolo sobre la escala gráfica.

3.2.1 Cálculo de distancia

Para calcular la distancia terrestre entre dos puntos bastara con medir el tramo entre estos dos puntos de la carta y multiplicar el tramo o distancia por el denominador de la fracción representativa.

Por ejemplo si en un mapa 1:50,000 la distancia entre dos puntos es de 8 cm y conociendo que 1 cm equivale a 500 m en el terreno, 8 cm serán igual a 4km.

También se puede obtener proyectando la distancia o distancias parciales sobre el borde recto de una hoja de papel en el caso de una línea discontinua y

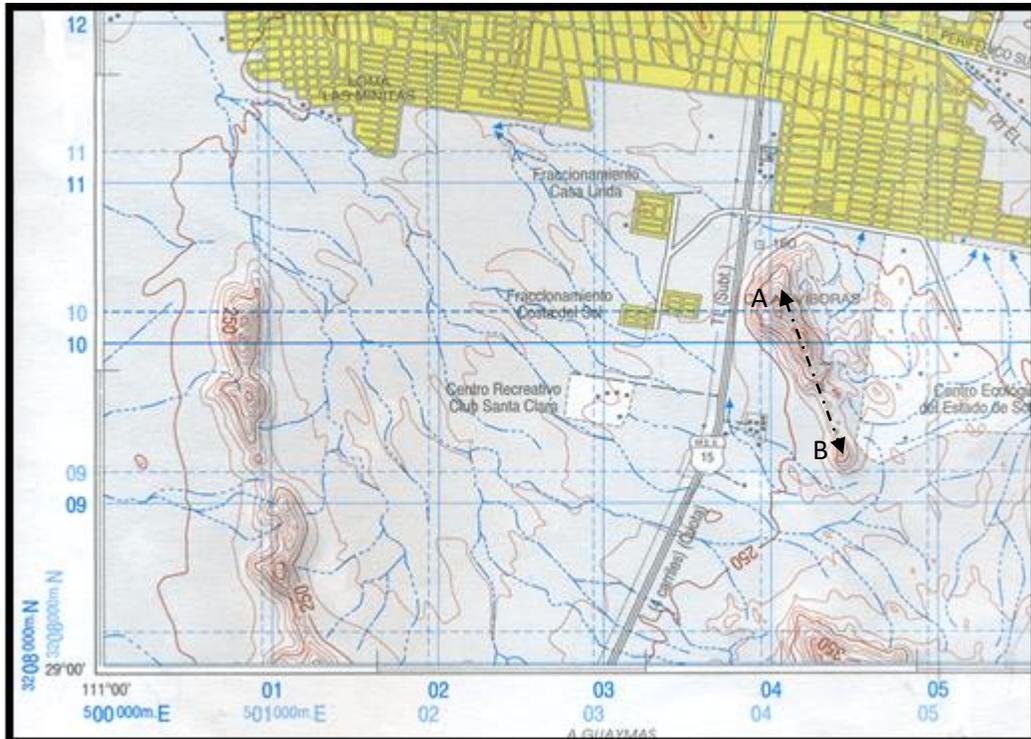
midiendo luego la longitud total resultante, sobre la escala gráfica o con una regla graduada.

En la siguiente figura, la distancia en el mapa entre los puntos A y B es de 4.7 cm; si cada centímetro equivale a 500m tenemos que en una carta 1:50,000

$$\text{Dist A - B} = 4.7 \text{ cm} \times 500 \text{ m}$$

$$\text{Dist A - B} = 2,350 \text{ m}$$

$$\text{Dist A - B} = 2.35 \text{ Km.}$$



Hay que tener en cuenta que las distancias que medimos sobre el mapa no son exactamente las distancias verdaderas que recorreremos en el terreno, sino la separación entre dos puntos horizontales, ya que no se considera el desnivel de los accidentes geográficos. Para entender bien este concepto y conocer alguna fórmula que nos acerque más a la realidad del terreno, debemos conocer:

Distancia reducida: es la distancia tomada entre dos puntos sobre nuestra carta topográfica, en línea recta como si la estuviéramos midiendo desde el aire.

Distancia real: es la distancia entre dos puntos, en línea recta pero considerando todas las irregularidades del terreno, imposible de conseguir por medio de la carta topográfica.

Distancia geométrica: integra el desnivel del terreno y es la medida más aproximada a la distancia real importante de tener en consideración, cuando nos encontramos sobre terrenos muy escarpados o de montaña.

Para obtener la distancia geométrica debemos calcular la distancia reducida sobre nuestra carta topográfica con una regla o por medio de la suma equidistancia de las curvas de nivel y expresarla en metros, el desnivel lo podremos obtener gracias a las curvas de nivel maestras o índices que expresan la altura y la escala de altitudes, con estos dos datos podremos obtener la distancia geométrica mediante la siguiente fórmula.

Donde:

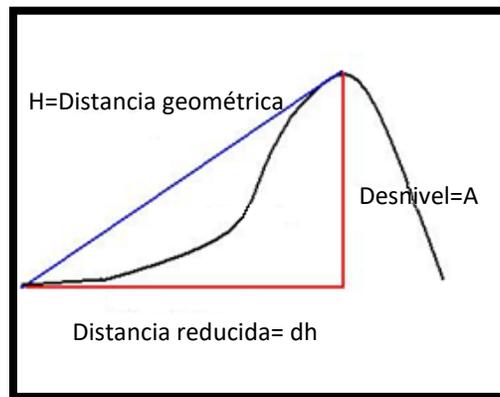
Hipotenusa = Distancia geométrica = H

Distancia reducida = distancia horizontal = dh

Desnivel = Altura = A

$$(\text{Hipotenusa})^2 = (\text{Cateto1})^2 + (\text{Cateto2})^2$$

Distancia reducida desnivel



$$\text{Hipotenusa}^2 = (dh)^2 + A^2 \quad \text{Desnivel} = \text{Altura} = A$$

Por la fórmula de distancia geométrica podremos calcular de mejor manera la distancia que tenemos que recorrer tomando en cuenta el desnivel del terreno.

$$H = \sqrt{dh^2 + A^2}$$

Ejemplo:

Distancia en el mapa es de 2 cm en la escala del mapa que es de 1:50,000
1 cm = 500 entonces tenemos que:

Distancia AB = 1,000m

El punto A tiene una altitud de 370m y el punto B de 330m, por lo tanto:

Diferencia de altitud entre A y B = 40m

Distancia Geométrica = $\sqrt{1,000^2 + 40^2} = 1,001.63 \text{ m}$

Distancia Geométrica = 1,001.63 m

3.2.2. Cálculo de Pendiente

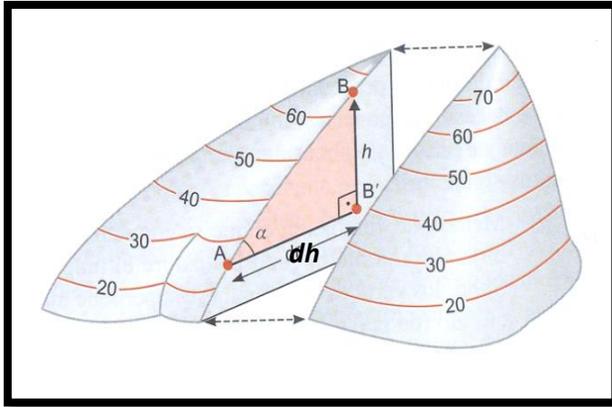
La pendiente es una variable fundamental en numerosas cartografías temáticas como: mapas de suelos, de riesgos geológicos, etc. También es clave en el trazado de vías de comunicación: las carreteras de montañas suelen tener una pendiente del 7% mientras que su límite máximo está en un 14%, las vías de ferrocarril no admiten pendientes mayores de un 4%. Por otra parte la pendiente es una limitante para darle uso agrícola al suelo.

La pendiente topográfica es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal. Suele definirse como un ángulo o como un porcentaje.

- Pendiente como ángulo:

La pendiente entre dos puntos se define como la relación entre la diferencia de altitud de estos dos puntos y la distancia horizontal que guardan entre sí.

En la siguiente figura se visualiza cómo entre dos puntos A y B, sobre la ladera del terreno tenemos un triángulo rectángulo, cuyo ángulo es precisamente el valor de la pendiente, h su cateto opuesto y dh el cateto adyacente.



$$40 \text{ m} = h$$

$$1,000 \text{ m} = dh$$

$$\text{Tangente } \vartheta = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto adyacente}}$$

$$\text{Tangente } \vartheta = \frac{h \text{ (diferencia de cotas)}}{dh \text{ (distancia horizontal)}}$$

donde: $\vartheta = \text{arcotangente de } h/dh$

donde: $\vartheta = \text{arcotangente de } h/dh$

$$\vartheta = \text{arcotangente } 40/1000$$

$$\vartheta = \text{arcotangente } 0.04$$

$$\vartheta = 2.29^\circ$$

- Pendiente como porcentaje:



El valor del 10% de la señal nos indica que nos encontramos en una carretera con una pendiente tal, que por cada 100m de distancia recorrida en la horizontal subimos 10m de altura.

Una pendiente de 100% significa una diferencia de alturas de 10m por una distancia horizontal de 10m.

Si en vez de expresar el valor de la pendiente en unidades angulares se quiere conocerla en porcentaje, el cálculo se realiza mediante una simple regla de tres.

$$\text{Pendiente (\%)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad h$$

$$100 \text{ (\%)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad dh$$

$$\text{Pendiente (\%)} = (h/dh) 100 \quad \text{donde: } h = \text{diferencia de altura}$$

$dh = \text{distancia horizontal}$

Para el ejemplo anterior tenemos lo siguiente:

$$\text{Pendiente (\%)} = (40/1000) (100) = 4\%$$

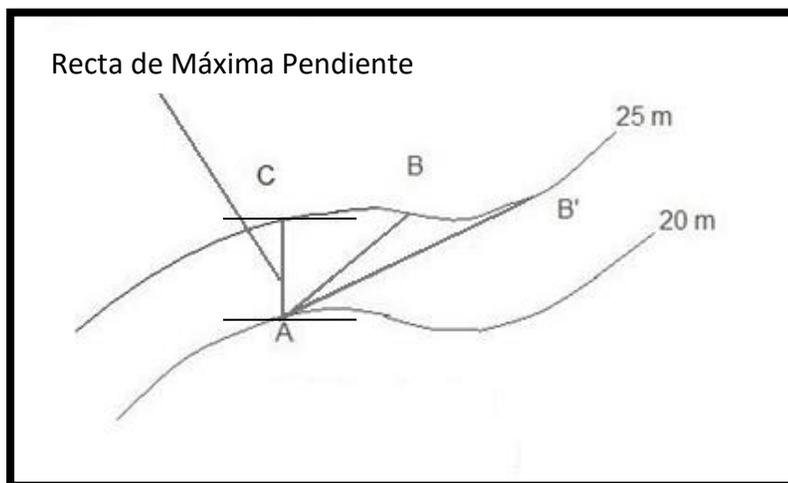
Otro ejemplo es, si se recorre una distancia horizontal de 600 metros (AB') y se asciende una distancia de 300m (B'B), implica que por cada 100 metros se ascenderá:

$$\text{Pendiente (\%)} = (300/600) (100) = 50\% \text{ de pendiente}$$

Cuando los ángulos de pendientes superan los 45° no se suelen utilizar los valores en porcentaje, ya que superan el valor del 100%.

La pendiente se puede calcular entre dos puntos cualquiera que interese, pero como idea general se entiende que la pendiente del terreno es la que se obtiene perpendicularmente a las curvas de nivel: la máxima pendiente medible.

La *recta de máxima pendiente* entre dos curvas consecutivas se obtendrá para la menor distancia entre las curvas, siendo determinada por una línea tangente a las dos curvas consecutivas, como se muestra en la figura con la línea AC.). Su trazado, con frecuencia, se hace a *sentimiento*.



Equidistancia = 5m

Distancia AC = 17.6

Distancia AB = 20.0 m

Distancia AB' = 40.0 m

De otra forma:

La pendiente de un terreno entre dos puntos ubicados en dos curvas de nivel consecutivas es igual a la relación entre el intervalo de las curvas de nivel o equidistancia y la distancia longitudinal que los separa.

$$P = \frac{e}{D} \cdot 100$$

Donde:

P = pendiente del terreno en %

e = equidistancia entre curvas de nivel

D = distancia horizontal entre los puntos considerados

La figura representa un plano de curvas de nivel con equidistancia $e = 5$ m

Para calcular la pendiente del terreno entre los puntos A y B de la figura medimos directamente con el escalímetro, a la escala indicada, la distancia AB (20.0 m) y aplicamos la ecuación.

$$P = \frac{e}{D} \cdot 100$$

Sustituyendo los valores

$$P = \frac{5}{20} \cdot 100 = 25\%$$

Si en la figura, en vez de calcular la pendiente entre A y B, calculamos la pendiente entre A y B', vemos que para salvar el mismo desnivel de 5 m la distancia horizontal es de 40 m por lo que la pendiente entre A y B' será:

$$P = \frac{5}{40} \cdot 100 = 12.5\%$$

La siguiente tabla muestra la clasificación de pendientes utilizadas por el Ministerio de Agricultura para la caracterización de la capacidad agrícola de los suelos. Límites en base a una propuesta del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos.

Tipo de Pendiente	Pendiente en Ángulo	Pendiente en %
1. Terreno llano	Menor de 2°	Menor de 3%
2. Ligeramente inclinado	2° a 5°	3-8%
3. Inclinado	5° a 9°	8-15%
4. Fuertemente inclinado	9° a 17°	15-30%
5. Abrupto	17° a 27°	30-50%
6. Muy abrupto	Mayor de 27°	Mayor de 50%

Estabilidad de la pendiente

Estable	0-10°
Metaestable	10-25°
Inestable	25-35°
Abrupta	>35°

3.2.3 Cálculo de áreas en un mapa

Es muy frecuente la necesidad de determinar qué área tiene cierta porción de la superficie terrestre representada en un mapa.

El caso más sencillo, pero raramente encontrado, es cuando la zona por medirse es de forma geométrica regular. En este caso, el cálculo se hace a partir de tomar una o varias distancias y aplicar la fórmula geométrica de cálculo de área (ya sea la de un cuadrado, triángulo, rectángulo, etc.) y efectuar la operación que corresponda en función de la escala del mapa.

Ejemplo: Si el área tiene una forma claramente rectangular en un mapa a escala 1:40,000, se mide con una regla graduada un lado mayor y un lado menor y se aplica la escala y la fórmula correspondiente para calcular su área (área = base x altura).

Dimensiones en el mapa.

Lado mayor = 13.8 cm. = base

Lado menor = 6.3 cm. = altura

Aplicando la escala

13.8 cm. x 40,000 = 552,000 cm. = 5,520 m.

6.3 cm. x 40,000 = 252,000 cm. = 2,520 m.

Área en el terreno = 5,520 m. x 2,520 m.

= 13,910,400 m² 1 ha = 10,000 m²

= 1,391.04 ha.

Sin embargo, generalmente la superficie a medirse resulta ser de forma irregular, por lo que se hace necesario seguir el procedimiento denominado método de cuadrados.

La precisión de este método varía según la escala del mapa y el tamaño de los cuadrados, mientras más grande sea la escala y más pequeño sea el cuadrado, más precisa resultará la medición. El área de los cuadrados debe tener una relación conveniente con la escala del mapa. Es indispensable que el mapa cuente con una escala, de lo contrario tendrá que determinarse una escala aproximada.

Es recomendable elaborar cuadrículas que correspondan a extensiones de 1 km. por lado, ya que cubren una superficie de 100 ha cada uno (o la cuarta parte de ellos, 25 ha). En ocasiones, la cuadrícula UTM de la carta 1:50,000 tiene 1 Km. por lado, lo que facilita la obtención de áreas en ésta.

	1	2	3	4	5	6						
	7	8	9	10	11	12	13					
	14	15	16	17	18	19	20	21				
	22	23	24	25	26	27	28	29				
	30	31	32	33	34	35	36	37				
		38	39	40	41	42	43	44				
		45	46	47	48	49	50	51				
		52	53	54	55	56	57	58				

Método de cuadrados para la obtención de áreas en un mapa

Procedimiento:

- 1º. Se cuadrícula el área de manera uniforme, ya sea de la cuadrícula UTM existente, una establecida con plantilla o, si es posible, un trazo directo en el mapa.
- 2º. Se cuentan los cuadros incluidos dentro del área. Si el área incluye más de la mitad de un cuadrado, se cuenta el cuadrado completo; si es menor no se incluye.
- 3º. Una vez determinada, según la escala, la superficie real en terreno que comprende cada cuadrado, ésta se multiplica por el número de cuadros contados en el área a medirse.

Ejemplo:

$$\begin{aligned}\text{Suma de cuadrados} &= 58 \\ \text{Superficie real en el terreno} &= 58 \times 250,000 \text{ m}^2 \\ &= 14.5 \text{ km}^2\end{aligned}$$

Existen otras técnicas para obtener áreas en un mapa, las cuales generalmente siguen los mismos principios y alcanzan precisiones semejantes al método anteriormente descrito.

3.2.4 Cálculo de áreas y longitudes con ordenadores.

En el mercado existen gran variedad de programas (software) con los que se pueden realizar medidas de longitud, de superficie.

Los Sistema de Información Geográfica (SIG) y AutoCad (Diseño Asistido con Ordenador) son programas que realizan estas tareas mediante ciertos opciones y atributos, por lo que es necesario tener adiestramiento en dichos programas.

3.3 ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS

3.3.1 Conceptos altimétricos

- Relieve es la diferencia de elevación entre la cima de los cerros, colinas y el fondo de los valles.
- Elevación o altitud es la distancia vertical entre un punto dado y un plano de superficie de referencia.

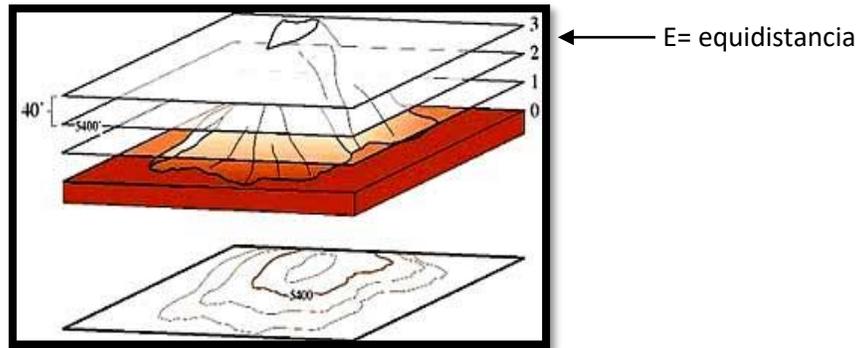
- Plano de referencia es la superficie de nivel a partir de la cual se miden todas las altitudes de un mapa, generalmente se usa el nivel medio del mar y que sirve como referencia para ubicar la altitud de las localidades y accidentes geográficos (excepto los submarinos, por supuesto, que se miden por su profundidad). Dado que el nivel del mar no es constante debido a las mareas, ni tampoco es igual en distintos lugares de la Tierra, en cada país se toma un nivel predeterminado en un lugar concreto y a determinada hora. Cualquier altitud que se quiera calcular en dicho país se hará en comparación con respecto a ese nivel predeterminado.
- Altura es la diferencia vertical entre un objeto y los que le rodean en las inmediaciones.
- Equidistancia real o métrica o, simplemente equidistancia es la distancia vertical que existe entre dos curvas de nivel consecutivas, ó, lo que es lo mismo es la distancia constante E que separa a dos planos secantes, consecutivos.
- Curva de nivel es la línea que une todos los puntos que están a la misma altitud o elevación sobre el nivel del mar o plano de referencia. También se les llama isohipsas o isolíneas de altitud. La orografía en un mapa se representa mediante las curvas de nivel.

Las curvas de nivel son la representación gráfica de la tercera dimensión en un plano o en una hoja bidimensional y sirven para facilitar la interpretación del terreno y dar las pistas necesarias para poder imaginar en 3 dimensiones los contornos reales del paisaje como relieves y volúmenes. Estas son líneas imaginarias equidistantes unas de otras, que no se cruzan y que unen puntos de igual altitud, con la practica podremos extraer gran información de la lecturas de estas curvas. Es importante saber que la equidistancia entre curvas viene dada en la leyenda de la carta topográfica. Las curvas de nivel marcan la equidistancia en vertical y no en horizontal eso quiere decir que cuanto más cerca estén las curvas de nivel unas de otras mayor es la pendiente de la ladera.

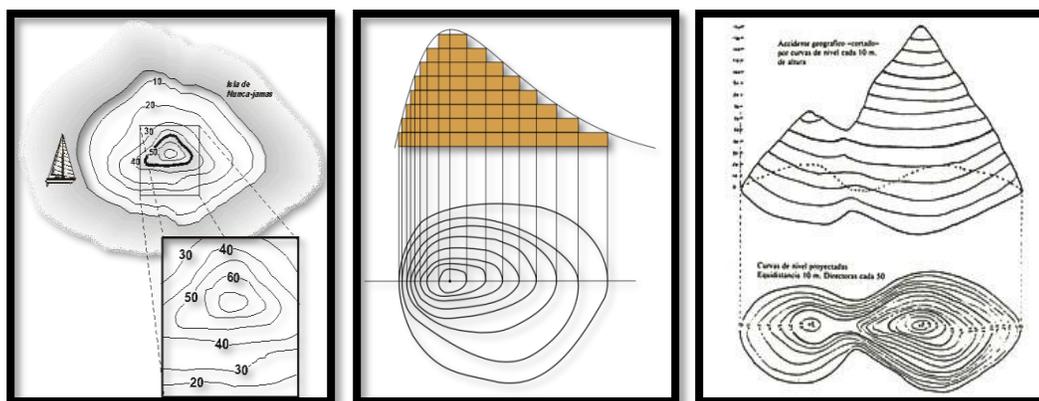
Las curvas de nivel son una expresión clara y cuantitativa de las geoformas, con ellas es posible hacer cálculos volumétricos aproximados de almacenamientos en presas, cortes en una carretera, jales y también son útiles en el cálculo de pendientes y en el dibujo de perfiles morfológicos.

Las curvas de nivel se obtienen por la intersección con el relieve de planos horizontales y separados entre sí un mismo intervalo de altitud. Cuando el mapas está impreso en colores, las curvas de nivel aparecen de color marrón u ocre, simbolizando que el color más frecuente que visualizaríamos sobre el terreno

(salvo en zonas verdes cubiertas por vegetación) es el típico color marrón naranja de la tierra.



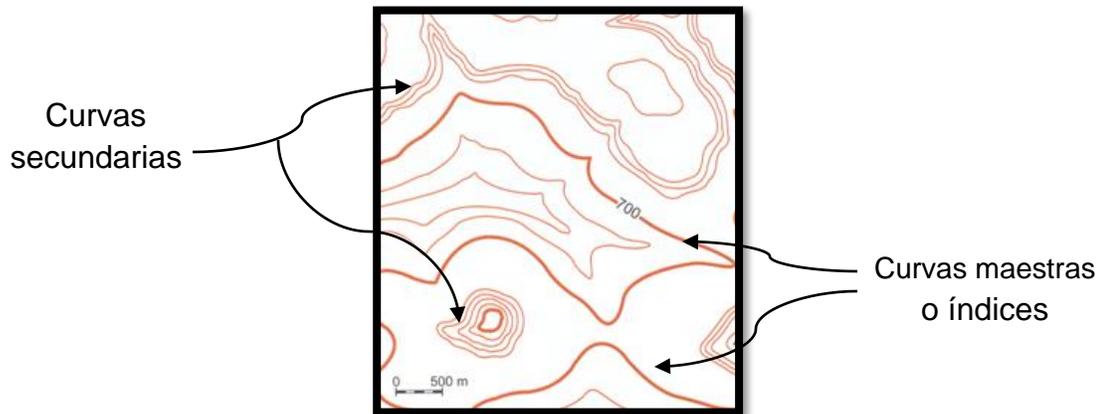
ESCALAS	Equidistancia	Curvas directoras	Curvas intermedias
1:5.000	2m	10m	4
1:10.000	5m	25m	4
1:25.000	10m	50m	4
1:50.000	20m	100m	4
1:100.000	40m	200m	4
1:200.000	100m	400m	3
1:400.000	200m	800	3
1:800.000	400m	----	----



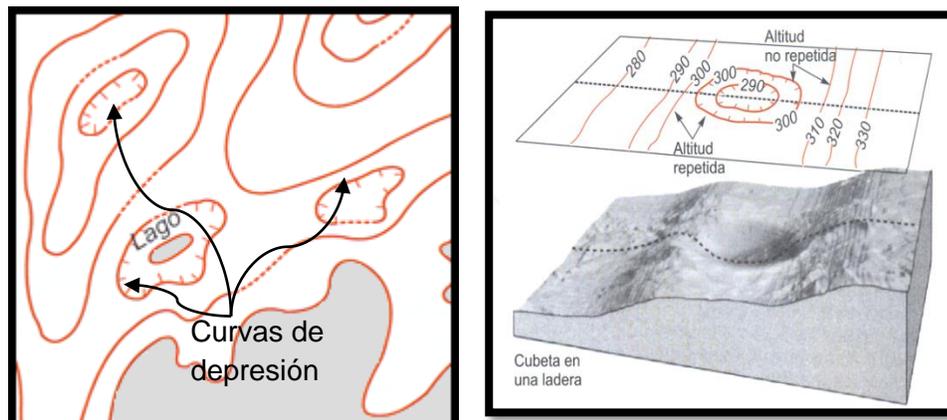
Representación en 3 dimensiones de las curvas de desnivel de la carta topográfica.

Existen varios tipos de curvas de nivel:

Las curvas maestras o índices: dibujadas con trazos más gruesos nos servirán de guías, ya que en varios puntos de su línea viene indicada la altitud.



Las curvas medias o secundarias: no llevan información sobre la altura pero nos permitirán interpretar mejor la geomorfología de la zona o accidente geográfico. Están dibujadas con líneas más delgadas.



Las curvas de depresión: estas al revés de las curvas de nivel anteriores representan en el mapa una depresión en el terreno, con las mismas características que las anteriores solamente que se agregan unas pequeñas puntas a las curvas que nos indican la dirección de la depresión.

3.3.2 Propiedades de las Curvas de Nivel

1. Todos los puntos de una curva de nivel tienen la misma elevación
2. Son equidistante entre sí
3. Una curva de nivel engloba o incluye a la inmediata de mayor cota
4. Las curvas de nivel nunca se cruzan o se interceptan entre sí, excepto cuando son de una superficie vertical, como la de un acantilado.

5. Las curvas de nivel deben cerrar sobre sí mismas, dentro o fuera del mapa.
6. La distancia entre las curvas indica la magnitud de la pendiente. Un amplio espaciamiento corresponde a pendientes suaves, un espaciamiento estrecho señala una pendiente muy inclinada; un espaciamiento uniforme y paralelo indica una pendiente constante.
7. Curvas muy irregulares indican terreno muy accidentado, las curvas más regulares indican pendientes y cambios graduales.
8. Curvas concéntricas y cerradas, cuya elevación va en aumento, representan elevaciones de montes y prominencias del terreno.
9. Curvas que forman contornos alrededor de un punto bajo y cuya cota va disminuyendo se llaman curvas de depresión, representada como una curva de nivel achurada.
10. Las curvas de nivel se doblan cuando se sube una corriente de agua o un valle.
11. Las curvas forman una V que apunta al nacimiento de la corriente.
12. Las curvas también tienden a adoptar una forma de V sobre el eje central de alineaciones montañosas. El vértice de la V señala el sentido en que va perdiendo altura.
13. El eje de una lineación montañosa hace el papel de un eje de simetría para las curvas de nivel. Estas se repiten a un lado y otro de la línea de cumbres con altitudes tanto más bajas cuanto más nos alejamos del eje.
14. La regla inversa a la anterior, es cuando el cauce de un río que discurre por medio de un valle también hace el papel de un eje de simetría: las curvas se repiten a un lado y otro del río, pero el contrario que en el caso de la línea de cumbres, las curvas son mayores cuanto más nos alejamos del río.

3.3.3 Principales Accidentes del Terreno

Las curvas de nivel raramente son paralelas entre sí, sino que tienen continuas inflexiones, recodos, irregularidades, etc. cuyo único fin es reflejar la variedad de la superficie del terreno. Para una correcta interpretación de las curvas de nivel es necesario conocer los elementos más importantes del relieve.

- *MONTE*. Elevación del terreno respecto del que le rodea. Cresta si es alargada, Meseta si es ancha y plana y Pico si es puntiaguda.
- *CIMA* o *CUMBRE*. Es la cumbre o altura superior de un monte. En los mapas se representa con curvas concéntricas que encierran a otras mayor altitud.
- *LADERA*: o vertiente es la superficie que une la vaguada con la divisoria. Si se aproximan a la vertical se denominan escarpados o paredes. Es el declive de un monte por uno de sus lados. En un mapa se representa como un conjunto de curvas aproximadamente equidistantes rectilíneas y paralelas.
- *COLLADO*. Es una zona deprimida entre dos colinas, es el punto de encuentro de dos divisorias y dos vaguadas. Unión de dos entrantes y dos

salientes, llamándose también desfiladeros (si son profundos y de laderas con gran pendiente) puertos (si son de fácil acceso) o brechas si son pequeños y de difícil acceso.

- **DEPRESIÓN.** Es una zona más baja que lo que la rodea. En un mapa se representa con curvas concéntricas que engloban sucesivamente a otras de menor altitud.
- **VALLE:** Zona comprendida entre dos grandes divisorias y por donde, normalmente, circula un río.
- **LLANURA.** Son zonas de mínima pendiente, corresponden a representaciones donde las curvas de nivel están muy separadas.
- **RIO:** Corriente de agua de cierta importancia, llamándose arroyo si el caudal es poco considerable o torrente si sólo circula agua en tiempo de lluvia (de forma turbulenta). La zona por donde circula se denomina cauce o lecho.
- **VADO.** Zona de un cauce por donde se puede cruzar (a pie, a caballo o en vehículo) debido a su poco cauce, lecho firme y poca corriente.
- **CONFLUENCIA.** Punto de unión de dos cursos de agua, llamándose desembocadura si es donde un río se une al mar.
- **HOYA.** Depresión del terreno respecto al que le rodea, llamándose laguna o charca si hay agua de forma permanente o lago si es de gran extensión. En zonas montañosas se llama ibón.
- **COSTA.** Parte del terreno que está en contacto con el mar. Si es baja y arenosa, se denomina playa; si es escarpada y de paredes casi verticales, se llama acantilado.
- **MOGOTE.** Pequeña elevación del terreno respecto del que le rodea, de forma troncocónica; se le llama loma si es de forma alargada.
- **MONTAÑA.** Gran elevación del terreno formada por un grupo de montes.
- **MACIZO:** Agrupación de montañas que se ramifican en todas direcciones
- **SIERRA.** Grupo de montañas en una sola dirección.
- **CORDILLERA.** Sucesión de sierras.

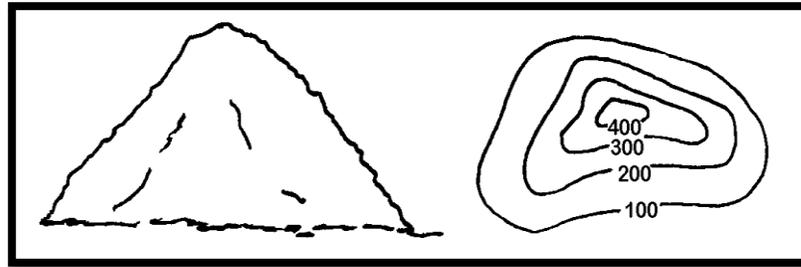
Diferencia altitudinal

<i>Lomerío</i>	<i>< 200 m</i>
<i>Montaña baja</i>	<i>200-400 m</i>
<i>Montaña alta</i>	<i>400 -1150 m</i>

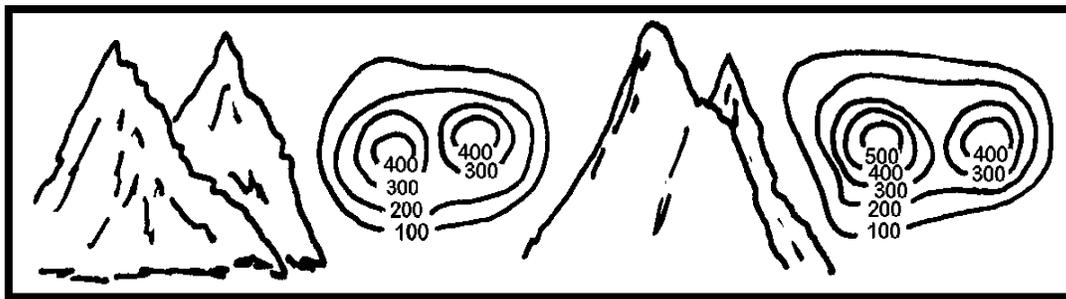
3.3.4 Identificación de algunas formas del terreno

El terreno presenta formas variadísimas pero existen algunos elementos fundamentales que nos ayudarán en la lectura e interpretación de planos.

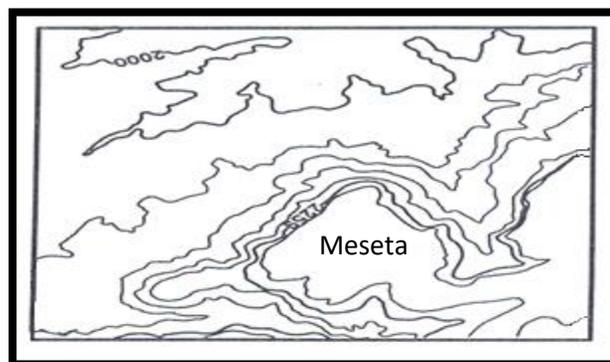
En los dibujos siguientes podemos ver algunas formas típicas del terreno y su representación topográfica.

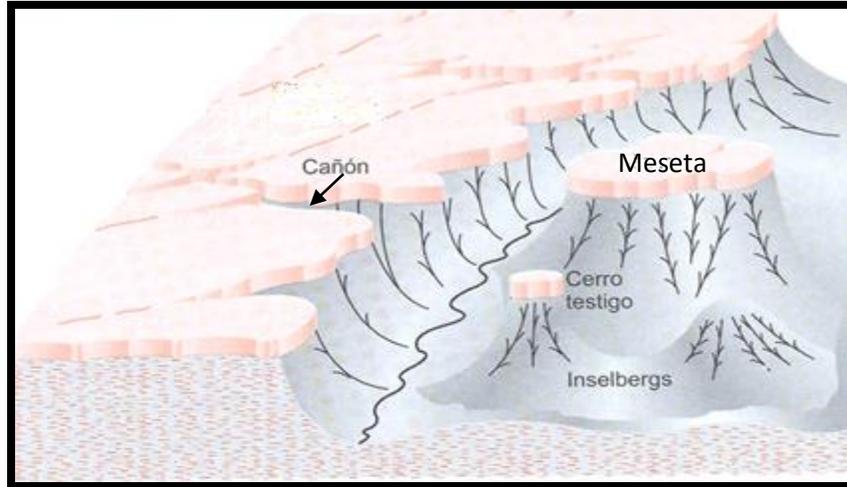


Monte o Colina:- son curvas concéntricas y cerradas, cuya elevación va en aumento, representan elevaciones de montes y prominencias del terreno. Se llama Pico si es puntiaguda, Cresta si es alargada, Meseta si es ancha y plana.



Picos gemelos de la misma altura y de altura diferente, la elevación es puntiaguda

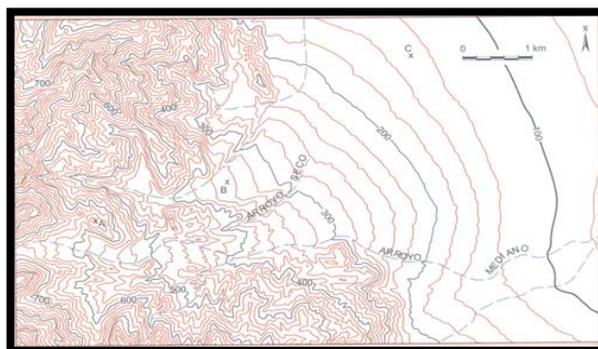




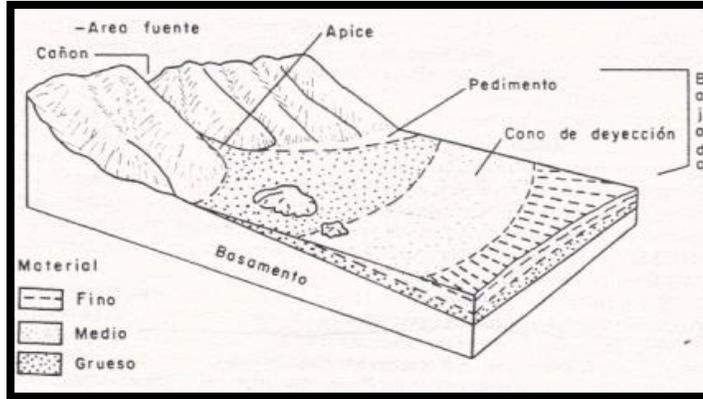
Meseta:- rasgo formado por la erosión diferencial de las rocas horizontales resistentes y se representan por curvas concéntricas, cerradas, alargadas, anchas y planas.



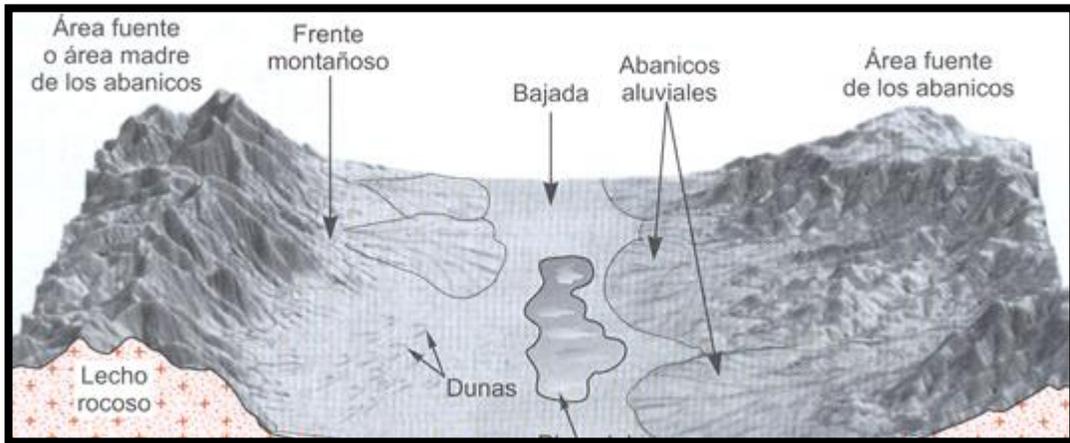
Volcán:- representado por curvas como un monte pero en la cima tiene curvas achuradas que indica la depresión de la caldera.



Topografía de un Abanico Aluvial

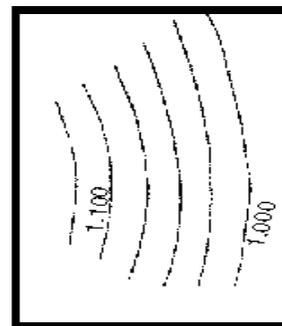
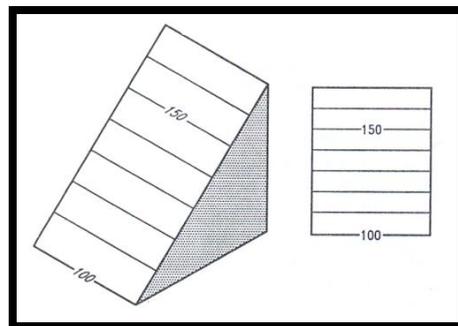


Bloque de diagrama de las relaciones geomorfológicas existente en un abanico (Williams, 1969)

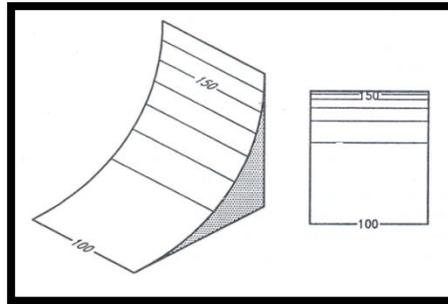


Abanico aluvial:- representado por curvas que se van espaciando cada vez más al salir de un pie de montaña o cañon. Se forma debido a la acumulación de materiales por corrientes torrenciales al frente de una montaña.

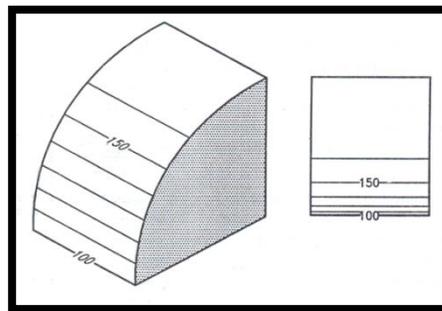
De acuerdo a la geometría de una ladera, las curvas de nivel se representarán con distinto espaciamiento entre sí. Si tenemos una superficie plana e inclinada las curvas de nivel representadas son paralelas e igualmente espaciadas.



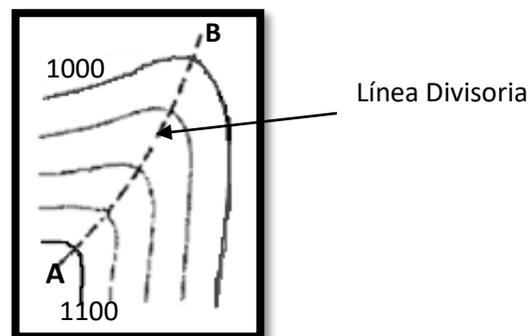
Si la ladera tiene una curvatura cóncava, las curvas de nivel aparecerán más próximas, conforme asciende el relieve.



En el caso de una ladera convexa, las curvas de nivel se representan cada vez más espaciadas conforme asciende el relieve.

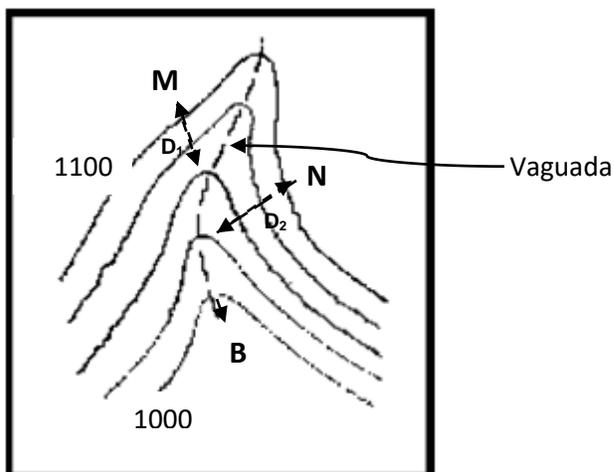


La representación de una *divisoria* es el encuentro de dos vertientes que se unen originando una superficie convexa. Sus curvas suelen ser más redondeadas y se caracteriza porque *las curvas de menor cota envuelven a las de mayor cota*. Si desde el punto C (en la figura) de la divisoria AB, trazamos las líneas de máxima pendiente a una y otra vertientes, y una teórica gota de agua que cae en C, cada una de sus mitades se deslizará de acuerdo con cada una de las líneas; de ahí el nombre de *divisoria de aguas*. También se le llama saliente

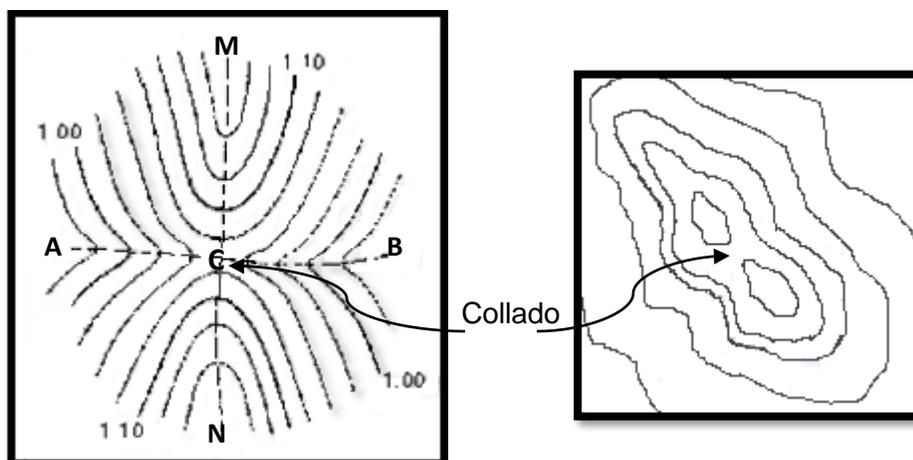


Una *vaguada* (llamada entrante) está formada por dos vertientes que se unen según una superficie cóncava y su representación se caracteriza porque las curvas de mayor cota envuelven a las de menor cota. Si desde los puntos M y N

(en la figura) de cada una de las vertientes trazamos las líneas de máxima pendiente respectivas, estas seguirán una trayectoria bastante rectilínea hasta llegar a AB para descender luego a lo largo de ella, lo cual quiere decir que las aguas que caigan en estas laderas irán a parar a la mencionada línea AB para encauzarse a lo largo de ella.

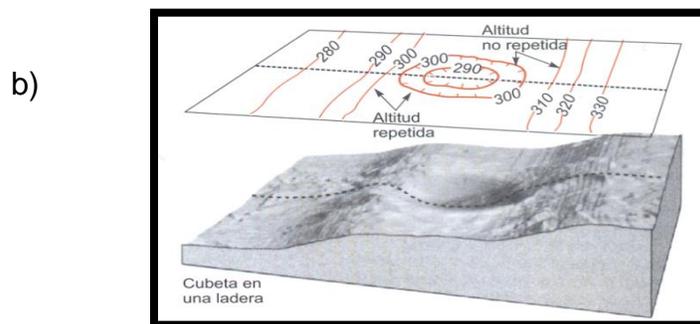
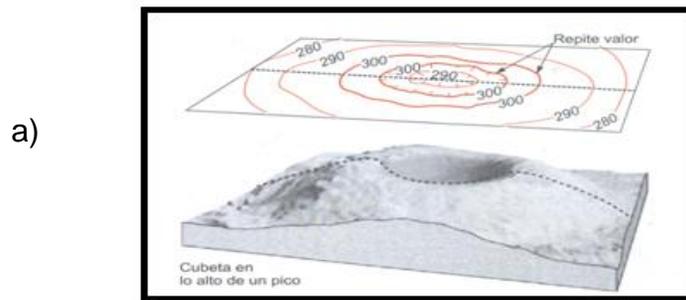


El *collado* es una forma más compleja de representación, pero muy interesante ya que suele ser el paso más cómodo para cruzar una sierra. Está constituido por dos divisorias (MN en la figura) enfrentadas y dos vaguadas opuestas (AB en la figura). El collado (C en la figura) es el punto más bajo de las dos divisorias y el más alto de las dos vaguadas.

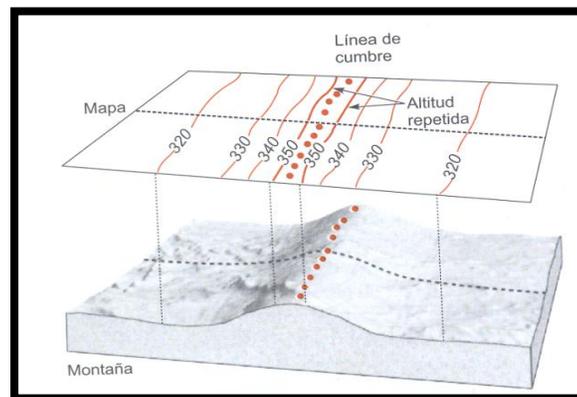


La *Cubeta*, *Depresión* o *Dolina* son curvas que forman contornos alrededor de un punto bajo y cuya cota va disminuyendo y está representada como una curva de nivel achurada que se contornean con achures que indican hacia donde

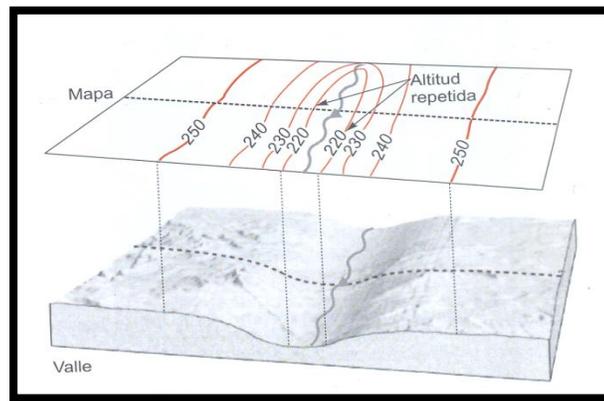
se deprime el terreno. La disposición de las curvas cambia en función de que la depresión se encuentre en la cima de la montaña (a) o se ubique en medio de la ladera (b).



El *eje de alineación montañosa* (línea de cumbres) hace el papel de un eje de simetría para las curvas de nivel, las cuales se repiten a un lado y otro de la línea de cumbres con altitud más baja cuanto más nos alejamos del eje.



El *río* discurre por medio de un valle, el cual también hace el papel de un eje de simetría: las curvas de nivel se repiten a un lado y otro del río pero al contrario que en el caso del eje de alineación de montaña, las curvas son de mayor valor cuanto más nos alejamos del río.



3.3.5 Perfil o Corte Topográfico

El corte topográfico sirve para hacerse una idea de cómo es el relieve que está dibujado en el mapa. Para levantarlo debemos partir de la información que nos proporciona el mapa, es decir, las curvas de nivel, la distancia horizontal entre dos puntos y la escala.

Para hacer un corte o perfil topográfico debemos de hacer lo siguiente:

- Seleccionar dos puntos del mapa
- Trazar una línea recta entre ambos.
- Luego sobre un papel milimétrico colocado encima de la línea marcamos todas las curvas de nivel que nos encontremos. Si las curvas de nivel están muy juntas basta con que marquemos las curvas maestras.
- Dibujamos un eje de coordenadas.
- El eje horizontal (abscisas) tendrá la misma escala que el mapa de donde se obtiene el perfil. Si se quiere variar habrá que hacer los cálculos oportunos. Sobre esa línea trasladamos las distancias entre las curvas de nivel que tenemos en la hoja.
- El eje vertical (ordenadas) tendrá una escala diferente. Lo normal, para poder ver cómodamente el relieve es que esté en la escala 1:10,000, pero podemos elegir cualquiera. Es decir, cada centímetro en el papel serán 100

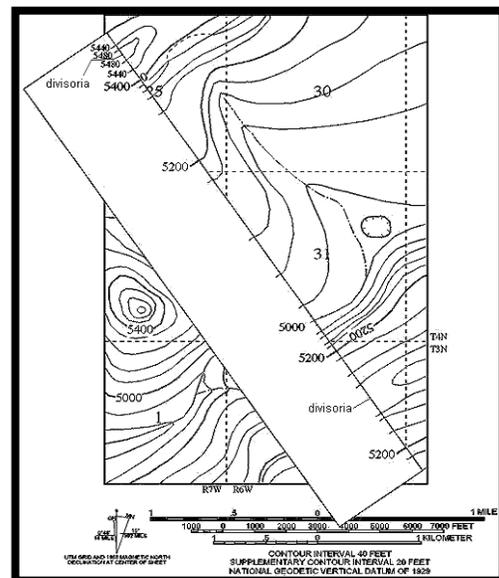
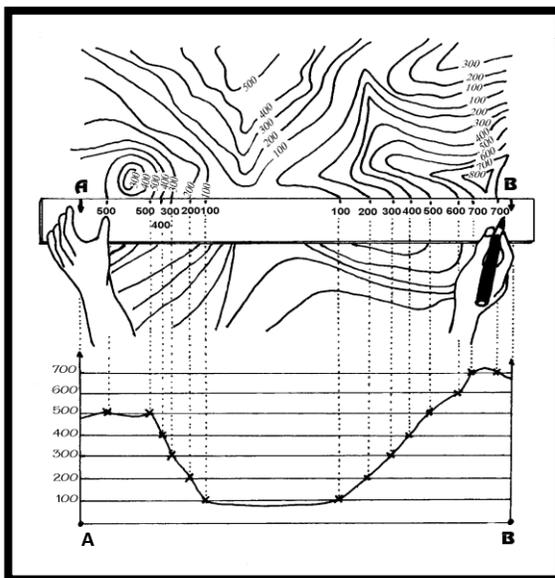
metros en la realidad. No es necesario que la escala gráfica vertical comience en un valor de altitud 0, con que comprenda los puntos de máxima y mínima altitud a lo largo del perfil.

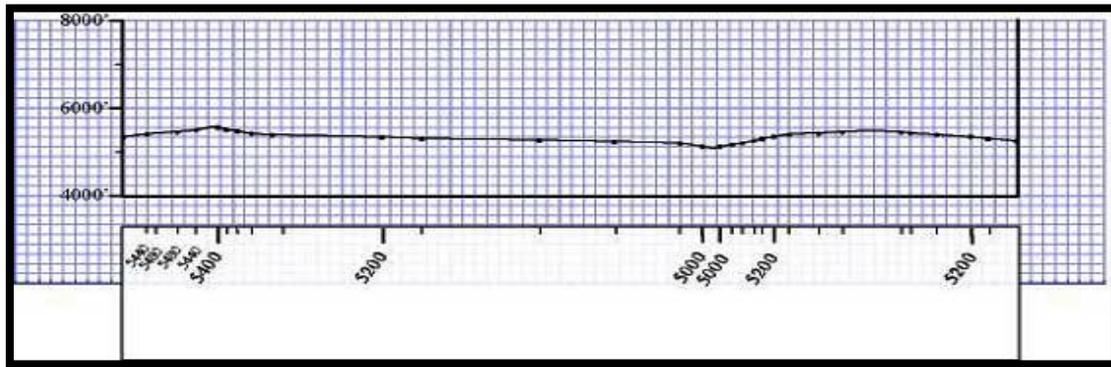
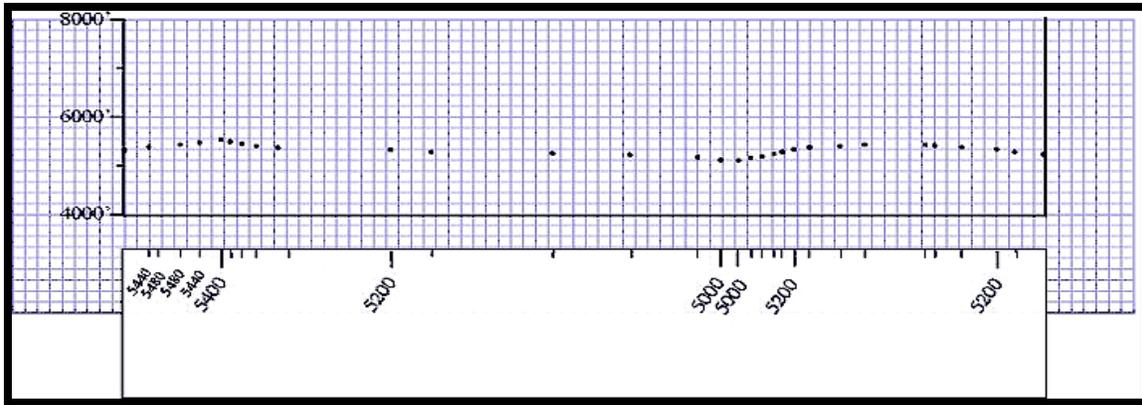
- A continuación levantamos cada punto del eje de abscisas en vertical hasta alcanzar la altitud correspondiente en el eje de ordenadas. Y lo marcamos.
- Cuando lo hayamos hecho unimos todos los puntos y tendremos un perfil del relieve en línea recta entre los puntos seleccionados.

Para completar el perfil debemos poner como mínimo:

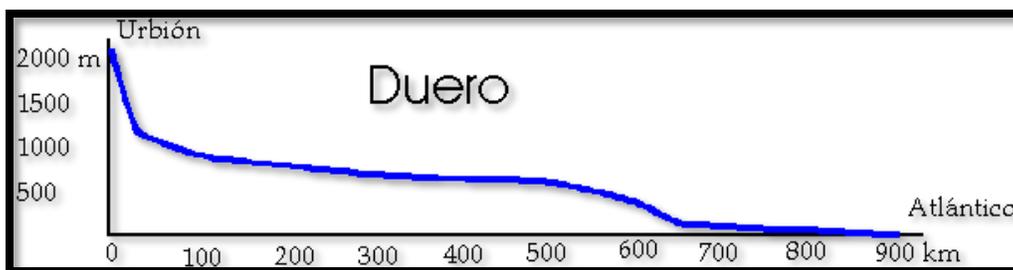
- a) La hoja en el que se encuentra la zona seleccionada, el nombre de los puntos de los extremos del corte.
- b) La escala horizontal que coincide con la escala del mapa de donde se obtiene el perfil y también anotar la escala vertical que utilizamos
- c) Anotar la dirección del perfil o el rumbo del corte.
- d) La posición de localidades, carreteras y cursos fluviales. Si el río discurre por el medio de un valle con una V bien marcada es suficiente. Si es una carretera que aparece en medio de una ladera, se puede dibujar un pequeño trazo horizontal que rompa la pendiente del corte, pueblos o localidades por donde pasa, se simbolizan por medio pequeñas casa o cuadros pequeños en la posición de la localidad. Esta simbología no tiene que estar a escala.

Se pueden hacer también cortes que nos den la imagen del perfil de un trayecto sinuoso. Para ello debemos tomar la distancia entre las curvas de nivel que vayamos atravesando, para poder marcarlas sobre el eje de abscisas. Los cortes sinuosos más habituales son los del trayecto de una carretera y el perfil de un río, que es siempre descendente.



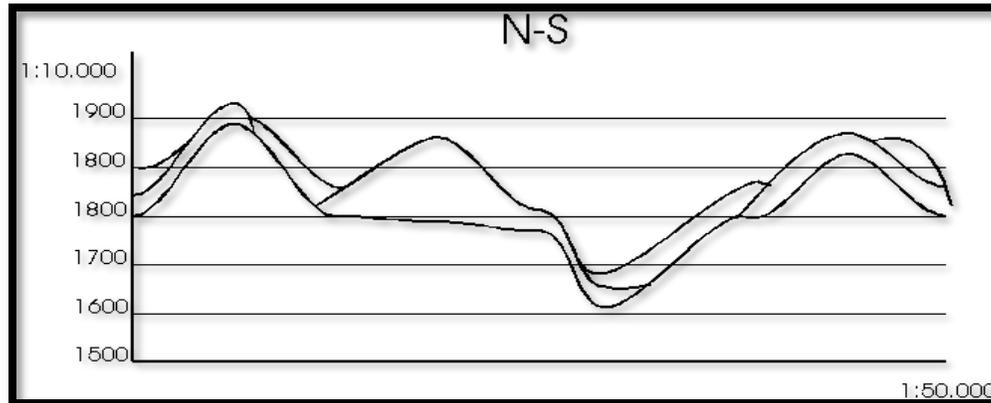


Perfil del Río Duero



Si en lugar de hacer un solo corte hacemos varios paralelos y resaltamos las líneas que sobresalen tendremos un corte compuesto, que nos da una idea del aspecto del paisaje.

Corte Topográfico Compuesto



Los perfiles son representaciones tridimensionales de la Tierra que presentan un realce vertical y hay que tener muy en cuenta la escala vertical que se utiliza, y dependiente de los objetivos que se busquen con el corte topográfico la regla general de realzar el relieve de los perfiles puede cambiar. Para cortes geológicos es condición necesaria que la escala vertical sea la misma que la horizontal.

En algunos casos, si se utiliza esta misma escala, los perfiles que resultan son con relieves muy suavizados y pueden ser poco representativos. En la práctica, la escala vertical es mayor que la horizontal, obteniéndose un perfil que exagera el relieve. El grado de exageración del relieve viene definido por el cociente entre la escala numérica vertical y la escala numérica horizontal.

Por ejemplo, si se realiza un perfil a partir de un mapa a escala 1:100,000 con una escala vertical 1:20,000 la exageración del perfil es:

$$\text{Grado de exageración vertical} = 100,000/20,000 = 5 \text{ veces}$$

Si la escala del mapa es de 1:50,000 y la vertical 1:10,000 entonces tenemos:

$$\text{Grado de exageración vertical} = 50,000/10,000 = 5 \text{ veces}$$

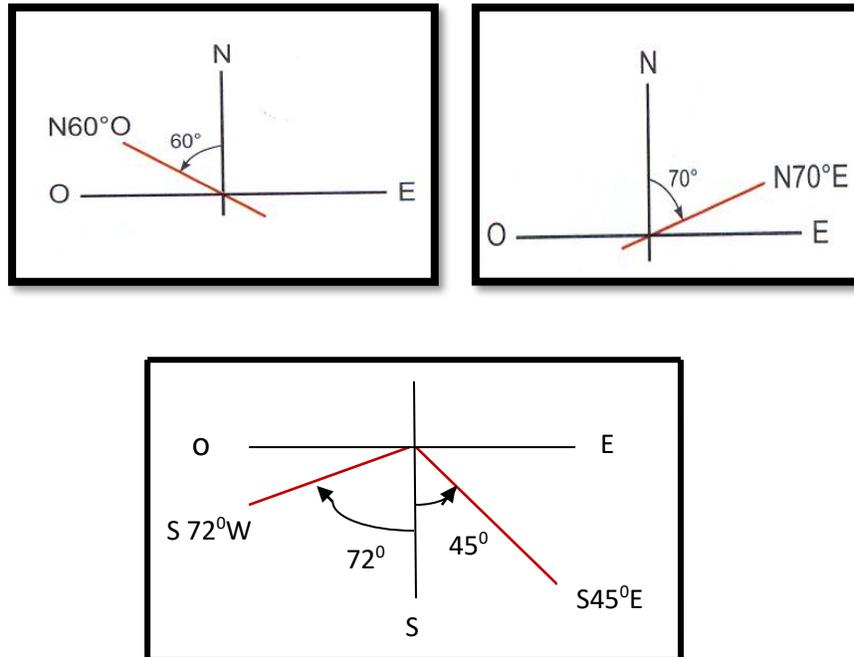
3.3.5.1 Dirección de Líneas y Ángulos Horizontales

Se llama dirección de línea, al ángulo horizontal formado entre esa línea y otra que se toma como referencia u origen.

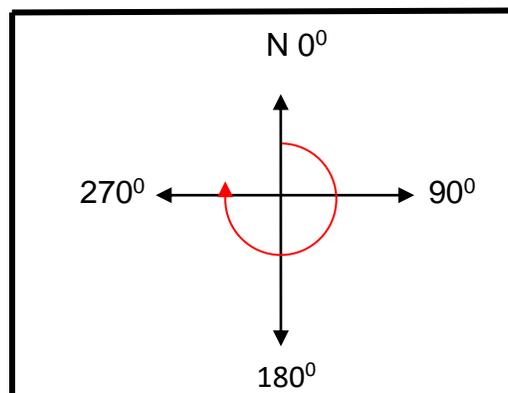
En cartografía se toma como origen el meridiano del lugar o de la proyección de este sobre el plano del horizonte, llamada meridiana los cuales definen los puntos cardinales Norte y Sur.

La dirección de una línea se puede definir mediante su *rumbo* o a su *azimut*.

El *Rumbo* es el ángulo que forma una línea con el eje Norte–Sur (meridiano del lugar). Se mide de 0° a 90° grados, a partir del Norte o Sur, hacia el Este o hacia el Oeste.



El Azimut (acimut) es el ángulo que forma una línea con la dirección N-S (o meridiana del lugar). Se mide generalmente de 0° a 360° a partir del Norte, en sentido de las manecillas del reloj.



3.3.5.2 Orientación del Perfil Topográfico

La orientación exacta del perfil topográfico se obtiene midiendo directamente sobre el plano topográfico el ángulo de intersección entre la línea del perfil y la dirección norte, empleando un transportador. Estos datos se anotan en cada extremo del perfil, en la parte superior.

Por convención, si la orientación del perfil es NW-SE, se tiene que el NW se coloca en la parte izquierda de la hoja donde se dibuja el perfil y el SE a la derecha; cuando el perfil está orientado N-S lo mejor es colocar al N a la izquierda y el S a la derecha, cuando el perfil está orientado E-W el este se coloca a la derecha de la hoja y el W en la parte izquierda.

4. MAGNETISMO

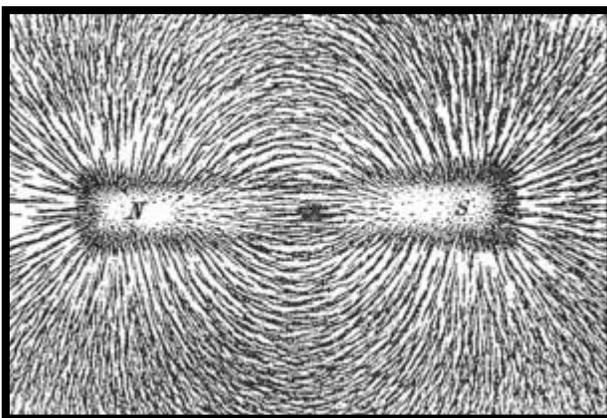
4.1 MAGNETISMO

Los antiguos griegos fueron los que observaron primero los fenómenos magnéticos, en la ciudad de "Magnesia" en Asia Menor, de ahí el término magnetismo. Sabían que ciertas piedras (magnetita Fe_3O_4 , es un óxido), atraían el hierro y que los trocitos de hierro atraídos, atraían a su vez a otros. Estas se denominaron imanes naturales.

En 1820 por primera vez se evidenció que una corriente genera un campo magnético a su alrededor. En el interior de la materia existen pequeñas corrientes cerradas al movimiento de los electrones que contienen los átomos; cada una de ellas origina un microscópico imán. Cuando estos pequeños imanes están orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas; y en cambio, si todos los imanes se alinean, actúan como un único imán y en ese caso decimos que la sustancia se ha magnetizado.

La máxima fuerza de atracción se halla en sus extremos, llamados *polos*. Un imán consta de dos polos, denominados *polo norte* y *polo sur*. Los polos iguales se repelen y los polos distintos se atraen. No existen polos aislados (monopolo magnético), y por lo tanto, si un imán se rompe en dos partes, se forman dos nuevos imanes, cada uno con su polo norte y su polo sur, aunque la fuerza de atracción del imán disminuye.

Entre ambos polos se crean *líneas de fuerza*, siendo estas líneas cerradas, por lo que en el interior del imán también van de un polo al otro. Como se muestra en la figura, pueden ser visualizadas esparciendo limaduras de hierro sobre una cartulina situada encima de una barra imantada; golpeando suavemente la cartulina, las limaduras se orientan en la dirección de las líneas de fuerza



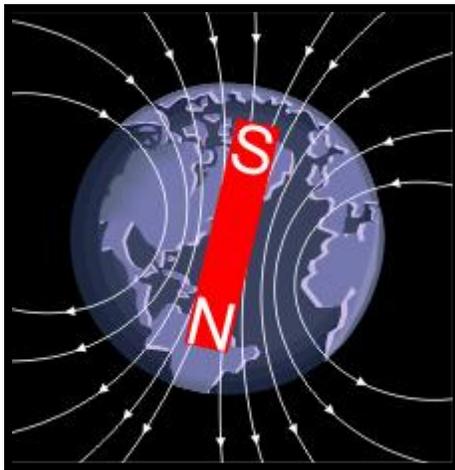
Líneas imaginarias de fuerza de un imán, visualizadas mediante limaduras de hierro extendidas sobre una cartulina.

Es un fenómeno por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión a otros materiales. Hay algunos materiales conocidos que han presentado propiedades magnéticas detectables fácilmente como el níquel, hierro y sus aleaciones que comúnmente se llaman imanes. Sin embargo todos los materiales son influenciados, de mayor o menor forma, por la presencia de un campo magnético.

4.2 CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

El campo magnético terrestre se extiende desde el núcleo hasta atenuarse progresivamente en el espacio exterior (sin límite), con unos efectos electromagnéticos más conocidos en la magnetosfera que nos protege del viento solar.

Una brújula apunta en la dirección Sur-Norte por tratarse de una aguja imantada inmersa en el *campo magnético terrestre*: desde este punto de vista, la Tierra se comporta como un imán gigantesco y tiene *polos magnéticos*, los cuales, en la actualidad, no coinciden con los *polos geográficos*.



Líneas del campo magnético terrestre. *Salen del polo norte magnético hacia el polo sur*

Los polos magnéticos de la Tierra no coinciden con los polos geográficos de su eje. El polo norte magnético se sitúa hoy cerca de la costa oeste de la isla Bathurst en los Territorios del Noroeste en Canadá, casi a 1,290 km al noroeste de la bahía de Hudson. El polo sur magnético se sitúa hoy en el extremo del

continente antártico en Tierra Adelia, a unos 1,930 km al noreste de Little América (Pequeña América).

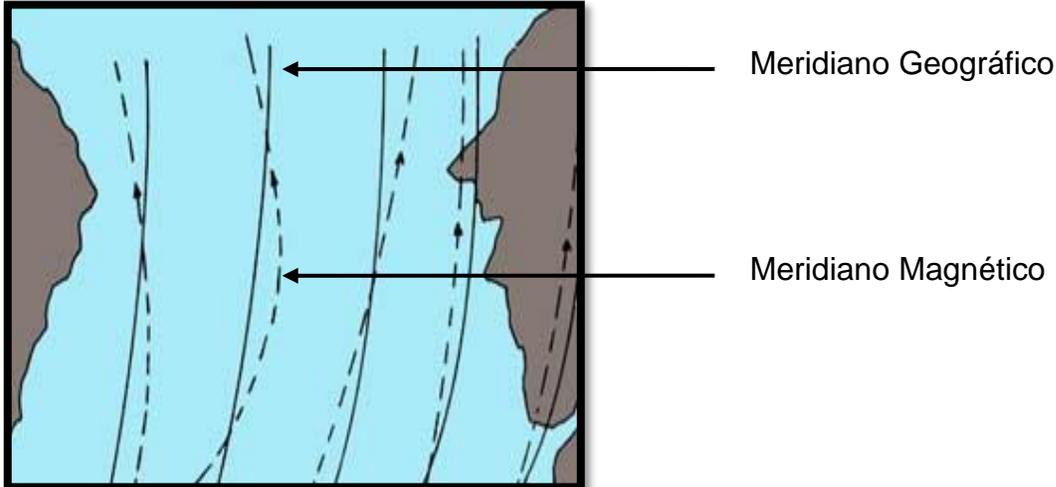


Las posiciones de los polos magnéticos no son constantes y muestran notables cambios de año en año. Las variaciones en el campo magnético de la Tierra incluyen una variación secular, el cambio en la dirección del campo provocado por el desplazamiento de los polos. Esta es una variación periódica que se repite después de 960 años. También existe una variación anual más pequeña, al igual que se da una variación diurna, o diaria, que sólo es detectable con instrumentos especiales.

- Meridianos Magnéticos

Son las líneas magnéticas que en su recorrido sobre la superficie terrestre forman los meridianos magnéticos y no son fijas en su posición geográfica ni en su dirección, parten del núcleo de la Tierra, atraviesan la corteza terrestre en el Polo Sur magnético y se dirigen en busca del Polo Sur Magnético en donde vuelven a atravesar la corteza terrestre para llegar nuevamente al núcleo; forman curvas constantemente de posición, se desplazan en forma lenta pero continua.

En el arco que recorren toman distintas posiciones respecto de su orientación al norte magnético, describiendo al Meridiano magnético que son similares a los meridianos Geográficos pero no coinciden.

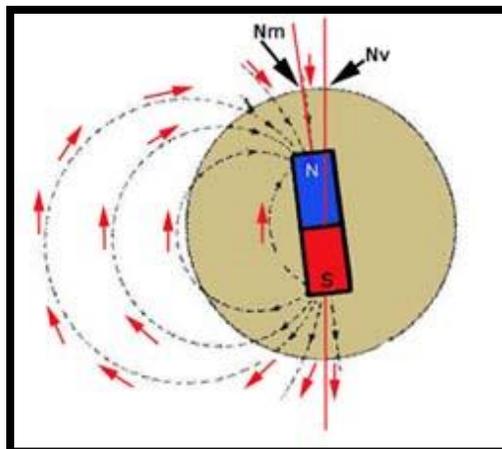


La dirección de las líneas magnéticas es la dirección que toma la aguja de una brújula apuntando hacia el Norte Magnético

- **Inclinación Magnética**

Líneas de fuerza que salen o ingresan al núcleo de la Tierra y que atraviesan la corteza terrestre, son tangenciales al meridiano magnético. El meridiano magnético provoca un arco que al ingresar al polo norte magnético lo haga en forma vertical a la superficie de la Tierra.

Cuando la inclinación es horizontal las líneas de fuerza están ubicadas en el Ecuador Magnético y a medida que se alejan hacia los polos se inclinan hasta llegar a la verticalidad en los polos, saliendo del polo sur e ingresando en el polo norte magnético.

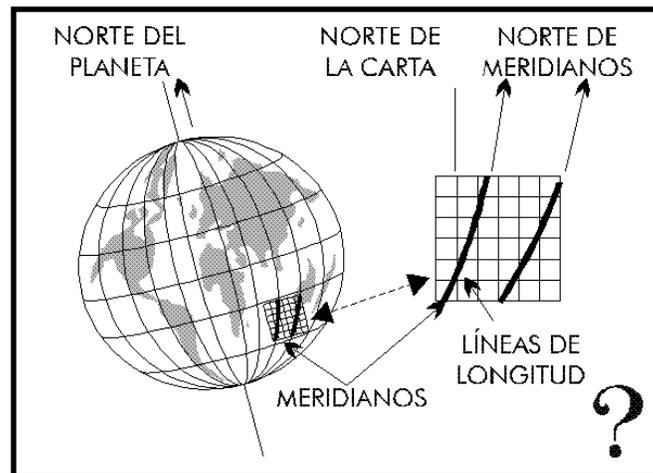


Las líneas isógonas son las que unen puntos de igual declinación magnética, las líneas de declinación cero se llaman *agónicas*.

Las líneas isóclinas son las que unen puntos de igual inclinación magnética, la línea de inclinación cero es el *Ecuador Magnético*.

4.3 TIPOS DE NORTE

Distinguimos *tres tipos de norte*, el *norte geográfico o verdadero*, que es el punto de intersección entre el eje de rotación de la Tierra y su superficie. El *norte magnético*, que es el que señala la brújula. A esta diferencia se le llama *declinación magnética* y su valor depende de dónde estemos situados. Los buenos mapas indican cuál es el valor de la declinación magnética para el centro de la hoja, y cuál es su variación anual. El *tercer norte es el que indica el mapa*.



Como hemos visto en la mayoría de las proyecciones el norte no es un punto sino toda la línea superior del mapa, y esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de hacer cálculos precisos. La diferencia en el centro de la hoja, en los mapas con proyección UTM, entre estos tres tipos de norte es muy pequeña.

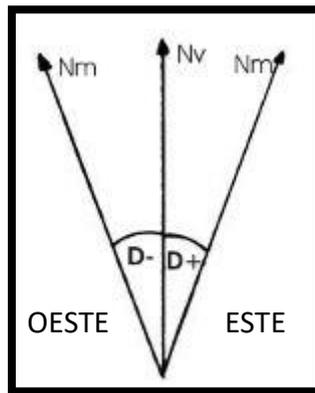
Los planos se establecen en base al norte geográfico, en él convergen los meridianos, mientras que la brújula responde a la atracción de los polos magnéticos del planeta y nos señalará el norte magnético.

4.4 DECLINACIÓN MAGNÉTICA

La *declinación magnética* en cualquier punto de la Tierra es el ángulo comprendido entre el campo magnético terrestre local y la dirección del norte

verdadero. En otras palabras es la diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula (denominado a veces como norte magnético).

La declinación magnética se mide en grados y décimas de grado, y, por convención, es Este o Positiva cuando el Norte Magnético cae al Este (o a la derecha, que tanto...) del Verdadero, caso contrario la declinación es Oeste o negativa.



La declinación magnética está sujeta a tres clases de cambios:

- a) Una alteración continua y permanente, llamada Variación Secular.
- b) Una alteración periódica, llamada Variación Diurna.
- c) Una variación rápida y anormal (debida a perturbaciones magnéticas).

A los fines prácticos, las dos últimas pueden despreciarse.

Cambio de la declinación en el tiempo y en el espacio

La declinación magnética no es siempre de igual valor, depende del lugar en el que se ubique, llegando a variar sensiblemente de un lugar a otro, por ejemplo un viajero que se mueva desde la costa oeste de Estados Unidos a la costa Este puede sufrir una variación de la declinación magnética de cerca de veinte a treinta grados. El valor de la declinación magnética varía, además, a lo largo del tiempo. De esta forma, por ejemplo: una brújula colocada en centro de Padua en el 1796 no marca el mismo valor que si se coloca exactamente en el mismo sitio en la actualidad.

En la mayoría de los lugares la variación es debida a las en el flujo interno del núcleo de la tierra, en algunos casos se debe a depósitos subterráneos de

hierro o magnetita en la superficie terrestre que contribuyen fuertemente en la declinación magnética. De forma similar los cambios seculares en el flujo interno del núcleo terrestre hacen que haya un cambio en el valor de la declinación magnética a lo largo del tiempo en un mismo lugar

La declinación magnética en un área dada cambia muy lentamente dependiendo de lo alejado que se encuentre de los polos magnéticos, y puede llegar a mostrar una velocidad de cambio entre 2 y 25 grados por cada cien años. Este cambio, que resulta insignificante para la mayoría de los viajeros, puede ser importante para los estudios de los viejos mapas.

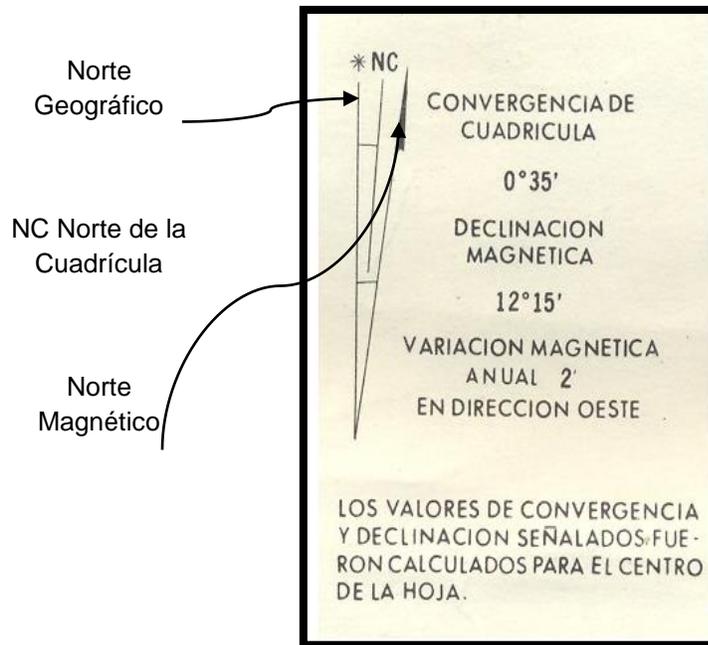
Para maniobras de orientación con brújula aplicadas a distancias cortas y a nuestras latitudes podemos desestimar esta declinación, aunque resulta conveniente saber que existe. Por el contrario, resulta imprescindible su cálculo y corrección para la definición precisa de rumbos en grandes distancias (navegación marítima, aérea o terrestre en grandes superficies) donde el pequeño error de un grado o menos puede conllevar una diferencia de varios kilómetros entre el punto de destino previsto y el alcanzado.

4.4.1 Determinación de la Declinación Magnética

Existen diferentes formas de determinar la declinación magnética para una localización determinada:

- Mediante Mapas

En los mapas topográficos se puede ver la relación existente entre el norte verdadero y el magnético generalmente en la cuadrícula correspondiente a la zona representada, la representación suele ser una flecha (en los mapas inglés suele indicarse como "MN" Magnetic North) y el norte geográfico (una flecha con una estrella de cinco puntas en la parte superior), indicando en una etiqueta el valor de la separación entre ambas direcciones, en grados, en minutos y segundos.



CONVERGENCIA DE CUADRÍCULA PARA EL CENTRO DE LA HOJA _____ 0° 08'
 DECLINACIÓN MAGNÉTICA PARA 1990.0 _____ 11°15'
 VARIACIÓN MAGNÉTICA ANUAL _____ 2'

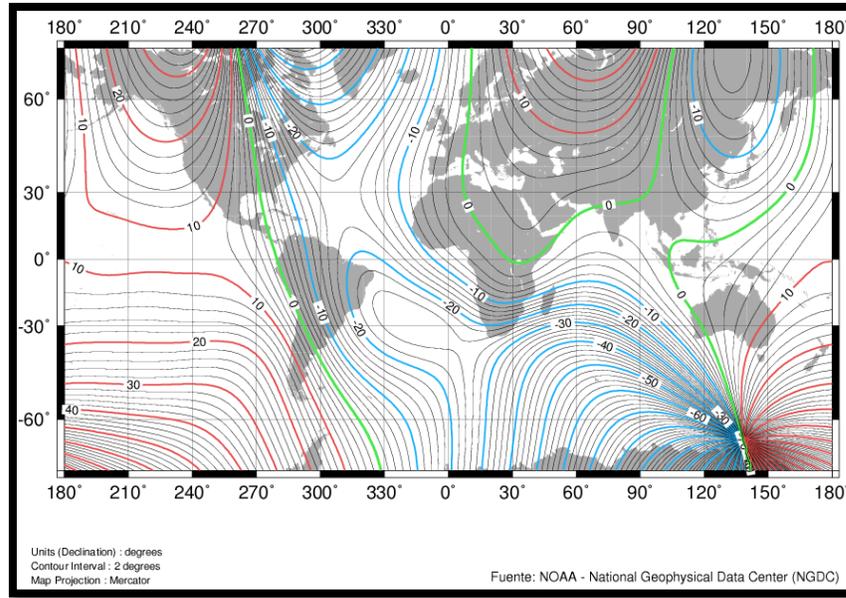
PARA SEÑALAR EL NORTE MAGNÉTICO DE LA HOJA, ÚNASE EL PUNTO PIVOTE CON EL VALOR DEL ÁNGULO NC * M EN LA ESCALA DEL TRANSPORTADOR UBICADA EN EL MARGEN SUPERIOR DE LA CARTA.

SEGUNDA EDICIÓN _____ 1999
 PRIMERA IMPRESIÓN _____ 2000
 AUTORIDAD _____ INEGI / DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA



- Mediante las curvas isogónicas

Son mapa con curvas de igual declinación magnética o isogónicas que aparecen frecuentemente en los mapas aeronáuticos y náuticos.

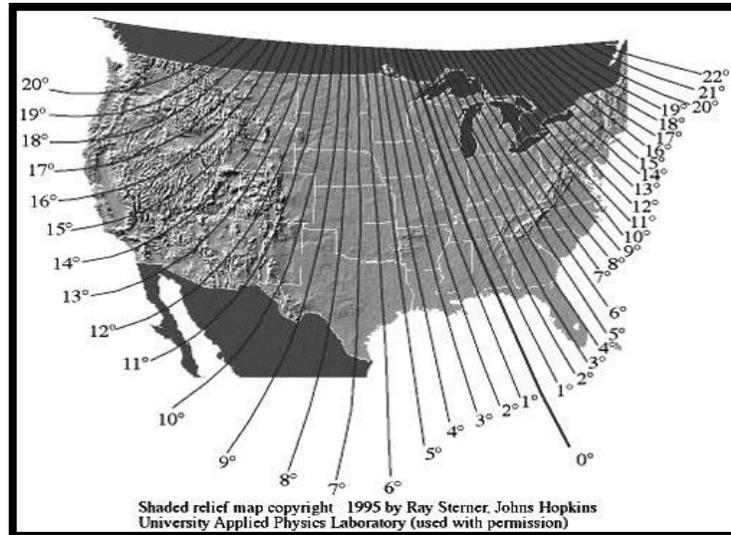


- Mediante Diagramas

En estos diagramas cuando se indica el valor de forma positiva se entiende se añade en sentido de las agujas del reloj al norte verdadero y si es negativo se hace lo mismo en sentido contrario a las agujas del reloj. Por ejemplo un valor como -15° indicará que el mismo valor que $15^\circ W$ tal y como se mencionó anteriormente.

- Otras formas de determinar el valor de la declinación magnética

Se puede consultar en mapas muy antiguos, pero conviene mirar en este caso la fecha de impresión de los mismos ya que puede haber cambiado, siendo su probabilidad creciente si el mapa es antiguo. Se puede también consultar un mapa especializado de curvas isogónicas e interpolar el valor a la zona en cuestión. Hoy en día algunos receptores GPS proporcionan valores tanto para averiguar el norte verdadero como el magnético.



En la figura se grafican los valores de declinación magnética para el año 2000

- De forma más rudimentaria, podemos hallar la declinación del siguiente modo

Si clavamos un palo en el suelo simulando un reloj de sol, formando un ángulo de 90° , la sombra más corta que proyecte será la que nos indique el norte geográfico. Si consultamos la brújula y señalamos el norte magnético, obtendremos un nuevo ángulo. A los grados del rumbo se le restaría los de la declinación, también llamada azimut.

4.4.2 Cálculo de la Declinación Magnética

Los mapas topográficos facilitan las previsiones del valor de la declinación, indicando su variación anual con referencia a su valor en el momento de confección de la hoja.

Una carta topográfica tiene una declinación magnética de $5^\circ 16'$ hacia el oeste en la fecha de 1 de enero de 1989 y una variación anual de $-9' 42''$. Calcular el valor de la declinación magnética a la fecha de 1 de julio de 2003.

Desde el 1 de enero de 1989 al 31 de diciembre de 2002 han transcurrido 14 años, más medio año (0.5 años) de los 6 meses del 1 de enero hasta el 1 de julio de 2003.

$$9' 42'' \times 14.5 \text{ años}$$

Multiplicamos los minutos por los años y por los segundos para conocer el total de minutos y segundos durante los 14.5 años.

$$9' (14.5 \text{ años}) = 130.5' \text{ y}$$

42" (14.5 años) = 609" entonces tenemos ahora 130.5' 609" en los 14.5 años

$$\text{Ahora } 120' \text{ son } 2^\circ \text{ y restamos } 130.5' - 120.0' = 10.5'$$

$$130.5' = (120'/60') = 2^\circ \text{ y } 10.5'$$

$$609" = (600"/60') = 10' \text{ y } 9" = (9"/60') = 0.15'$$

$$\text{Ahora sumamos los minutos } 10.5' + 10.15' = 20.65' \text{ redondeando} = 21'$$

Entonces la declinación ha variado $2^\circ 21'$

Debido a que el signo negativo de la variación anual nos indica que el norte magnético tiende a aproximarse hacia el norte geográfico por lo que la declinación disminuye con el tiempo, luego entonces:

$5^\circ 16'$ hay que restarle $2^\circ 21'$ de manera que al 1 de julio de 2003 la declinación magnética sería $2^\circ 55'$ hacia W del norte geográfico.

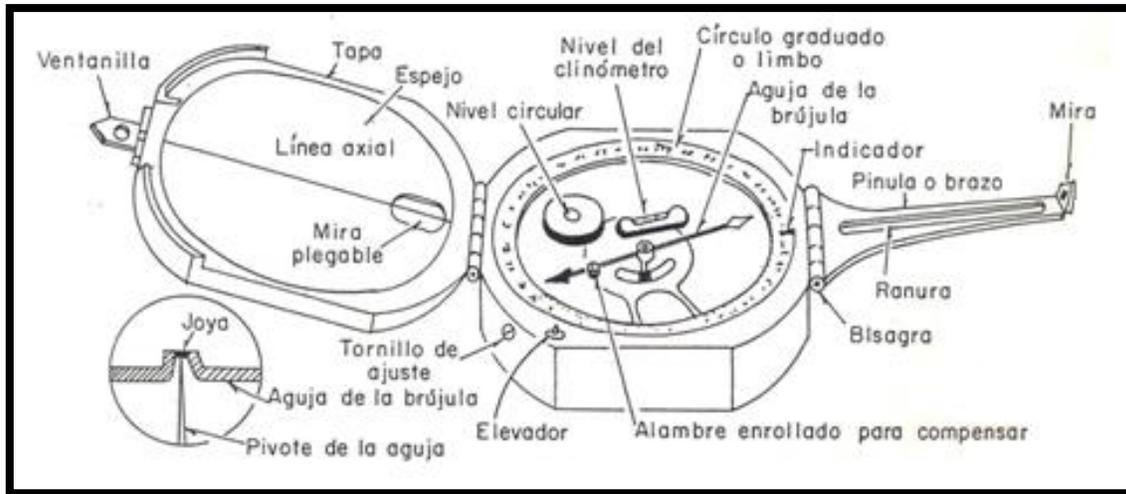
4.5 BRÚJULA

La brújula magnética es un instrumento que mide la dirección del campo magnético terrestre. La aguja se orienta de acuerdo de la orientación del campo magnético del sector donde se ubica. Eso significa en términos teóricos que el aparato "brújula" se compone de dos sistemas principales independientes: Una aguja y el "cuerpo" la caja con la escala etc. Interesante es que la aguja es la parte fija en una brújula. La aguja siempre marca Norte-Sur. La parte móvil "suelta" en una brújula es el cuerpo, la caja.

La brújula Brunton existe en la versión azimutal (de 0 hasta 360°) y en la versión de cuadrantes (cada cuadrante tiene un rango entre $0-90^\circ$) el *rumbero*. La versión azimutal tiene una escala que va de entre 0° hasta 360° . La escala azimutal tiene que ser orientada en el sentido contrarreloj esto implica que el Este (E) y Oeste (W) estén cambiados. La escala del sentido contrarreloj permite una lectura directa, azimutal. Es decir el valor donde punta la aguja es el valor final.

4.5.1 Partes de la Brújula Brunton

La siguiente figura muestra las partes que componen la brújula Brunton



La aguja de la brújula necesita generalmente un *contrapeso*: El campo magnético tiene una componente vertical de acuerdo a la distancia hacia los polos. En las latitudes entre 15° hasta 90° del hemisferio norte y sur la aguja muestra una fuerte inclinación hacia arriba y choca con el vidrio de protección de la brújula. Para que la aguja se mantenga horizontal se usa un contrapeso. Durante viajes del hemisferio norte a sur y viceversa hay que cambiar el peso de un lado al otro.

Las brújulas profesionales generalmente tienen *un botón para liberar o fijar la aguja* (en la foto "D"). Una aguja fijada es un poco más protegido y no se suelta de su eje durante fuertes movimientos.



Brújula con escala azimutal contrarreloj

Existen una serie de niveles: *Nivel esférico* (E) para orientar la brújula perfectamente horizontal y niveles tubulares (B) que se usan en conjunto del clinómetro (en la foto "C").

Adicionalmente las brújulas para usos geológicos o geotécnicos tienen un sistema para medir ángulos verticales (buzamiento, echado). El más conocido es el *clinómetro* (en la foto "C"). El clinómetro se ubica generalmente en el interior de la escala azimutal de la brújula. Se compone de una escala 90 - 0 - 90 y una línea de lectura. Al otro lado de la brújula se encuentra una manilla para mover el clinómetro.



El clinómetro muestra con la escala correspondiente el valor en la foto alrededor de 33°.

La brújula "Brunton" se usa generalmente para mediciones del rumbo y echado.

4.6 ORIENTACIÓN DEL MAPA

Para orientar un mapa topográfico podemos usar varios procedimientos.

Mediante la ubicación de un lugar conocido, mediante la comparación de accidentes geográficos, mediante el uso brújula y GPS

- Mediante la ubicación de un lugar conocido

Para situarnos dentro de un mapa debemos estar en un lugar conocido, ejemplo en la intersección de dos líneas del mapa que sabemos a qué corresponden en la realidad. Por ejemplo dos calles.

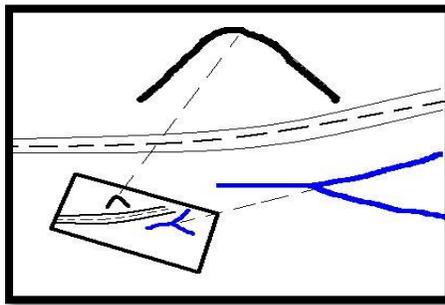
El primero es colocar el plano paralelo a esas líneas que hemos reconocido. Este método es suficiente en la mayoría de los casos. Se usa mucho para orientar planos urbanos. Una vez orientado podemos saber la dirección que debemos

tomar, el rumbo, con sólo saber a qué punto del mapa queremos llegar. El rumbo que marque el mapa es el mismo que debemos tomar en la realidad.

- Mediante el método de comparación de accidentes geográficos o de carácter lineal que aparezcan en la carta y existan en el terreno

1) Ubicamos en el terreno objetos o accidentes que aparezcan también en la carta topográfica como ríos, caminos, cruces, cerros, cumbres, etc.

2) Al identificar en el terreno los objetos o accidentes procedemos a girar la carta de manera de alinear los objetos o accidentes geográficos con los que observamos en el terreno.



- Mediante el Uso Brújula

No obstante, en ocasiones no disponemos de esas ayudas, y para orientar el mapa necesitamos de *la brújula*.

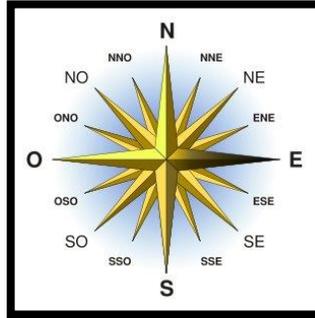
Procedimiento:

1) Deberás actualizar la declinación magnética.

2) Dibuje el diagrama de la declinación magnética actualizada, en la carta mediante un lápiz, en el costado de la carta que estime conveniente con esto tendremos la línea que indicara el norte magnético.

3) Coloque la carta horizontalmente, y sobreponga la brújula sobre la carta de tal manera de alinear el mapa y la flecha Norte-Sur de la brújula (aguja imantada, siempre señala al *norte magnético*) con la línea dibujada que indica el norte magnético. De esta manera la carta quedara orientada al Norte Magnético con respecto a nuestra ubicación, o también para orientar el mapa colocamos la brújula paralelamente a los meridianos, o el borde derecho o izquierdo de la hoja si no hay dibujados meridianos. Entonces giramos la hoja hasta que el limbo de la brújula coincida con la dirección que marca la aguja. En ese momento tenemos el mapa orientado.

En todo mapa, a no ser que se diga lo contrario, *el norte está en la parte superior de la hoja*, el sur en la inferior, el este a la derecha y el oeste a la izquierda. En los mapas en los que esto no es así aparece una *rosa de los vientos* indicando cual es la dirección del Norte.



- Método de Triangulación

Para utilizar este método hemos de tener visibles dos o tres accidentes geográficos (cuantos más mejor) de los que sepamos su situación en el mapa.

Medimos sus rumbos (en la realidad) desde el punto en el que nos encontramos y calculamos sus contra rumbos (el rumbo que habría desde ese accidente geográfico hasta nuestro punto) sin más que sumar 180° (si el ángulo es menos de 180°) o restarlos (si es mayor); sabemos que el *rumbo es la dirección en línea recta*, medida en grados de circunferencia, entre dos puntos. En un mapa para conocer los grados del rumbo entre dos puntos basta con usar un transportador de ángulos. En la realidad ese transportador de ángulos es la brújula. Se comienza a contar desde el Norte y en sentido de las agujas del reloj.

Finalmente colocamos el centro de la brújula en cada uno de los accidentes geográficos y trazamos una recta entre dicho centro y el ángulo del contra rumbo, y la prolongamos. Al realizar esta operación 2 o 3 veces las rectas se interceptarán en un punto, que será el lugar en el que nos encontramos.

Otra manera de conocer el rumbo en la realidad, sin necesidad de orientar el mapa, es la siguiente:

Las brújulas suelen tener un lado recto y un limbo móvil. Colocamos la parte recta entre el lugar donde nos encontramos y el lugar donde queremos ir, con la parte posterior en el lugar donde nos encontramos. Hacemos girar el limbo hasta que quede paralelo a los meridianos y señalando el norte del mapa. Cogemos la brújula en la mano y la giramos hasta que la aguja magnética coincida con el norte que hemos marcado. Entonces el lado recto de la brújula indicará la dirección que debemos seguir.

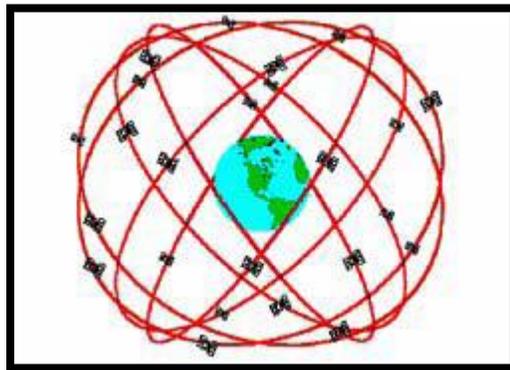
4.7 SISTEMA GLOBAL DE POSICIÓN (GPS)

El GPS (Sistema Global de Posición) es un sistema de radionavegación basado en una constelación de satélites. Financiado y controlado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Aun cuando hay miles de usuarios civiles a nivel mundial beneficiados del sistema, este fue diseñado y es operado con propósitos militares.

La virtud del sistema es que proporciona información muy fiable acerca de la posición en tres dimensiones, la velocidad y la hora exacta, en cualquier lugar del planeta, en cualquier circunstancia climática y en todo momento.

A pesar de los errores inherentes a su propio funcionamiento, el GPS ha demostrado que es el sistema de navegación y de localización más preciso que se conoce. Se acostumbra a mencionar tres partes o "segmentos" a la hora de describir el sistema GPS en conjunto:

El segmento espacial: Constituido por la propia constelación de satélites, la cual, en la actualidad, comprende entre 24 y 30 operativos, distribuidos en seis planos orbitales inclinados 55° respecto del plano ecuatorial terrestre. Los satélites se encuentran a 20,182 Km. de la Tierra y permiten que un mínimo de 6 satélites puedan ser vistos en todo momento desde cualquier lugar del planeta.



El segmento de control: Es la parte terrestre de control y mantenimiento del sistema. Lo forma una red de estaciones de seguimiento situadas más o menos a la altura del ecuador y distribuidas regularmente, de manera que puedan estar en permanente contacto con los satélites y un centro principal de control, que se encuentra en la base aérea de Falcon, Colorado Springs (E.E.U.U)

De acuerdo con la información que reciben desde los satélites, las estaciones de seguimiento, gracias a las correcciones realizadas en el centro principal de control, retransmiten a aquellos datos actualizados de posición y

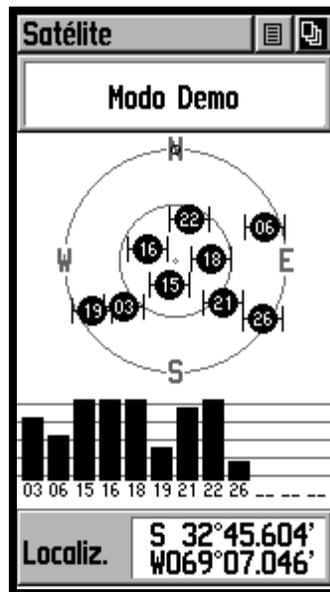
tiempo de toda la constelación con el fin de que los incluyan en sus mensajes GPS.

El segmento de aplicación: En el que estamos incluidos todos los usuarios del sistema en tierra, mar y aire. En un futuro no muy lejano este sector se irá ampliando notablemente, hasta el punto que el GPS formará parte habitual de nuestras vidas y estará presente en nuestros coches, relojes, agendas electrónicas, teléfonos celulares, etc.

El GPS Almacena información de donde está ubicado cada satélite en cada momento a esto se le llama almanaque.

El término encendido en frío significa que el GPS se demora más en captar la posición de los satélites por ende su posición en el globo terráqueo.

Un encendido en caliente es cuando el GPS ya ha adquirido previamente el almanaque y no han pasado más de 6 horas desde su última recopilación de información, un encendido en caliente permite una adquisición desde cero más rápida de nuestra posición.

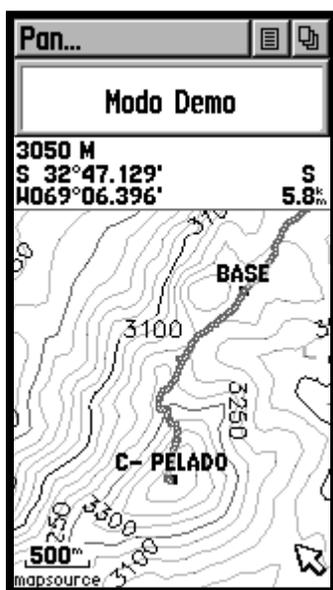


Waypoint, Track, Track Back, GOTO y Ruta

Waypoint: Es el nombre que se le da a los lugares de referencia en los GPS. Captura la posición geográfica, la altura, un nombre y un icono que se estime necesario.

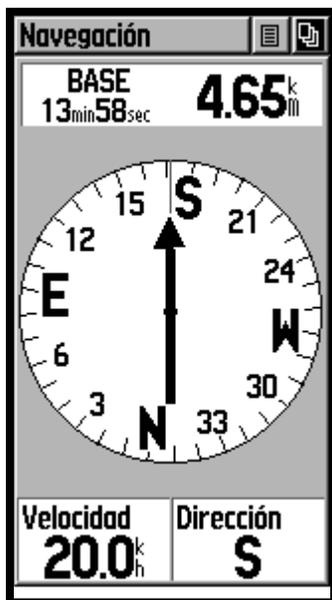


Track: Es la sucesión de puntos georeferenciados que guarda automáticamente el GPS, en otras palabras es nuestra huella, cada punto posee su propia posición y altura.

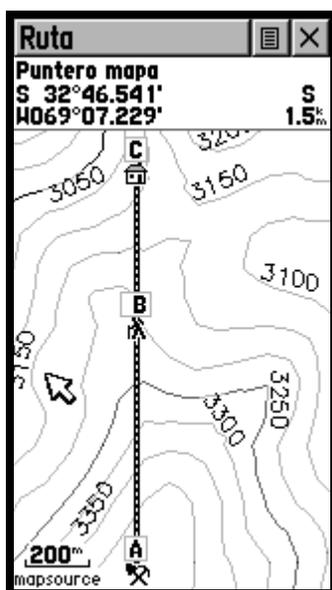


Track Back: Es la capacidad de nuestro GPS de proyectar nuestro track guardado y guiarnos a través de la misma sucesión de puntos georeferenciados de la huella digital, sea hacia su fin o inicio dependiendo de dónde nos encontremos.

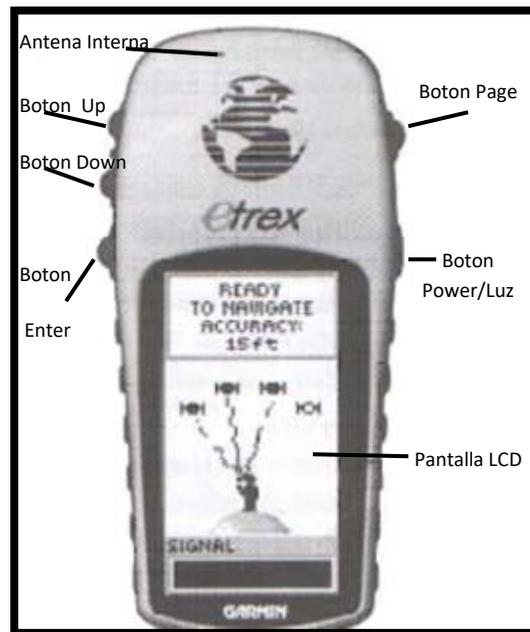
GOTO: Función a través del cual el GPS, nos guiará en línea recta, según nuestra posición, a un único Waypoint determinado. Mostrando el rumbo o Bearing que debemos seguir para llegar a nuestro destino.



Ruta: Conjunto de puntos georeferenciados interconectados de manera tal que nos permite definir un camino unido por líneas rectas.



Para simplificar el aprendizaje de los botones de un GPS, tomaremos como ejemplo la imagen de un GARMIN *etrex*, los modelos más específicos tienen mayores funciones, capacidades cartográficas, altímetros barométricos y comunicación bidireccional en el caso del modelo GARMIN Rino. Todos los modelos cumplen la misma función: entregarnos nuestra ubicación, orientarnos bajo cualquier condición climática y planificar nuestras rutas de manera segura.



Botón Power/Luz: Permite encender o apagar nuestro equipo con un toque sostenido y también con un toque simple prende la luz de fondo de nuestra pantalla.

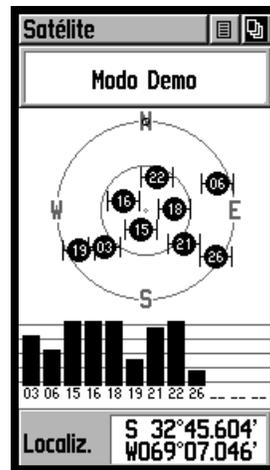
Botón Page: Nos permite cambiar las distintas pantallas de nuestro GPS (Satélite, mapa, navegación, menú) y también funciona como comando CANCELAR o para devolverse en los menús.

Botón Enter: Permite seleccionar (Aceptar) las distintas funciones, y si se mantiene apretado nos permite crear un waypoint en el lugar en que nos encontramos.

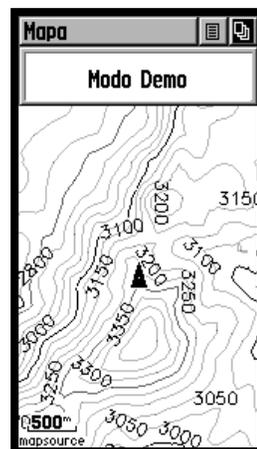
Botones Up & Down: Nos permiten desplazarnos a través de todas las funciones que nos brinda nuestro GPS.

Distintas pantallas de GPS.

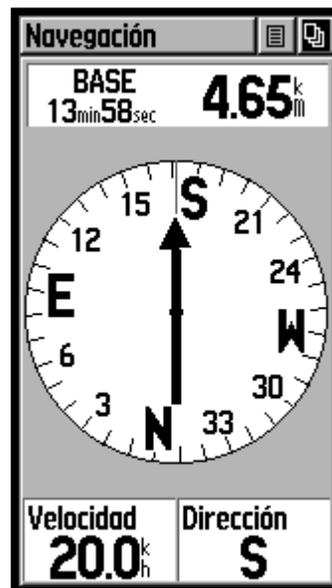
Pantalla Satélite: En esta pantalla podrás observar la posición en la cual se encuentran los satélites y la calidad de la señal enviada por cada uno de ellos, además podemos obtener la precisión de esta señal. Es importante recalcar, que la precisión de un equipo navegador puede variar entre 5 y 15 metros en condiciones normales, dependiendo de la señal.



Pantalla Mapa: Esta pantalla es básicamente un mapa virtual, que despliega la información, como waypoint, track, rutas, que vamos creando o que previamente introducimos en nuestro GPS como por ejemplo: la cumbre de una montaña o el track enviado por un conocido. La escala del mapa puede regularse con los botones up & down. Permite una navegación simple y una ubicación rápida de nuestro trayecto. Un GPS con funciones cartográficas, tiene la capacidad de desplegar la cartografía del lugar, por ejemplo: ríos, caminos e incluso curvas de nivel como muestra la siguiente figura.



Pantalla de Navegación: A través de esta pantalla, en el modelo Garmin Etrex Vista, podemos acceder a las últimas aplicaciones de nuestro equipo, por ejemplo: brújula, compás, ambos muy importantes para hacia donde nos dirigimos y cómo llegar a nuestro destino, los grados de nuestra **Dirección** (ángulo con respecto al norte referencial del GPS) de nuestra dirección de movimiento o también llamado **Heading**), el **Rumbo** (ángulo con respecto al norte de nuestro destino desde el lugar en que nos encontramos o **Bearing**), la **Velocidad** de movimiento, la **Velocidad Promedio**, **Odómetro**, **Tiempo en movimiento**, **Elevación s.n.m.**, **Puesta y Salida del sol**, etc. Y si nos encontramos utilizando las funciones de navegación (**GOTO**, **Track**, **Rutas**) de nuestro GPS, podremos observar en pantalla sobre la brújula y compás, una flecha que nos mostrara con exactitud la huella ya trazada (Función **Track Back**) o en línea recta a nuestro próximo destino o final (Funciones **Ruta** o **GOTO**) además en la parte superior de la pantalla, si estamos utilizando las funciones de navegación del GPS, aparecerá la distancia y tiempo estimado de llegada a destino. Los GPS más avanzados adquieren mayor información y funciones nuevas, e incluso la capacidad de mostrar gran cantidad de información en una sola pantalla para mayor comodidad del usuario.



Pantalla Menú: En esta pantalla podemos encontrar diferentes herramientas de nuestro GPS:

Marca: Al seleccionar esta herramienta, creamos un Waypoint del sitio en que nos encontremos o poder ingresar un Waypoint de otro lugar y su altura s.n.m. respectivamente.

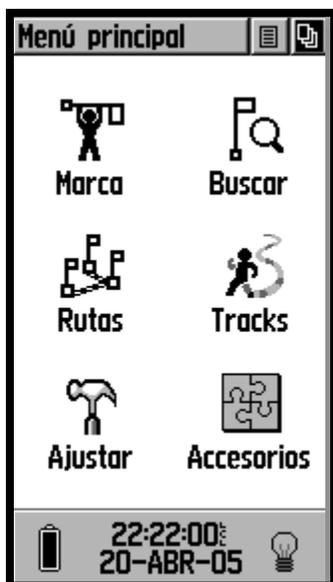
Waypoint: En esta sección encontramos todos los Waypoint guardados en nuestro equipo, además de poder editarlos, seleccionar uno a uno, o simplemente ver sus coordenadas correspondientes, ver los Waypoint próximos a nuestra posición y la distancia a la que se encuentran. A través de la herramienta de Waypoint llegaremos a funciones útiles del GPS, como por ejemplo: la función GOTO, que indica al GPS que nos guíe en forma directa a un Waypoint previamente seleccionado de nuestra lista de puntos, borrar o desplegar en forma gráfica sobre la pantalla mapa un Waypoint seleccionado del GPS a pesar de que este se encuentre distante de nuestra posición.

Ruta: Podemos crear rutas basadas en nuestros waypoints, con esto lo que hacemos es unir varios puntos o waypoints a través de líneas rectas para formar una ruta, es como la función GOTO, pero con la capacidad de guiarnos a varios puntos por etapas.

Track: En esta sección del GPS podremos visualizar la memoria utilizadas por nuestra huella o track(Función automática, el GPS guarda la huella exacta desde el inicio hasta el final del recorrido, mediante puntos georeferenciados sucesivos que unidos forman una huella) y también la memoria disponible. Si quieres conservar el sendero tal cual la has recorrido y poder manipularla posteriormente o prestársela a un compañero, podrás guardarla a través del comando SAVE, es importante que al guardarla elijas la opción "En tire Log" para guardarla desde su inicio y no solo el último tramo de ella. Desde aquí podrás seleccionar track anteriores o subidas desde tu PC, y poder cargarlas en el mapa de nuestro GPS para que este nos guíe exactamente por donde fue trazado el sendero, el GPS tiene la opción de desplegar el track o huella a través de la función track back, "to conserve" (para conservar el sendero tal cual la has recorrido y poder manipularla posteriormente o prestársela a un compañero, podrás guardarla a través del comando SAVE, es importante que al guardarla elijas la opción "En tire Log" para guardarla desde su inicio y no solo el último tramo de ella. Desde aquí podrás seleccionar track anteriores o subidas desde tu PC, y poder cargarlas en el mapa de nuestro GPS para que este nos guíe exactamente por donde fue trazado el sendero, el GPS tiene la opción de desplegar el track o huella a través de la función track back, "to begin" (hacia el inicio) o "to End" (hacia el final) dependiendo de donde nos encontremos. El modelo Etrex tiene la capacidad de guardar 10 rutas con cerca de 3.000 puntos sucesivos (suficientes para cualquier trekking, subida de un cerro, 4x4, navegación ..etc) si estas ocupando toda la memoria de tu Etrex puedes descargar tus track a PC o simplemente borrarlas con el comando "delete".

Ajustar: aquí podremos acceder al setup del GPS modificar la zona horaria, establecer las unidades de medidas (Km., Mi, Pies Etc.), elegir el Datum en que deseamos obtener nuestra posición, que tendrá mucho que ver con el Datum de la carta topográfica que tengamos en el momento, generalmente en Argentina se

utiliza el Datum **Campo Inchauspe**, pero si no estás usando un mapa topográfico como apoyo de tu salida te recomiendo utilizar el Datum universal que es el **WGS84** para simplificar el uso del GPS.



Ajuste del GPS.

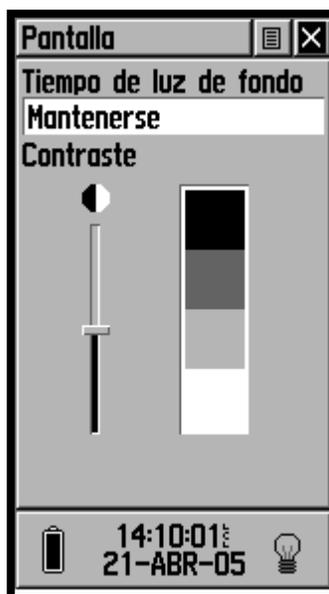
Antes de utilizar nuestro GPS es importante revisar la configuración del setup de nuestro equipo. Empezando por el nivel de carga de nuestras pilas, información que aparece en la pantalla Menú de nuestro navegador en el costado izquierdo inferior, después de eso debemos pasar a configurar las distintas opciones de nuestro GPS.



Hora: En esta parte puedes cambiar el formato de hora que desees, 12 hrs. o 24 hrs. Para configurar nuestro GPS a nuestra zona horaria debemos cambiar la zona horaria (ver imagen) a **other** y nuestra diferencia UTC será **- 03:00** o **- 04:00** dependiendo del cambio de horario al cual estemos regidos (invierno o verano).



Pantalla: Con los botones up & down luego de un "Enter" podemos elegir el contraste de la pantalla que más se acomode y también modificar el tiempo de la luz de fondo.



Unidades: Es la parte de la configuración más importante del GPS

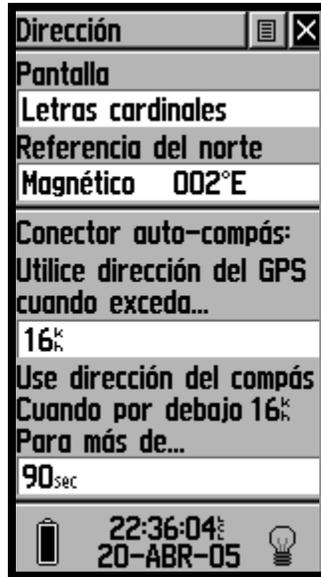
Formato de Posición: es decir en qué modo o forma queremos que el GPS muestre nuestras coordenadas, la más recomendable (por ser fácil de entender y leer), son los grados°, minutos', y segundos" (hddd°mm'ss.s") y dd°mm.mm) y grados decimales (hddd°ddddd°).

Datos de Mapa: La segunda opción es Dato del Mapa en que queremos que nuestro GPS nos entregue las coordenadas. Al utilizar el GPS con una carta topográfica del IGM (Instituto Geográfico Militar), obtener un punto o traspasar una coordenada de nuestra carta al GPS, debemos tener en cuenta en que Datum estamos trabajando. Las cartas topográficas de INEGI utilizan el Datum ITRF92 por lo tanto nuestro GPS debe estar configurado con este Datum.

Es importante saber que el GPS trabaja internamente en el Datum **WGS84** para enviar y transferir la información a nuestra PC, al cambiar el Datum lo que hace nuestro GPS es transformar las coordenadas en WGS84 al Dato de Mapa elegido, que en el caso de nuestro es el Datum ITRF92. Ahora que sucede si tomamos un waypoint bajo el Datum ITRF92, en este caso el GPS lo guarda internamente en WGS84, expresándolo en la pantalla mapa en Datum ITRF92. Si deseamos bajar nuestra información del GPS a una PC, mediante un software y expresarlo en Datum ITRF92, se deberá configurar el software en este Datum. Las unidades de medidas serán programadas en métricas.

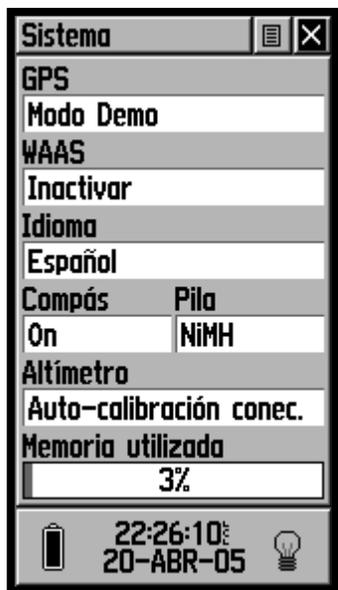


En cuanto al norte referencial, es recomendable utilizar el norte "magnético", ya que es igual a que si estuviéramos utilizando una brújula (**Pantalla "Ajustar Menú" Icono "Dirección"**).



Interface: A través de esta pantalla podemos elegir el formato en el cual el GPS transmitirá la información a la PC, Notebook o Pocket PC. Para uso general hay que elegir el formato Garmin, compatible con todos los programas que permiten transferir información. Si la idea es realizar un moving map, con el GPS conectando este a una notebook o pocket PC, se deberá seleccionar el formato NMEA OTU, la cual transfiere información en forma continua.

Sistema: Aquí se podrá seleccionar el modo de empleo de nuestro GPS. Modo Normal (sin ahorro de batería), Modo Demo (demostración para uso en interiores) y Ahorro de Baterías (permite que el GPS se apague automáticamente luego de un periodo sin utilizar). También en esta pantalla, se podrá observar información referida a la versión del software del GPS. Las actualizaciones periódicas de nuestro GPS se pueden descargar del siguiente sitio: www.garmin.com



Cómo respaldar la información del GPS con la PC.

En esta parte de la guía, se presentará algunos programas que ofrecen la posibilidad de intercambiar la información entre diferentes equipos GPS y con otros usuarios. Además, una vez volcados los datos en la PC, es posible gestionarlos, editarlos y modificarlos. A la vez visualizar nuestros waypoint y track en pantalla, utilizando de "fondo" cartografía en formato digital.

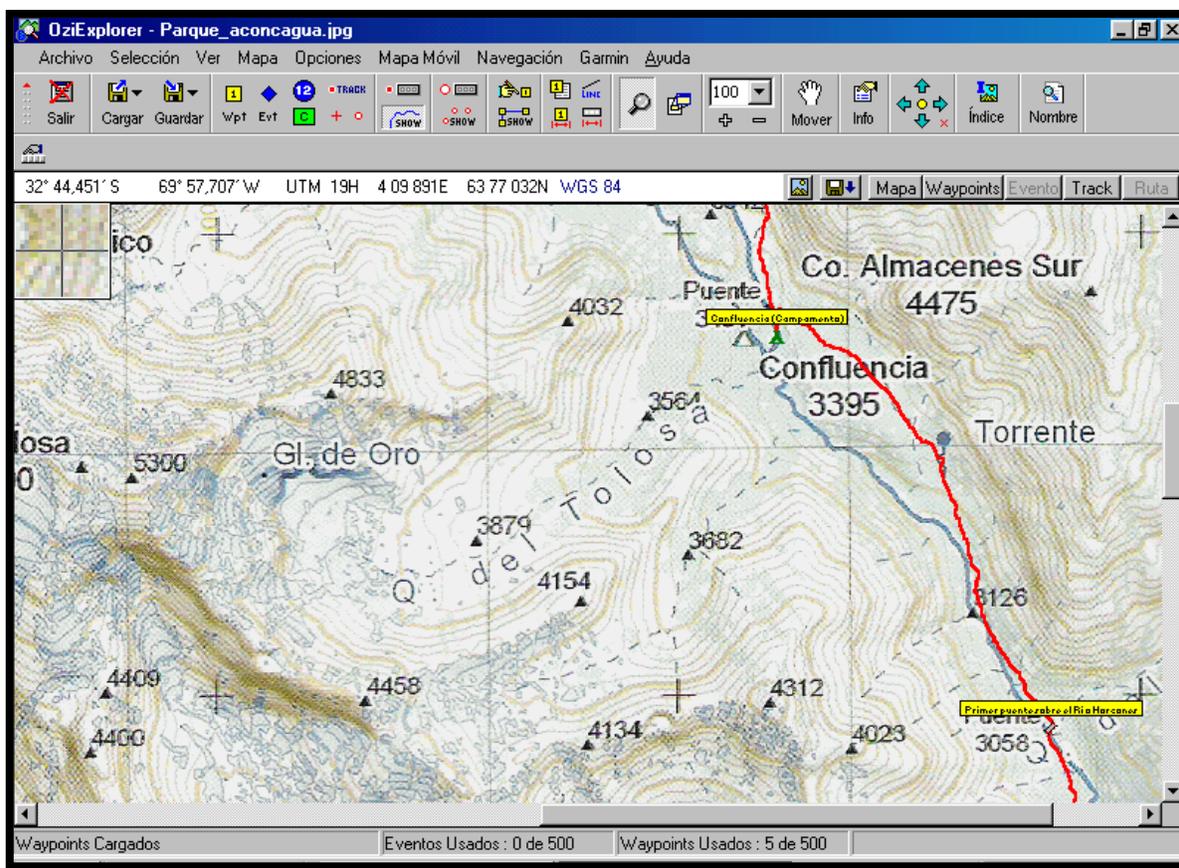
Cabe destacar, que la finalidad de este apartado no es "enseñar" a utilizar los programas, ya que esto de por si significa un taller aparte. Pero si, que sepamos que existen, los podemos "bajar" a nuestra PC y animarnos a operarlos.

G7towin: Es un programa gratuito. Corre bajo Windows y funciona con receptores Garmin y Lowrance/Eagle. Es un excelente programa que nos permite transferir y editar nuestros datos obtenidos con nuestro navegador.

1st	Latitude DMm	Longitude DMm	Date/Time UTC	Altitude ft	Depth ft	Track Name	Display?	Color
* 1	S32 55.2768	W069 19.1700	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9666.0		FromDzi 1	No	Black
	S32 55.2732	W069 19.1640	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9502.0				
	S32 55.2510	W069 19.1730	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9509.0				
	S32 55.1544	W069 19.2462	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9468.0				
	S32 55.1316	W069 19.2720	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9434.0				
	S32 55.0926	W069 19.2948	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9416.0				
	S32 55.0812	W069 19.3158	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9345.0				
	S32 55.0824	W069 19.3530	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9287.0				
	S32 55.0644	W069 19.3584	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9230.0				
	S32 55.0542	W069 19.3944	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9128.0				
	S32 55.0596	W069 19.4250	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9106.0				
	S32 55.0674	W069 19.4226	Tue Feb 05 06:28:17 2036	9076.0				
	S32 55.1160	W069 19.4598	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8894.0				
	S32 55.1508	W069 19.4730	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8782.0				
	S32 55.1520	W069 19.4820	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8745.0				
	S32 55.1586	W069 19.4802	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8738.0				
	S32 55.1610	W069 19.4892	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8723.0				
	S32 55.2150	W069 19.5372	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8502.0				
	S32 55.2216	W069 19.5618	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8431.0				
	S32 55.2420	W069 19.5858	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8365.0				
	S32 55.2408	W069 19.5978	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8335.0				
	S32 55.2630	W069 19.6170	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8270.0				
	S32 55.2666	W069 19.6464	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8226.0				
	S32 55.2936	W069 19.6566	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8193.0				
	S32 55.3260	W069 19.7022	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8106.0				
	S32 55.3350	W069 19.7430	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8043.0				
	S32 55.3812	W069 19.7700	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8032.0				
	S32 55.4442	W069 19.7910	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8027.0				
	S32 55.4544	W069 19.8060	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8019.0				
	S32 55.5216	W069 19.8498	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8008.0				
	S32 55.5498	W069 19.8294	Tue Feb 05 06:28:17 2036	8008.0				
	S32 55.5642	W069 19.8048	Tue Feb 05 06:28:17 2036	7973.0				
	S32 55.5720	W069 19.8048	Tue Feb 05 06:28:17 2036	7921.0				
	S32 55.5858	W069 19.7754	Tue Feb 05 06:28:17 2036	7918.0				

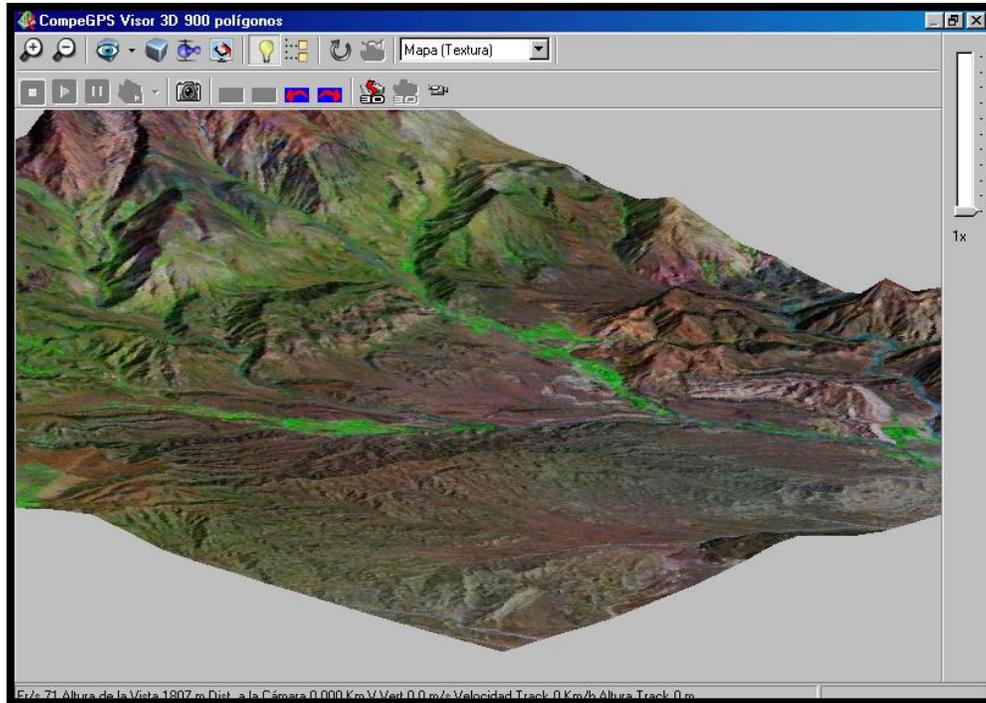
Ready -- GPS is Garmin Datum: WGS-84 DoubleClick On Track To Edit

Oziexplorer: (www.ozexplorer.com) En opinión de la mayoría de los usuarios GPS, este programa es uno de los más completos. Funciona bajo Windows. Existe una versión gratuita que tiene desactivadas algunas importantes opciones, aunque es plenamente operativa y sirve para evaluar las posibilidades de la aplicación. Una vez registrada, adquiere toda su potencialidad.



CompeGPS: (www.compegs.com) Este programa, al igual que Oziexplorer, presenta en su sitio web una versión gratuita, con funciones limitadas, pero esto no impide que se puedan realizar una evaluación completa del mismo.

Al igual que los anteriores programas, Compegs permite trabajar nuestros waypoint, track y rutas, utilizando cartografía digital de "fondo". Pero lo que lo hace interesantes que podemos realizar de forma muy sencilla, modelos digitales del terreno en 3D.



- Determinación de la posición con el sistema GPS

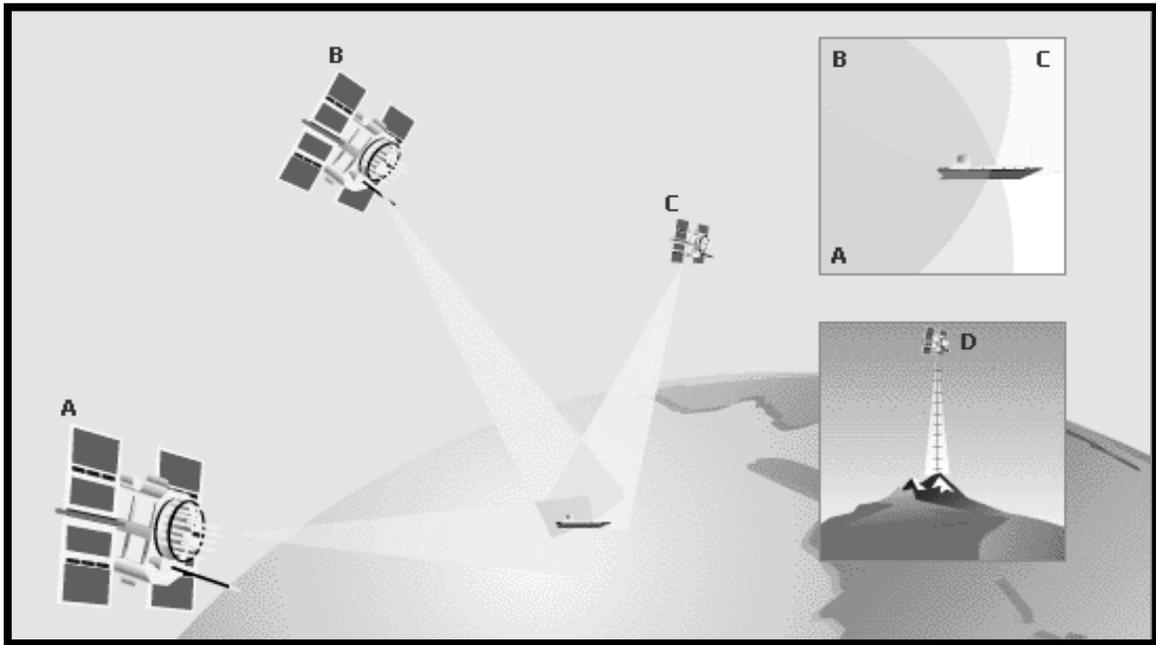
Los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) describen órbitas a gran altura sobre la Tierra en ubicaciones precisas. Permiten que el usuario de un receptor de GPS determine de forma exacta su latitud, longitud y altitud. El receptor mide el tiempo que tardan en llegar las señales enviadas desde los diferentes satélites (*A*, *B* y *C*). A partir de esos datos, el receptor triangula la posición exacta. En todo momento, cada punto de la Tierra recibe cobertura de varios satélites. Se necesitan tres satélites para determinar la latitud y la longitud, mientras que un cuarto satélite (*D*) es necesario para determinar la altitud.

El GPS es un aparato que nos indica la latitud, longitud y altitud (y otras funciones) que tenemos en ese momento. Con la latitud y la longitud estamos inmediatamente situados en un mapa, mediante la graduación de los meridianos y paralelos (un GPS sin mapa con latitud y longitud sirve de poco).

- Determinación de la posición con el sistema GPS

Los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) describen órbitas a gran altura sobre la Tierra en ubicaciones precisas. Permiten que el usuario de un receptor de GPS determine de forma exacta su latitud, longitud y altitud. El receptor mide el tiempo que tardan en llegar las señales enviadas desde los diferentes satélites (*A*, *B* y *C*). A partir de esos datos, el receptor triangula la

posición exacta. En todo momento, cada punto de la Tierra recibe cobertura de varios satélites. Se necesitan tres satélites para determinar la latitud y la longitud, mientras que un cuarto satélite (*D*) es necesario para determinar la altitud.



4.8 MEDICIÓN DE DIRECCIONES

4.8.1 Planos Geológicos

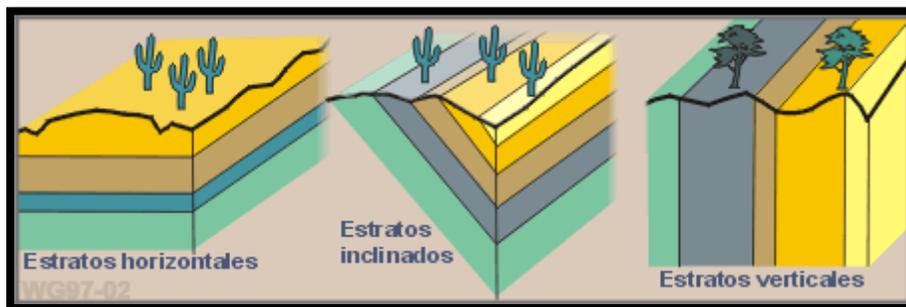
En la mayoría las rocas de la corteza terrestre muestran varios tipos de planos geológicos. Existen en general dos tipos de planos:

a) Foliaciones primarias

Tienen su origen antes de la litificación, es decir durante la deposición. Ejemplos: Estratos, flujo magmático.

b) Foliaciones secundarias

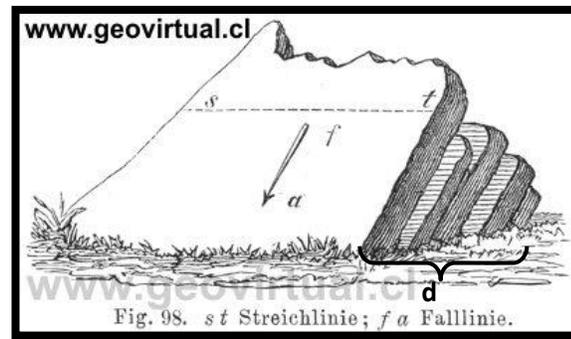
Tienen su origen después de la litificación: Todos los planos cuales se han formado a causa de fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. Ejemplos: Diaclasas, Fracturas, Fallas, etc.



4.8.2 Concepto de Rumbo-Echado-Dirección de inclinación

Para describir la orientación de un plano geológico (estrato, falla, diaclasa) en la naturaleza matemáticamente se necesitan dos (o tres) propiedades:

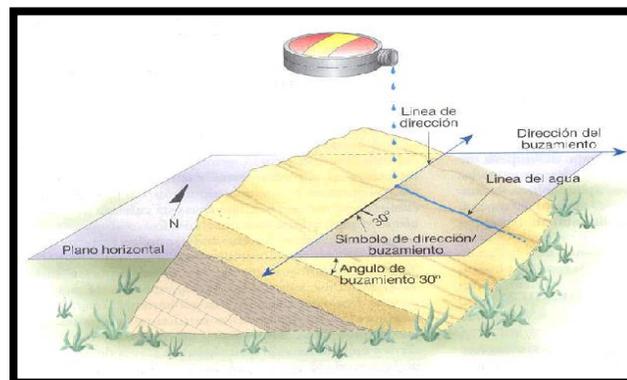
- Rumbo
- Echado
- Dirección de inclinación



Rumbo (s-t) y la dirección de inclinación (f-a) (d) estratos

El rumbo es la línea horizontal de un plano. El rumbo tiene dos direcciones de 180° de diferencia. El rumbo es la línea horizontal de un plano (véase abajo). El rumbo se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal.

Se puede imaginar una superficie de agua (que es siempre horizontal), se hunde el plano hasta la mitad, la línea hasta donde se mojó el plano será el rumbo.



El echado es el ángulo entre el plano y un plano horizontal. El echado de un plano horizontal es 0° , y de un plano vertical es 90° .

El echado o buzamiento mide el ángulo entre el plano y el plano horizontal.

La dirección de inclinación o dirección del buzamiento es la dirección hacia donde se inclina un plano (es la proyección horizontal de la línea de la máxima pendiente).



4.8.3 Medición de Planos Geológicos con el Uso de la Brújula

El Rumbo es la línea horizontal de un plano y marca hacia dos direcciones opuestas. Planos horizontales entonces no tienen un rumbo (o mejor una cantidad infinita de rumbos).

Recordando que el rumbo es la línea o lineación que resulta por la intersección del plano de interés con un plano horizontal o vertical

1. La brújula está en orientación del rumbo, junto a las rocas



Se mide el rumbo

2. La burbuja del nivel esférico tiene que estar en el centro
3. La aguja tiene que estar libre
4. Se toma el valor del rumbo N.....E o N.....W



Para tomar el valor del rumbo se usan solo los cuadrantes I (entre 0 hasta 90°) o el cuadrante IV (entre 270° hasta 360°). Significa la aguja que marca entre $0-90^\circ$ o entre $270-360^\circ$ es la aguja de la lectura. Puede ser la aguja negra o la aguja blanca. Existen dos posibilidades:

Caso 1: Una de las agujas marca entre $0-90^\circ$ azimutal (cuadrante I): Automáticamente se toma N (valor) E. En este caso siempre sale una "E"

Caso 2: Una de las agujas marca entre $270^\circ-360^\circ$ azimutal (cuadrante IV): Tenemos que usar la distancia entre norte y la aguja o como fórmula: N (360° -valor) W. En este caso siempre sale una "W".

Brujula Brunton

Lectura del rumbo (con escala azimutal)

(Notación tipo Americano)

Sí, una aguja marca al cuadrante

Se nota: N xx E (xx= valor azimutal; lectura normal)
N.....E

Se nota: N (360°-xx) W; Significa la diferencia entre norte (360°) y la lectura.
N.....W

Los cuadrantes de interés

- Cuadrante Oeste (W)
- Cuadrante Este (E)

geovirtual.cl
WG99/Brunt03.cdr

Algunos ejemplos de la notación del tipo americano con la brújula del tipo Brunton.

Brujula Brunton

Ejemplos

N 40 E

N 60 E

N 30 W

N 70 W

WG 99/Brunt04.cdr

5. Para medir el echado se pone la brújula perpendicular al rumbo



Se mide el buzamiento

6. Se usa el clinómetro

El clinómetro se ubica generalmente en el interior de la escala azimutal de la brújula. Se compone de una escala 90° - 0° - 90° y una línea de lectura. Por la parte trasera de la caja de la brújula se encuentra una manilla para mover el clinómetro.



El clinómetro con la escala correspondiente el valor en la foto será alrededor de 33°

7. La burbuja del nivel tubular tiene que estar en el centro
8. Se toma la lectura del clinómetro como echado

La lectura del clinómetro se toma en la escala del clinómetro, véase la foto arriba dentro del círculo rojo, debajo de la escala azimutal. Este valor (en la foto 33°), nunca es mayor de 90° el echado.

9. Se estima la dirección de inclinación en letras (N, NW, E, SE, S, SW, W, NW) .

Al último se estima con ayuda de la brújula la dirección de inclinación del plano medido. Pero se usa solo letras como N, NE, E, SE, S, SW, W, NW para indicar la dirección de inclinación.



Se mide la dirección de inclinación

Algunas fotografías que muestran rumbos y echados



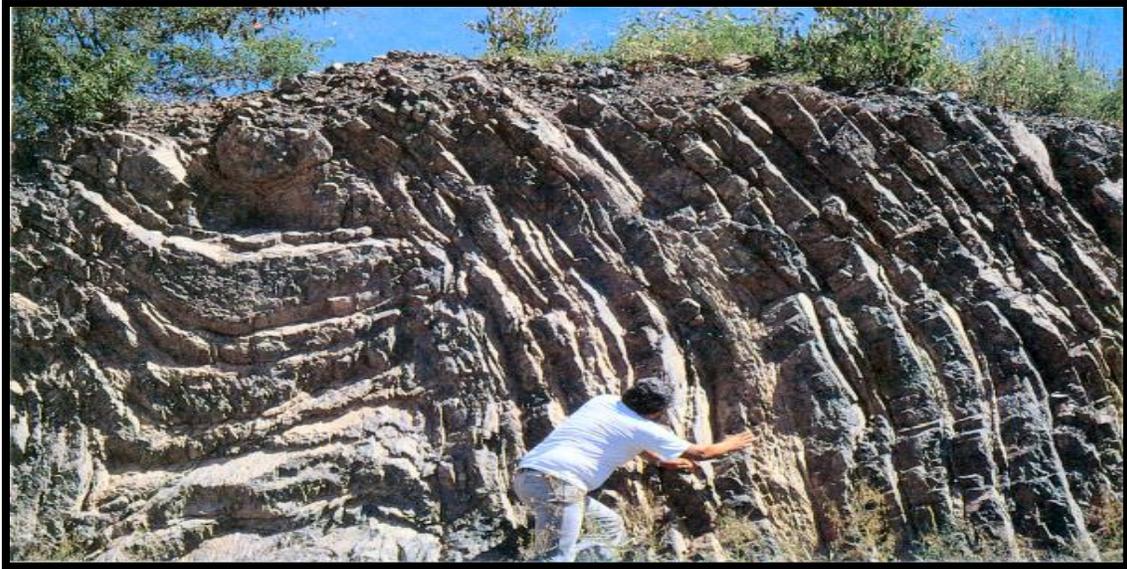
Rocas sedimentarias estratificadas horizontalmente en el Gran Cañón del Colorado



Rocas sedimentarias estratificadas horizontalmente



Derrames piroclásticos de la Sierra Madre Occidental. Provincia de la Faja Ignimbrítica Mexicana, región al oriente de Culiacán, Sinaloa (Fotografía tomada por Jaime Roldán-Quintana).



Rocas silíceas del Paleozoico inferior. Provincia Sonorense región de Mazatán, Sonora (Mina Barita de Sonora).

5. MAPAS

5.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Mapa es una representación geométrica plana, simplificada y convencional de toda o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcional denominada escala.

Carta es un mapa hecho por lo general a escalas medias y pequeñas, utilizando proyecciones cartográficas. Comúnmente se usa como sinónimo de mapa.

Plano en cartografía es una representación geométrica de una parte de la superficie terrestre a escala grande en la que no se considera la curvatura de la Tierra.

Croquis esquema, dibujo o diseño de una superficie ubicando sus rasgos naturales y culturales, así como sus delimitaciones de una forma aproximada por referencias y sin una escala precisa.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE UN MAPA

Las características de los mapas son las mismas que las de la cartografía.

- Representación de la realidad.
- Representación geométrica plana (sistema de proyección)
- Representación simplificada
- Representación convencional
- Escala

Debemos seleccionar los elementos a ser representados en el mapa ya que no podemos representarlos todos. En los mapas se utilizan signos para representar los elementos de la realidad.

Los mapas son transformaciones de una superficie curva a una superficie plana. A este sistema de transformación se le llama *Proyección Cartográfica* y la elección del sistema de proyección depende de cómo va a ser utilizado el mapa su ubicación geográfica y su escala.

Todos los mapas son reducciones de la realidad, por lo tanto existe una relación dimensional definida entre la realidad y el mapa a lo que llamamos *escala*.

Cualidades de los mapas

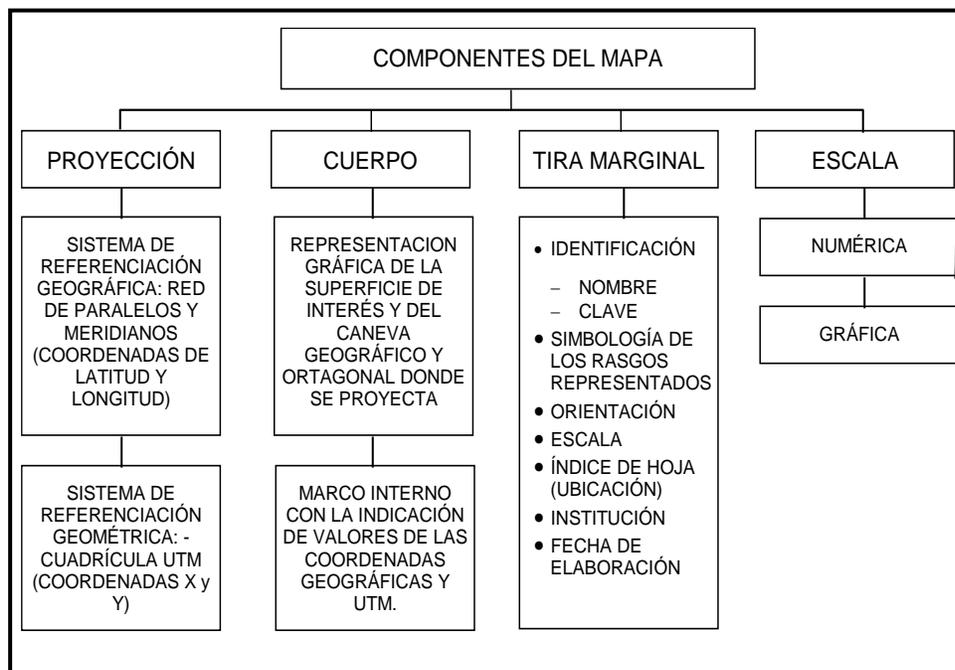
De acuerdo a la Secretaria de Programación y Presupuesto (SPP) 1979, los mapas deben ser:

- Exactos. La reproducción de los rasgos o elementos debe corresponder con la realidad con precisión de acuerdo a la escala.

- Claros. Deben expresar os de manera unívoca los rasgos que se pretenden representar.
- Completos. La información debe ser la necesaria y suficiente para el propósito.
- Legibles. La disposición de los elementos gráficos debe ser adecuada y la impresión limpia y nítida.
- Estéticos. La distribución de la simbología y de los nombres debe ser armónica, deben tener una discreta graduación del objeto por describir y buen gusto en el uso de los colores.
- Adecuados a su propósito.

5.3 COMPONENTES DE UN MAPA

Una forma de interpretar el contenido de un mapa es analizándolo a través de sus componentes, los cuales se presentan en el esquema siguiente:

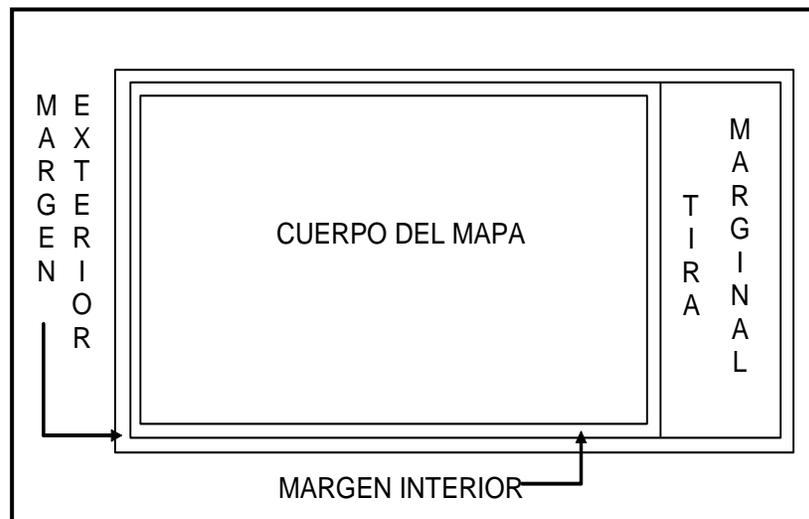


5.3.1 Contenido del Mapa

La información representada en un mapa, generalmente está distribuida en cualquiera de los siguientes elementos:

- Cuerpo del Mapa

- Tira marginal
- Los márgenes interior y exterior



El formato del mapa (tamaño y distribución de los elementos), está en función de la escala del mismo y la superficie a representar.

- Cuerpo del Mapa

El cuerpo del mapa se encuentra separado de la tira marginal y está constituido por la superficie del terreno representada mediante símbolos convencionales que sustituyen los rasgos naturales y culturales existentes en el mismo.

Aquí también se localizan los sistemas de referencia necesarios para la correcta ubicación de los elementos representados. (Coordenadas geográficas y UTM).

Los sistemas de referencia pueden ser geográficos y ortogonales.

Canevá Geográfico

El canevá geográfico o gradícula constituye el sistema de referencia geográfico y consiste en un sistema de coordenadas representadas en el mapa por una red de líneas o cruces, de las que un grupo de éstas representa los paralelos de latitud y la otra los meridianos de longitud.

La localización de un punto está dada por latitud y longitud.

La latitud de un punto de la superficie terrestre es el arco de meridiano expresado en grados, entre el Ecuador y dicho punto (oscila de 0° en el Ecuador a 90°, en los polos N o S).

La longitud es el arco de paralelo medido en grados, entre el Meridiano de Greenwich y un punto cualquiera en la superficie (oscila de 0° a 180° hacia el Este).

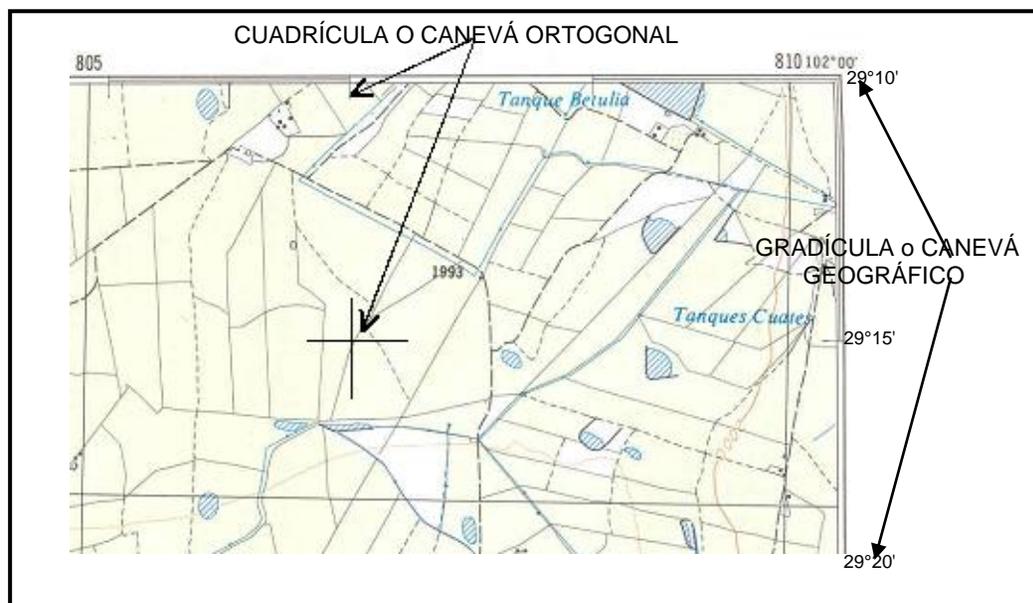
Para complementar la localización tridimensional de un punto sobre la superficie terrestre se utiliza la altitud. Esta se define como la distancia en metros de un punto con respecto al nivel medio del mar.

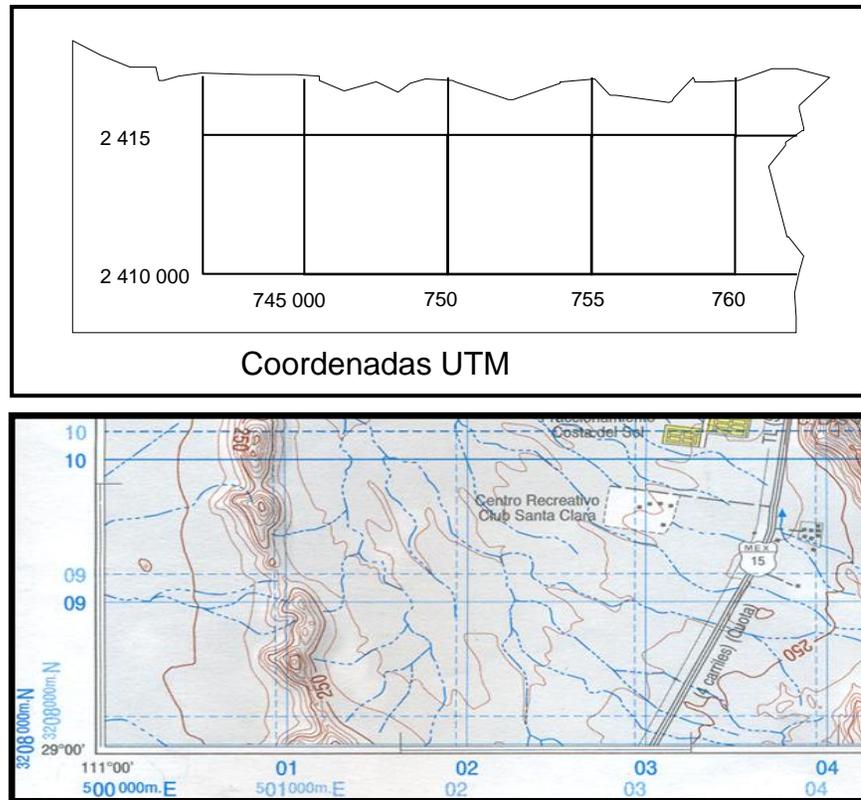
Canevá Ortogonal

El canevá ortogonal también conocido como cuadrícula UTM constituye el sistema de referencia rectangular. La cuadrícula de un mapa es un sistema de líneas rectas que se interceptan perpendicularmente.

Es una forma de definir posiciones sobre el terreno, mediante distancias medidas sobre una superficie plana que corresponde a una porción de la superficie terrestre. La cuadrícula tiene su base en una proyección determinada y satisface las reglas siguientes:

- 1) El origen de la cuadrícula se define como un punto particular sobre la superficie terrestre. (En la proyección *UTM* el origen de la cuadrícula es independiente para cada huso y corresponde a la intersección entre el Meridiano Central y el Ecuador).
- 2) En el acostumbrado sistema coordenado rectangular la distancia horizontal corresponde al valor del eje X o de las abscisas y la distancia perpendicular a la abscisa se designa como el valor del eje Y u ordenada.





- Tira marginal

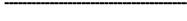
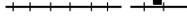
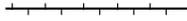
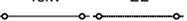
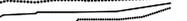
En la tira marginal están inscritas las anotaciones que tienen por objeto referenciar la simbología y los métodos utilizados para la construcción del mapa, diagrama de declinación, diagrama de orientación geográfica, valores de cuadrícula del sistema de meridianos y de paralelos, índice de cartas adyacentes o conexas, escala gráfica y numérica, así como también el sello, la identificación del mapa donde se consignan datos de la autoridad responsable, fecha, tema, etc.

En los mapas se usan símbolos para representar y ubicar detalles naturales y culturales. En los mapas catastrales se emplean símbolos para mostrar datos de ubicación, colindancia y dimensiones. El número y tipo de detalles así como las clases de símbolos usados, dependerán de los propósitos para los cuales se preparó el mapa y la escala a la cual deberá ser reproducido.

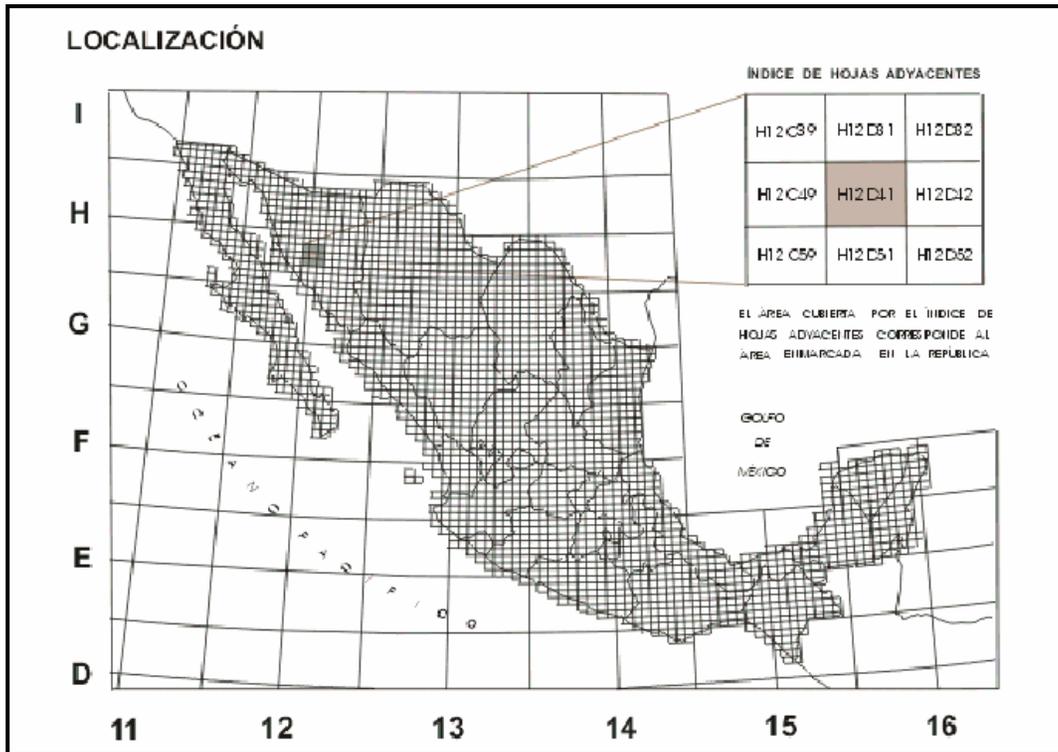
A pesar de que cada mapa debe tener una leyenda (lista descriptiva de los símbolos usados) un buen símbolo cartográfico es aquel que puede interpretarse sin necesidad de una leyenda y se dibuja de tal forma que se parezca en algo al detalle real sobre el terreno; por ejemplo, una línea con pequeños travesaños indica un ferrocarril; o una cruz sobre un cuadro

negro indica un templo o una iglesia. La identificación rápida y fácil de un símbolo es una ventaja ya que disminuye las incidencias de error y proporciona al lector más inexperto de un mapa, una guía que puede comprender fácilmente.

SIGNOS CONVENCIONALES

POBLACIONES	
CON MAS DE 40, 000 HABITANTES _____	PUEBLA
DE 15, 001 A 40, 000 HABITANTES _____	GUANAJUATO
DE 5, 001 A 15, 000 HABITANTES _____	CHAPALA
DE 2, 501 A 5, 000 HABITANTES _____	Lerma
DE 501 A 2, 500 HABITANTES _____	Acolman
CON MENOS DE 500 HABITANTES _____	Corralejo
VIAS TERRESTRES	
CARRETERA DE MAS DE DOS CARRILES. CASETA DE PAGO _____	(Cuota) 
CARRETERA PAVIMENTADA _____	
NUMERACION DE RUTA: FEDERAL. ESTATAL _____	 
TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO _____	
TERRACERIA TRANSITABLE EN TIEMPO SECO _____	
BRECHA _____	
VEREDA _____	
FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO. ESTACION DE FF.CC _____	
OTRAS VIAS FERREAS _____	
AEROPUERTO	
INTERNACIONAL, LOCAL, AEROPISTA _____	
PISTA PAVIMENTADA, PISTA DE TIERRA _____	
LINEAS DE CONDUCCION	
TELEFONICA, TELEGRAFICA _____	
ELECTRICA DE 33 KV O MAS, DE MENOS DE 33KV _____	
CONDUCTO SUPERFICIAL, CONDUCTO SUBTERRANEO _____	
OTROS RASGOS CULTURALES	
ESCUELA, TEMPLO, ASISTENCIA MEDICA _____	
MINA, POZO PETROLERO, BANCO DE MATERIAL _____	
CASA AISLADA, RUINA, CEMENTERIO _____	
CERCA, BARDA O DIVISION _____	
DEPOSITO DE AGUA, OTROS DEPOSITOS(ROTULADO) _____	
CANAL, PRESA, BORDO _____	
PUENTE, TUNEL, PASO A DESNIVEL _____	
EMBARCADERO, MUELLE, MALECON _____	
FARO(2 DESTELLOS BLANCOS 15 MILLAS NAUTICAS), ROMPEOLAS _____	
PUNTOS GEODESICOS	
VERTICE DE PRIMER ORDEN, DE SEGUNDO O TERCER ORDEN _____	
BANCO DE NIVEL DE PRIMER ORDEN, DE SEGUNDO O TERCER ORDEN _____	
PUNTO DE NIVELACION ACOTADO(METROS) _____	
REPRESENTACION DEL RELIEVE	
CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS _____	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA _____	
CURVA DE NIVEL AUXILIAR _____	
CURVA DE NIVEL APROXIMADA _____	
DEPRESIONES, COTA FOTOGRAFICA EN METROS _____	
RASGOS HIDROGRAFICOS	
CORRIENTE PERENNE, CORRIENTE INTERMITENTE _____	
MANANTIAL, CORRIENTE QUE DESAPARECE _____	
RAPIDOS, SALTO DE AGUA _____	
AREAS SIMBOLIZADAS	
BOSQUE O SELVA DENSOS, AGRICULTURA _____	
LAGUNA PERENNE, LAGUNA INTERMITENTE _____	
PANTANO. TERRENO SUJETO A INUNDACION _____	
ARENA, MALPAIS _____	
DUNAS _____	

ÍNDICE DE CARTAS ADYACENTES



IDENTIFICACIÓN DE LA CUADRÍCULA UTM

CUADRO PARA LA LOCALIZACIÓN DE PUNTOS PARA DAR UNA REFERENCIA TIPO EN ESTA HOJA CON UNA APROXIMACIÓN DE 100 m			
ZONA DE CUADRÍCULA: 12R	PUNTO UTILIZADO COMO EJEMPLO: LOS CHIRRIONES		
<p>IDENTIFICACIÓN DEL CUADRADO DE 100,000 m DE LADO</p>	<p>1. Léanse los letras que identifican el cuadrado de 100,000 m, dentro del cual se encuentra el punto seleccionado.</p> <p>2. Localícese la primera línea VERTICAL de la cuadrícula UTM más próxima a la IZQUIERDA del punto y léanse los valores correspondientes a ella, situados en los márgenes del mapa. Estímense los décimos (del intervalo de cuadrícula) entre la línea mencionada y el punto seleccionado.</p> <p>3. Localícese la línea HORIZONTAL de la cuadrícula UTM más próxima ABAJO del punto y léanse los valores correspondientes a ella, situados en los márgenes del mapa. Estímense los décimos (del intervalo de cuadrícula) entre la línea mencionada y el punto seleccionado.</p>	WH	
			31
			22
			2
REFERENCIA DEL PUNTO UTILIZADO COMO EJEMPLO: WH 31 6 22 2			
Si se hace referencia de puntos a una distancia mayor de 18' en cualquier dirección ante póngase la zona de cuadrícula v.g.: 12RWH316222			

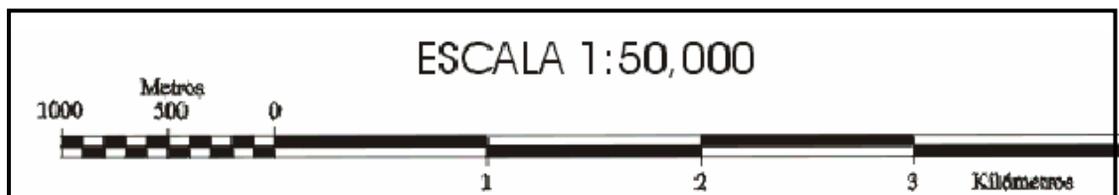
CONVERGENCIA DE CUADRÍCULA , DECLINACIÓN MAGNÉTICA

CONVERGENCIA DE CUADRÍCULA PARA EL CENTRO DE LA HOJA _____	0° 08'	
DECLINACIÓN MAGNÉTICA PARA 1990.0 _____	11° 15'	
VARIACIÓN MAGNÉTICA ANUAL _____	2'	
PARA SEÑALAR EL NORTE MAGNÉTICO DE LA HOJA, ÚNASE EL PUNTO PIVOTE CON EL VALOR DEL ÁNGULO NC " M EN LA ESCALA DEL TRANSPORTADOR UBICADA EN EL MARGEN SUPERIOR DE LA CARTA.		
SEGUNDA EDICIÓN _____	1999	
PRIMERA IMPRESIÓN _____	2000	
AUTORIDAD _____	INEGI / DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA	

NOMBRE Y CLAVE



ESCALA NUMÉRICA Y GRÁFICA



INSTITUCIÓN



5.4 CLASIFICACIÓN DE MAPAS

Los mapas se pueden clasificar por su escala y por su contenido.

5.4.1 Por su escala

La escala de un mapa para representar la realidad, se elige en base al propósito del mapa y la densidad de información por expresar. Cuando una hoja de dimensiones reducidas es utilizada para representar una gran superficie, el mapa es descrito como un mapa a escala pequeña, si por el contrario el mapa, muestra solo una pequeña parte de la realidad, es descrito como un mapa a escala grande. No existe consenso en los límites cuantitativos de los términos de escala pequeña, mediana y grande. Sin embargo se pueden establecer los siguientes límites.

Se clasifican en tres grupos:

Escalas grandes	1:10,000 hasta 25,000
Escalas medianas	1:50 000 hasta 1:250 000
Escalas pequeñas	1:500 000 y menores

Una clasificación más amplia es la siguiente:

Escalas muy grandes	1:2,500 y mayores
Escalas grandes	1:5,000 hasta 1:25,000
Escalas medianas	1:50,000 hasta 1:125,000
Escalas pequeñas	1:500,000 hasta 1:2,500,000
Escalas muy pequeñas	1:5,000,000 y menores

5.4.2 Por su contenido

Atendiendo a su contenido, los mapas se dividen en dos grandes grupos: mapas topográficos y mapas temáticos.

a) Mapas Topográficos o básicos.

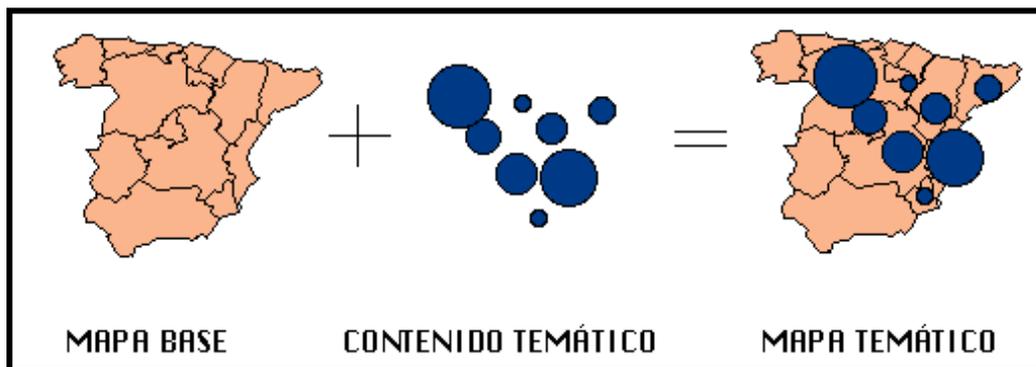
- Sirven para determinar las medidas y configuraciones de un área geográfica. Con su auxilio, se puede calcular distancias y diferencias de nivel entre lugares, longitudes de caminos, la altura de cerros y montañas, etc. también es posible localizar pueblos, ciudades, casas aisladas, vías de comunicación, represas, puentes y demás obras humanas. Se puede conocer el curso de los ríos, la ubicación de bosques y zonas de cultivo, y en forma aproximada se puede calcular el volumen de algunas masas de agua, o el número de habitantes de una población. El objetivo de estos mapas es describir con precisión y riguroso detalle los accidentes topográficos conspicuos. Son la base de muchos y variados mapas temáticos y tienen una aplicación especial en la geología y en el diseño de

obras civiles y mineras, evaluación de recursos naturales donde es posible combinar la información cualitativa y cuantitativa.

b) Mapas Temáticos.

Tal como su nombre lo indica, están enfocados a temas específicos y por tanto el contenido de su información y sus objetivos están dirigidos al tema que se trate, expresan además otros atributos geográficos físicos o socioeconómicos y las relaciones que presentan entre sí dichos atributos.

Estos contienen una base topográfica simplificada, la cual contiene las proyecciones, escala, coordenadas, información altimétrica (curvas de nivel) información toponímica.



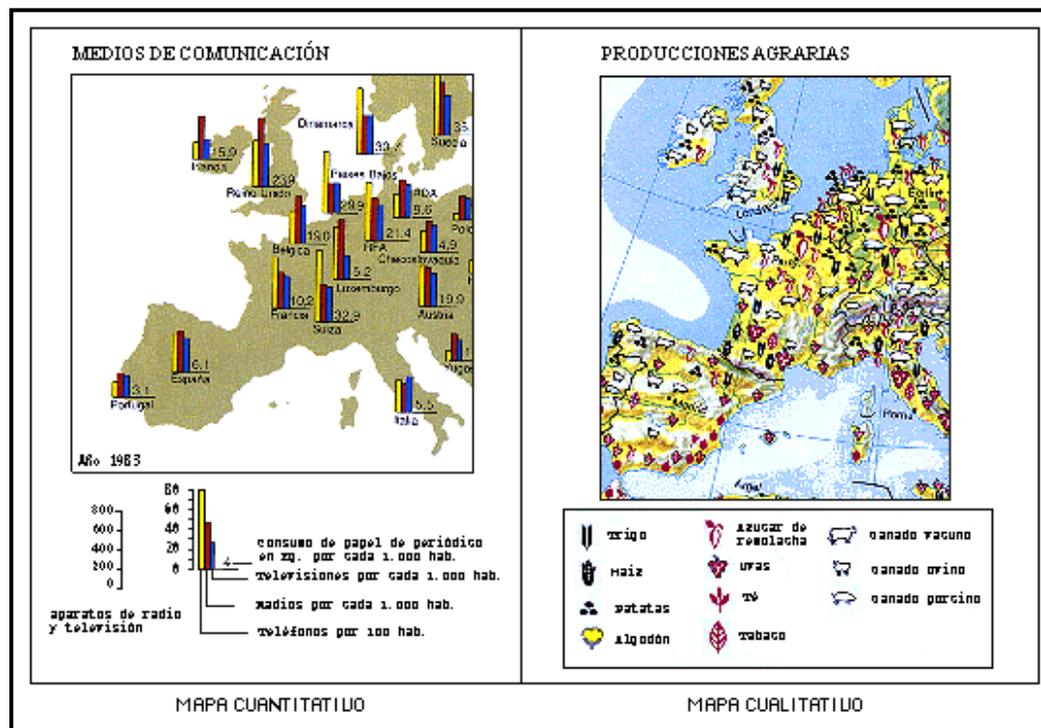
La Cartografía Temática es tan extensa que ha sido necesario agruparla en grandes temas:

- Cartografía Náutica y Militar: Cartas de navegación, aeronáutica y de tácticas militares.
- Cartografía Física: Mapas geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, de suelos, climáticos, fisiográficos, tectónicos y de oceanografía física.
- Cartografía Biológica: Mapas forestales, cinegéticos, flora y fauna, zoología marina, etc.
- Cartografía Humana: Mapas étnicos, lingüísticos, religiosos, socioeconómicos, turísticos, censales, etc.
- Cartografía Censal: Son los mapas en los que se representa el Marco Geoestadístico de un país, teniendo además información básica de rasgos naturales y culturales, con el objeto de relacionar la información estadística con los lugares geográficos correspondientes.

La cartografía temática puede ser:

- *Cualitativa* si es una descripción de características
- *Cuantitativa* si se describen valores

El fin de los mapas *cualitativos* es el de mostrar la distribución espacial o la situación de un grupo de datos. De este tipo de mapas el lector no puede determinar relaciones de cantidad. Es decir expresa sólo su posición en el espacio y un elemento diferenciador



En los mapas cualitativos entran en juego algunas variables de representación como son: el tamaño, el valor (porcentaje de gris), el color, la orientación, la forma, las series graduadas, la condición (estática o dinámica). Los mapas cuantitativos son aquellos que se les añade información numérica del atributo que se quiere mostrar.

Se debe procurar lograr un diseño que represente los elementos de manera clara, ordenada, contrastada, con unidad, y estética.

En los mapas con información cuantitativa, se debe recurrir a la ayuda de las matemáticas y la estadística para efectuar operaciones de relación, intervalos, generalización, superficies estadísticas, interrelación, interpolación, conexión, etc. Surgen así las siguientes tipos de mapas cuantitativos.

- **Datos puntuales:**- Se refieren a rasgos naturales o culturales que por su naturaleza o en relación con la escala del mapa son a dimensionales. Un punto es una ubicación no dimen-

sional, estos elementos suelen ser datos aislados que determinan su ubicación en una localidad determinada.

- Datos lineales:- Su característica distintiva es su carácter unidimensional. Esto significa que su curso y longitud relativa (pueden tener ancho o espesor) son las características distintivas que nos permiten asociarlos a líneas como pueden ser la red fluvial (su curso y longitud son líneas) de un río, el eje de un pliegue, la intersección de planos con la superficie terrestre (fallas o límites de contacto).

- Datos zonales:- Estos datos son bidimensionales están representados como superficies y reflejan características que se manifiestan con cierta amplitud o extensión en un área como pueden ser unidades litológicas, de edad de formaciones, morfológicas, etc.

- Datos volumétricos:- Son datos tridimensionales y son aquellos de los que se puede extrapolar la disposición en profundidad de los distintos materiales y estructuras de datos bidimensionales que suelen representarse únicamente en la parte más somera de la superficie.

Debemos ser constantes en la asignación de los tipos de datos, es natural la tendencia a colocar un mismo dato en varias categorías de datos, según la valoración que hagamos de él en un momento dado.

Continuidad y Uniformidad de los Datos

Algunas distribuciones pueden estar compuestas de elementos individuales en localizaciones concretas y las áreas intermedias vacías de elementos; y por el contrario, otras ocupan toda el área considerada. Con base a estas características podemos definir las como distribuciones continuas o discretas.

- Continuas:- Tienen lugar en todos los puntos de la superficie, se extienden en el espacio geográfico en forma gradual; ejemplos: altitud, temperaturas, litología.
- Discretas o dispersas:- Ocurren en puntos aislados, específicos del espacio geográfico; ejemplos: asentamientos humanos, centros mineros, industriales, etc.

Ambas distribuciones pueden ser cualitativas o cuantitativas.

Las distribuciones geográficas pueden clasificarse también en uniformes y no uniformes.

- Uniformes:- son las distribuciones geográficas en las que las diferencias entre un lugar y otro son más bien transitorias, no bruscas.
- No Uniformes:- son distribuciones geográficas que cambian bruscamente en los límites entre diversas clases.

Comúnmente los datos zonales tienden a ser uniformes y los zonales o de superficie tienden a ser no uniforme.

6. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

6.1 MAPAS GEOLÓGICOS

Mapas geológicos son los requisitos más importantes en la geología y la minería. La idea principal de un mapa geológico es la representación de una situación geológica en un mapa. Es decir se dibujan arriba de una carta topográfica modificada en color o con simbología la litología. Cada estrato, unidad o formación aparece con su propio color o símbolo.

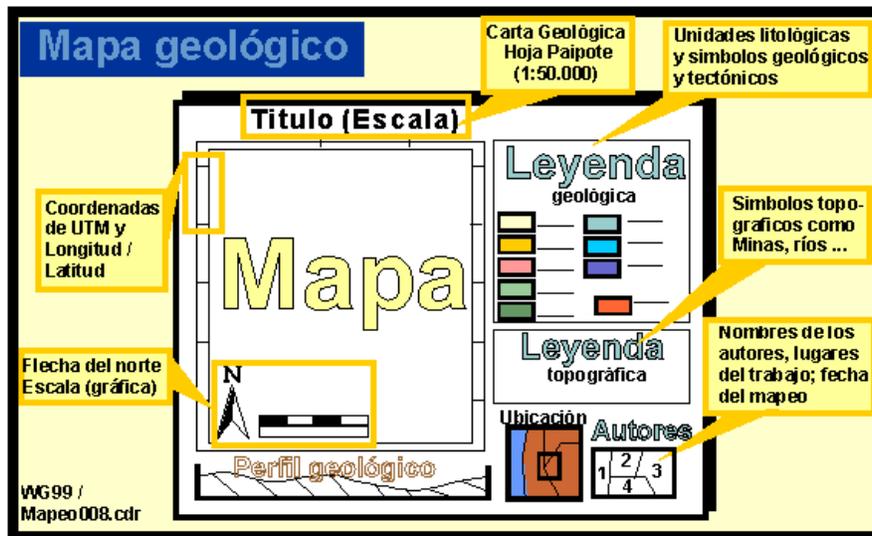
Mapas geológicos permiten una interpretación rápida de un sector de interés.

Los mapas geológicos tienen una base topográfica. Como informaciones topográficas importantes se incorporan infraestructura (camino, ferrocarriles), ríos, pueblos y curvas de nivel con cotas. No se traspasan tipo de vegetación, símbolos especiales topográficos. La base topográfica normalmente tiene solamente un color (negro o café).

Todos los mapas geológicos además representan en gran parte un modelo geológico, es decir en algunos sectores la información geológica tiene su base en la interpretación geológica de los autores.

Cada mapa tiene su objetivo. Mapas geológicos de la región tienen un objetivo distinto como mapas para una empresa minera o mapas para una empresa de agua potable. Además cada mapa refleja una situación geológica simplificada. La manera de la simplificación pertenece al objetivo y del autor de la carta. Por eso mapas antiguos se ve tal vez bastante diferente a los mapas modernos.

Un mapa geológico o una carta geológica no es solamente un mapa. Es decir adicionalmente contiene el título, escala (gráfica y en números), una leyenda topográfica, una leyenda geológica (con símbolos tectónicos), la ubicación del mapa, los autores con fecha del mapeo en terreno (con ubicación del trabajo), un (o más) perfil(es) geológico(s), flecha del Norte y las coordenadas en UTM y/o longitud/latitud. Aparte de la carta se publican normalmente un informe con descripciones más detalladas del sector (como tipo de fósiles, columnas estratigráficas, descripciones de los estratos, formaciones y unidades, reportes de laboratorios, entre otros).



6.2 OBJETIVOS DE LOS MAPAS

OBJETIVOS	CONTENIDO	SE REDUCE
Mapas Regionales	Todas las Formaciones	Detalles
Mapas para minería	Todas las rocas, todas las mineralizaciones, tectónica	Cuaternario
Mapas para empresas sanitarias	Cuaternario, límites de estratos, falla, manantiales	Rocas sólidas generalizadas

6.3 ETAPAS DE MAPEO GEOLÓGICO

Para confeccionar un mapa geológico se trabajan en varias etapas:

Etapa	Mapa Detallado	Mapa Regional
1	Estudio de Antecedentes	Estudio de Antecedentes
2	Análisis de fotos aéreas	Análisis de fotos aéreas
3	Estratigrafía	Estratigrafía (en terreno)
4	Topografía en detalle	Perfil litológico
5	Definición de unidades del mapeo	Definición de unidades del mapeo
6	Mapeo en terreno Mapeo litológico Verificación con fotos aéreas Levantamiento estructural	Mapeo en terreno Mapeo litológico Verificación con fotos aéreas Levantamiento estructural
7	Diseño y dibujo del mapa	Dibujo del mapa
8	Informe con descripciones detalladas	Informe con descripciones detalladas

1. Estudio de Antecedentes

El comienzo de un mapeo geológico es un estudio profundo de los antecedentes de la región. Antecedentes pueden ser:

- Mapas topográficos
- Mapas geológicos antiguos
- Mapas geológicos de gran escala
- Publicaciones en revistas geológicas
- Fotos aéreas
- Imágenes de satélites

Las informaciones que tienen mapas topográficos son muy importantes para la geología. Además para la realización del mapeo se necesita una base topográfica.

Las informaciones más importantes son la morfología, red de drenaje, minas (en producción y abandonadas), manantiales, lagos, acantilados.

Es muy importante realizar una búsqueda de publicaciones o documentos públicos sobre trabajos geológicos previos realizados en la zona a cubrir con la cartografía geológica a realizar.

2. Análisis de fotos aéreas e imágenes de satélite

El análisis de fotos aéreas se apoya en un mapeo de varias partes:

- a) Detección de límites litológicos
- b) Detección de sectores geológicamente interesantes
- c) Detección de fallas y otras estructuras tectónicas
- d) Acceso al sector

3. Estratigrafía

El conocimiento de la estratigrafía de un sector es la base para realizar un mapeo. En esta etapa se toma todas las informaciones en terreno sobre la litología de las rocas, los espesores de las capas, su contenido y las relaciones temporales (cronología), mientras que en el laboratorio se realizan estudio más a detalle de las rocas y minerales.

En el terreno se observa información litológica importante:

Tipo de Roca	Sedimentaria, volcánica, intrusiva, metamórfica
Resistencia contra la meteorización	muy duro / duro / normal / blando / muy blando
Rompimiento	irregular / regular / liso /
Color	negro, verde, café....
Contenido de minerales comunes	cuarzo, feldspatos, plagioclasa, biotita,
Minerales especiales	epidota, malaquita, pirita, hornblenda, piroxeno...

Textura	porfídica, clástica, fina, criptocristalino...
Foliación	estratificación-fina, cruzada, regular, irregular, flujo magmático
Otros	fósiles, marcas, rumbos y echados

El rumbo, echado y la dirección de inclinación y se toman de los datos de la foliación primaria (estratificación) con la brújula. El espesor real se mide o estima al final. A menudo hacen esquemas de la disposición de las capas.

En laboratorio:

- Método macroscópico
- Método microscópico
- Método de geoquímico

Método macroscópico:- descripción de la muestra más detallada con lupa, estimación del contenido modal.

Método microscópico:- es el método que sigue después del reconocimiento macroscópico. Principalmente hay diferenciar entre dos tipos de microcopia:

a) Secciones transparentes con luz transmitida, conteo del contenido modal de minerales, identificación de minerales accesorios.

b) Pulidos con luz reflejada.

Método de geoquímico:- existen varios tipos de análisis geoquímicos. Los más importantes son la fluorescencia de rayos X y la difracción. En ambos casos se usan equipos especiales y una preparación de la muestra es necesaria.

La fluorescencia de rayos X: Permite un análisis por elementos químicos. Como resultado sale un listado de los elementos químicos principales (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , ...), los elementos de traza (Ba, Sr, U, Cu, ...) y las tierras raras (Y, Nb..). Los elementos químicos principales salen en %, los otros en ppm (partes por millón).

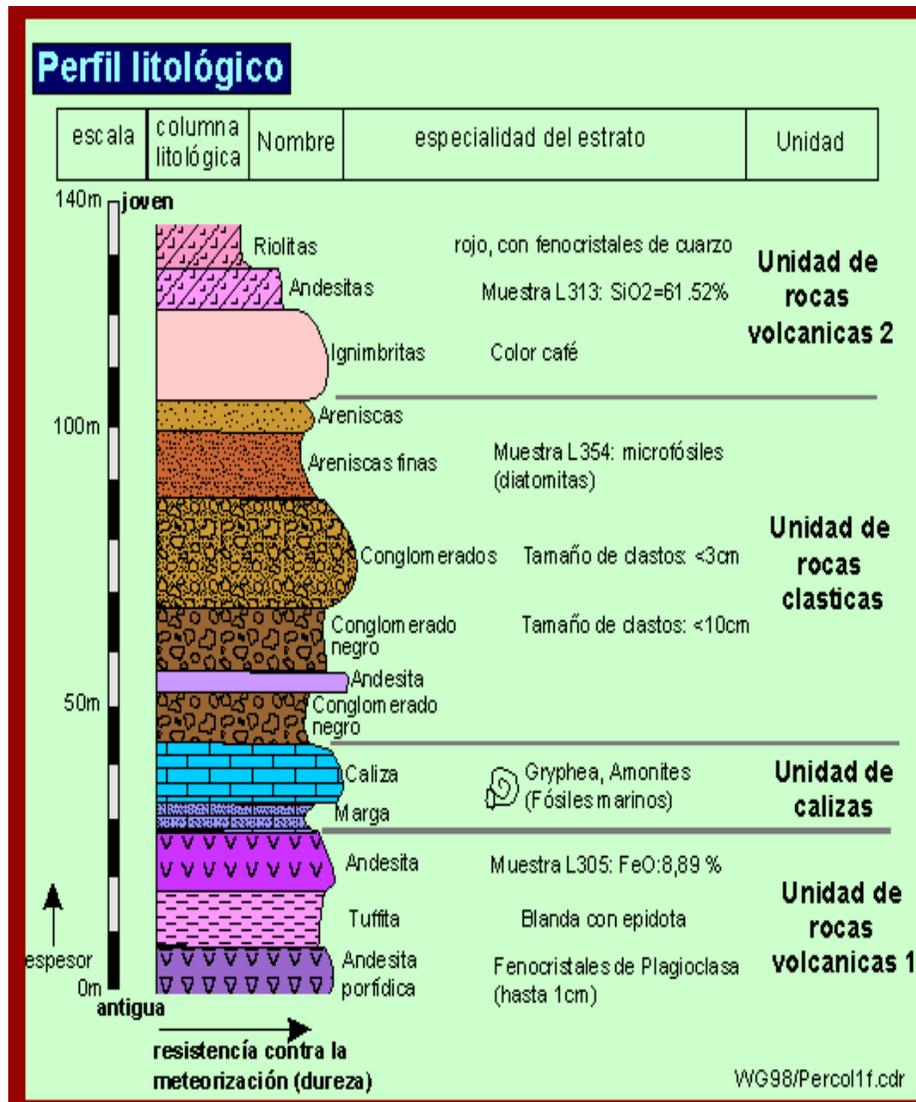
La difracción: Como resultado salen listados de los contenidos en minerales de la muestra. Algunas veces se puede hacer un análisis semicuantitativo. Se puede detectar con este método todos los minerales con estructura cristalina especialmente se aplican la difracción para los minerales arcillosos.

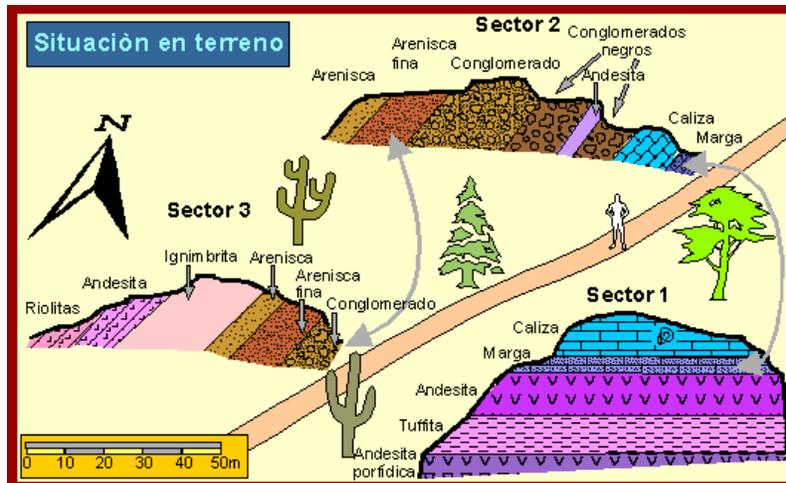
También es importante hacer un reconocimiento de los fósiles a qué grupo, especie, época(s) de vida a la que pertenecen.

Toda la información se resume en un informe y/o un listado muy detallado cronológico, la elaboración de una columna litológica y perfiles litológicos y estructurales.

4. Perfil Litológico

Un perfil litológico o columna litológica representa gráficamente la estratigrafía generalizada de un sector. Abajo se dibuja los estratos más antiguos arriba los estratos más jóvenes. El eje horizontal representa la resistencia contra la meteorización. En la figura (ejemplo no real) abajo entonces las ignimbritas son muy resistentes contra la meteorización (y forman por eso lomos o cerros en el terreno).





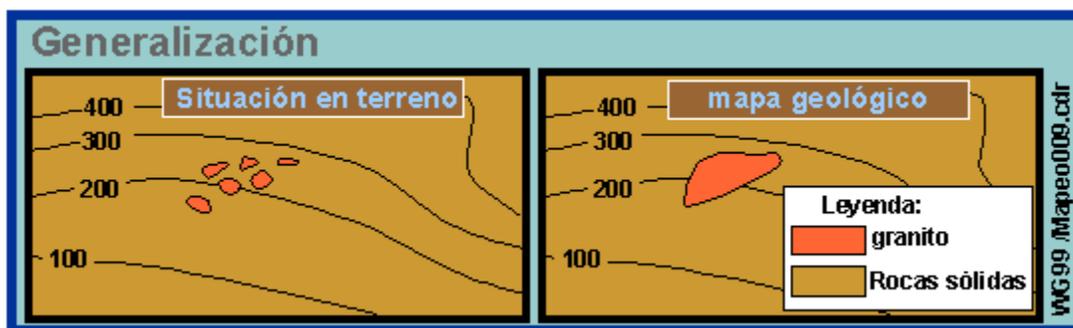
5. Definición de las Unidades del mapeo

En un mapeo normalmente es una generalización de la información litológica necesaria. Es decir tenemos que juntar un grupo de estratos litológicamente parecida para definir un techo y un piso de la unidad del mapeo. Claro que en algunas unidades se encuentra capas "extrañas" como una capa delgada de andesitas en la unidad de rocas clásticas. Además conviene para la definición de techo y piso de las unidades del mapeo el uso de capas vistosas.

5.1 Generalizaciones

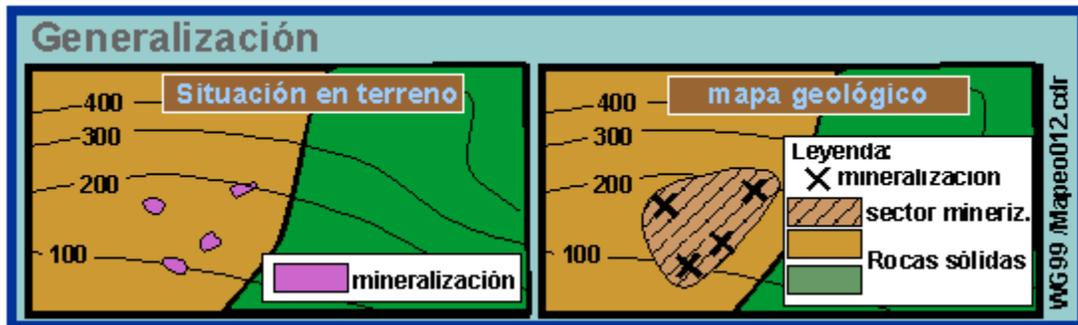
El traspaso de la información del terreno al papel de una carta significa en gran parte una generalización de la información. Información no importante se pierde, información importante se mantiene. El primer problema es la escala y la resolución. Una escala 1:50,000 significa que una línea de 1mm en el mapa tiene un ancho equivalente en terreno como 50m. Es decir cuerpos geológicos pequeños normalmente no salen en un mapa. Existen cinco posibilidades para generalizar:

- a) Juntar varios cuerpos iguales a un cuerpo grande



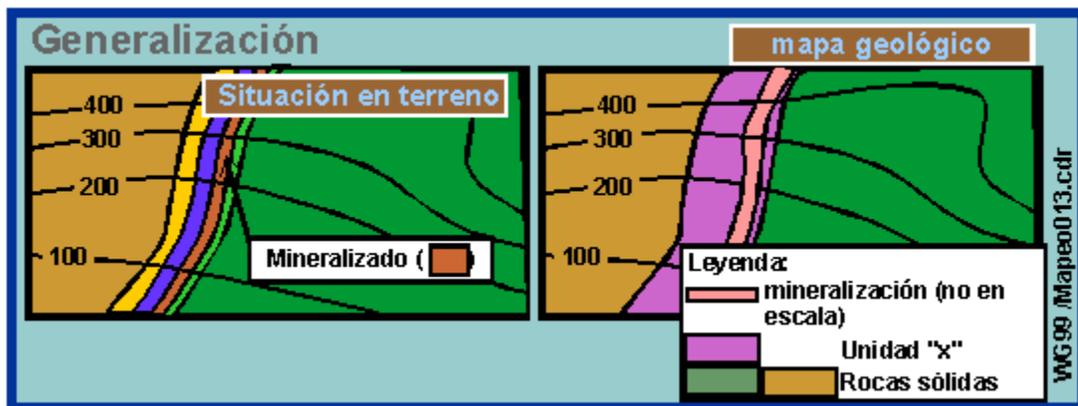
En el caso que afloran cuerpos (importantes) de la misma roca en cantidades grandes de yacimientos pequeños, se puede juntar todos los afloramientos pequeños a un cuerpo grande.

b) Uso de un símbolo



En el caso que afloran muchos cuerpos pequeños con alta importancia (como alteraciones o mineralizaciones) se puede marcar la ubicación con un símbolo y adicionalmente se puede juntar los puntos a una zona "sector mineralizado".

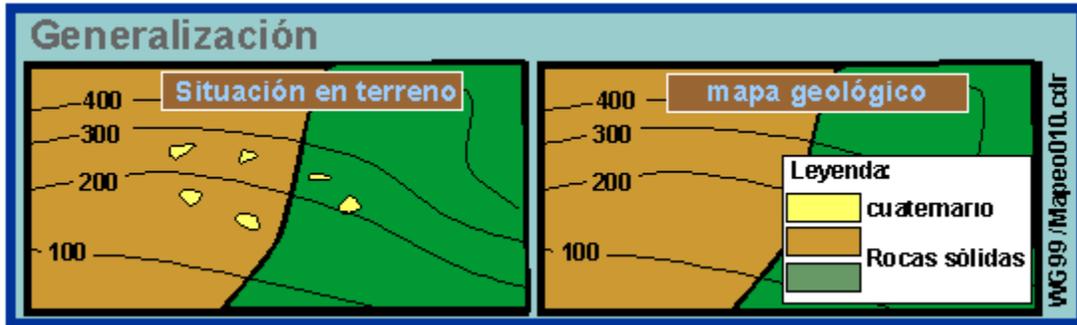
c) Aumento del tamaño del cuerpo en el mapa (solo sí es un cuerpo/estrato muy importante):



Sí aflora una estructura (dique, veta) o un estrato muy importante, se puede aumentar la escala de esta estructura. Es decir se dibuje la estructura o el estrato más ancho como aparece en la naturaleza. Pero eso se indica en la leyenda.

Nota: En mapas topográficos es un método muy común para caminos y casas (entre otros). Un camino de 10 m de ancho en la naturaleza tenía en un mapa topográfico de la escala 1:50,000 correctamente un ancho de 0.2 mm. Pero se dibujan normalmente caminos en un mapa más grueso.

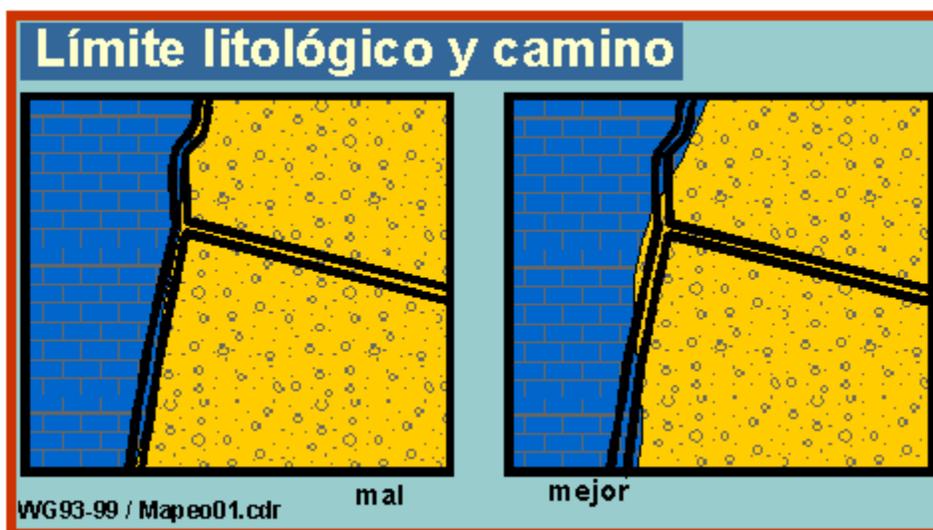
d) No dibujar el cuerpo (solo para estructuras no tan importantes por ejemplo el cuaternario):



Cuerpos pequeños sin importancia como por ejemplo cuaternario simplemente no se traspa al mapa geológico. Claro, que en este caso existe la posibilidad para juntar todas afloramientos a una mancha grande (véase "a"). El objetivo de la carta geológica y el estilo del autor manejan al final el estilo del mapa. La generalización por "no dibujar" no se hace para rocas extrañas de la zona ni por rocas importantes. En la mayoría le toca solamente al cuaternario para desaparecer.

5.2 Límites geológicos

Límites geológicos se dibujan con línea negra fina. Los límites normalmente (casi nunca) coinciden totalmente con el trayecto de caminos, líneas de ferrocarriles u otras estructuras artificiales. La recomendación: Implementar una cierta irregularidad que coincide con la realidad.



5.3 Cartografía de Rocas Estratificadas

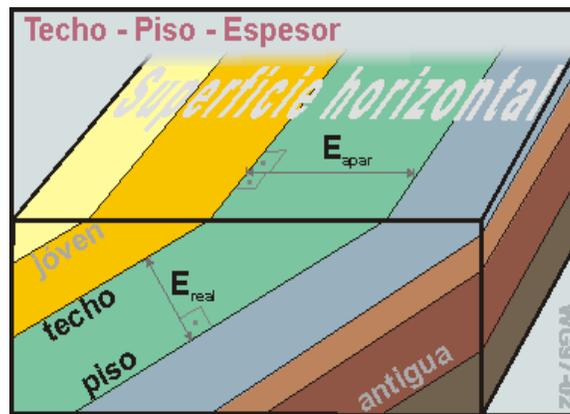
5.3.1 Espesor de los Estratos

La distancia entre el piso de una capa (piso= límite inferior) y techo (límite superior) se *llama espesor real*. Si la capa está cortada aparece un espesor aparente. El espesor aparente es siempre igual o mayor del espesor real. Para secciones perpendiculares a la dirección de inclinación es:

$$\text{Sen (echado)} = \text{Espesor real} / \text{Espesor aparente}$$

En terreno normalmente el espesor aparente y el echado (brújula) son conocidos. Entonces para calcular el espesor real es:

$$\text{Espesor real} = \text{sen (echado)} * \text{Espesor aparente}$$



5.3.2 Inclinación de los Estratos

Por fuerzas tectónicas los estratos en algunos sectores se presentan inclinados y deformados, mostrando una inclinación.



Las fuerzas tectónicas además producen fallas, pliegues y deformaciones. Los estratos se pueden presentar de las siguientes maneras:

- Estratos Horizontales
- Estratos Verticales
- Estratos Inclínados contra a la pendiente
- Estratos Inclínados en el sentido de la pendiente
- Estratos Inclínados en el mismo sentido de la pendiente, con inclinación mayor a la pendiente

1. Estratos Horizontales

Estratos horizontales siempre producen límites geológicos del mismo sentido (paralelo) como las curvas del nivel.

Bloque (valle)



Carta



2. Estratos Verticales

En estratos verticales, los límites geológicos cortan las curvas del nivel en una forma recta.

Bloque (valle)



Carta



3. Estratos Inclinados en contra a la pendiente

Los estratos cruzan a las curvas del nivel, en el mismo sentido, pero con un radio menor.

Bloque (valle)



Carta



4. Estratos Inclinados en el mismo sentido de la pendiente

Los estratos inclinados en el mismo sentido de la pendiente, pero con ángulo menor a de la pendiente. Los estratos cruzan a las curvas del nivel, en el mismo sentido, pero con un radio mayor.

Bloque (valle)



Carta



5. Estratos Inclinados en el mismo sentido de la pendiente, pero con ángulo mayor a la pendiente.

Los estratos cortan las curvas del nivel en el sentido contrario.

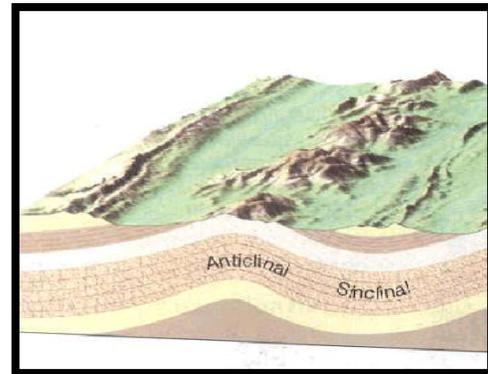
Bloque (valle)



Carta



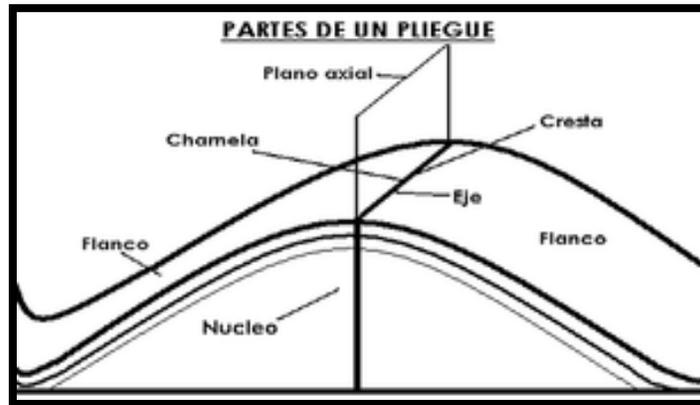
6. Estratos Plegados: Sinclinal y Anticlinal



6.1 Elementos de un pliegue

- *Charnela*: zona de mayor curvatura del pliegue.
- Línea de charnela o eje de pliegue: línea que une los puntos de mayor curvatura de una superficie del pliegue. También recibe el nombre de eje del pliegue.
- *Dirección*: ángulo que forma el eje del pliegue con la dirección geográfica norte-sur.
- *Plano axial*: plano que contiene todas las líneas de charnela y corta el pliegue.
- *Núcleo*: parte más comprimida y más interna del pliegue.
- *Flancos*: mitades en que divide el plano axial a un pliegue.
- *Cabeceo*: ángulo que forma el eje de pliegue con una línea horizontal contenida en el plano axial.

- *Cresta*: zona más alta de un pliegue convexo hacia arriba.
- *Valle*: zona más baja de un pliegue cóncavo hacia arriba



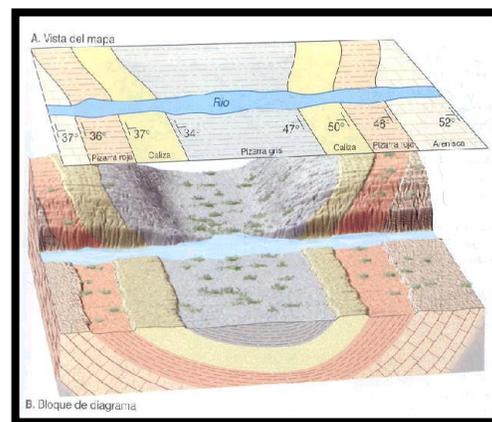
Existen muchos tipos de pliegues según las características que los distinguen; aquí solo estudiaremos los pliegues por la disposición de sus capas según antigüedad.

6.1.1 Sinclinal (plegamiento cóncavo hacia arriba) es el pliegue en el cual los estratos más jóvenes se encuentran en el núcleo o centro, esto ocurre casi siempre cuando los estratos se pliegan hacia arriba.

Bloque (valle)



Carta

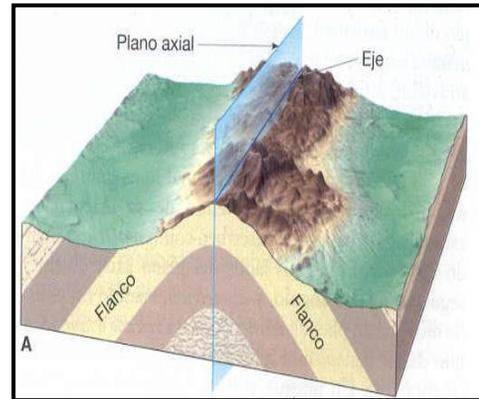


6.1.2 El anticlinal (plegamiento convexo hacia arriba) es un pliegue en el cual los estratos más antiguos se encuentran en el núcleo o centro, esto se produce generalmente cuando los estratos se pliegan hacia abajo.

Bloque (valle)

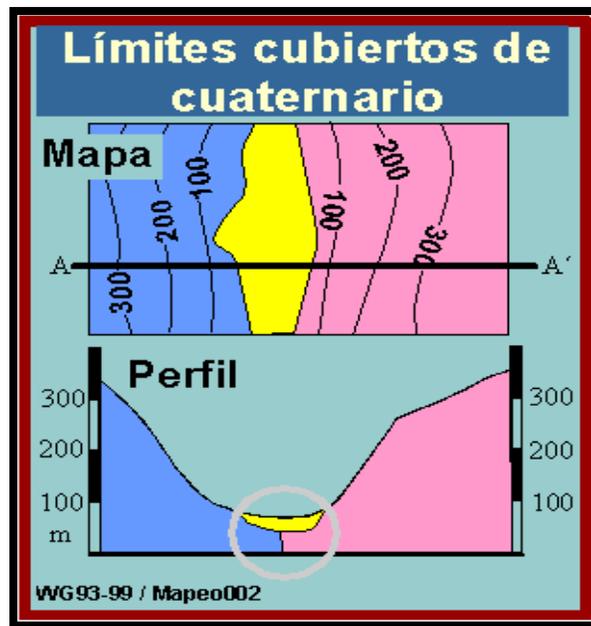


Carta

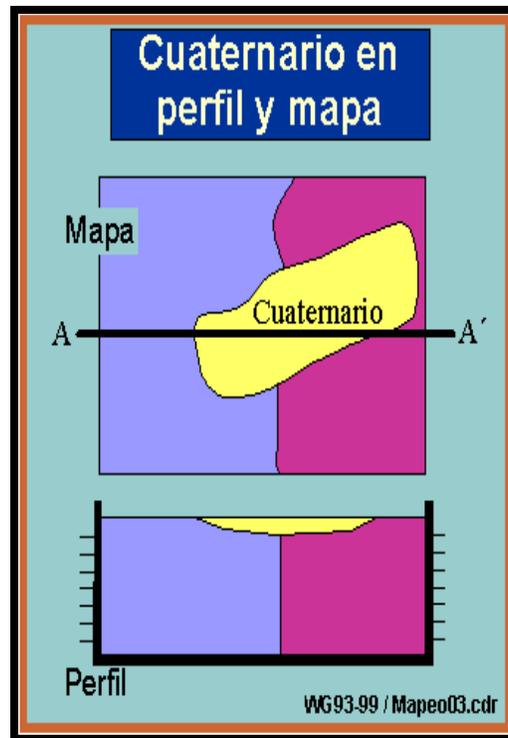


5.4 Cartografía Depósitos del Cuaternario

Los depósitos del cuaternario solo cubren las rocas más antiguas. En valles o quebradas el cuaternario es como un relleno.



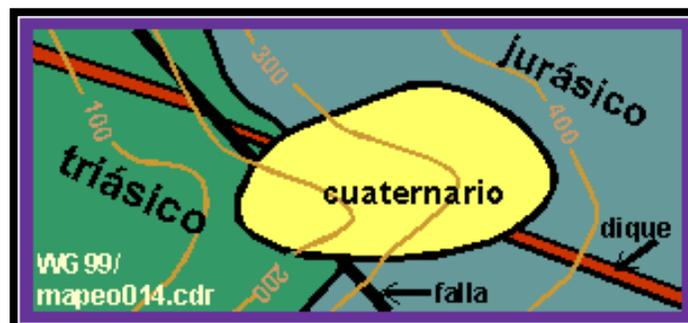
Cuaternario (aluvión) cubre rocas sólidas



Cuaternario en un paisaje normal cubre solo las rocas más antiguas. No hay continuación hasta altas profundidades. El dibujo de cuaternario en terreno será una capa delgada (sí no hay otra información).

5.5 Cronología

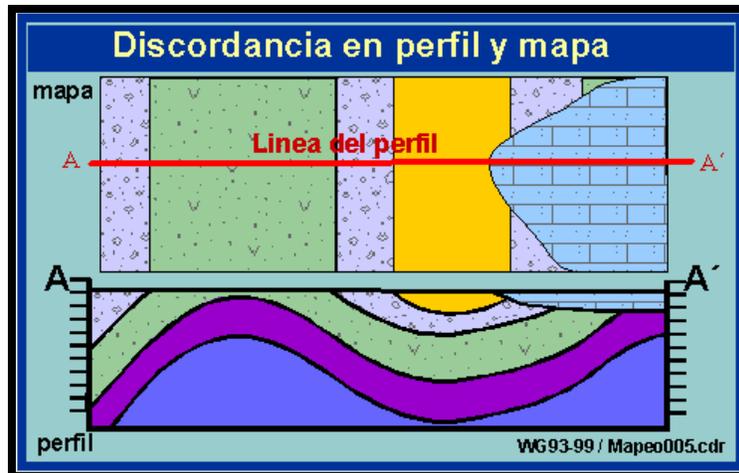
Durante del dibujo del mapa hay que verificar que la cronología de las estructuras del mapa corresponde con la naturaleza. Es decir, estructuras jóvenes cortan (interceptan) estructuras más antiguas. Un dique de la época jurásica no puede cortar el terciario. Generalmente en depósitos cuaternarios no hay fallas y diques (solo existen pocas excepciones).



En este ejemplo la falla corta y desplaza el dique, dique y falla afloran en triásico y jurásico, dique y falla no afloran en los depósitos del cuaternario.

Conclusión: Falla y dique son más joven que las rocas del jurásico y más antigua que el cuaternario. La falla es más joven en comparación del dique.

5.6 Discordancias en el Perfil y el Mapa



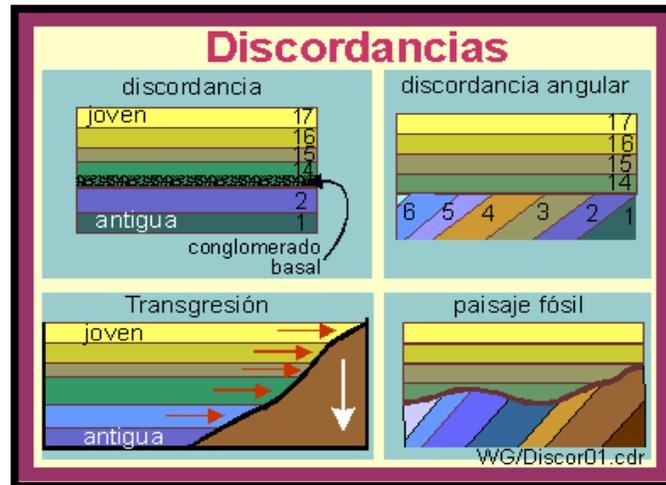
Las disconformidades o discordancias se forman por el conjunto de sedimentación, fuerzas tectónicas y erosión. Los estratos normalmente representan desde abajo hacia arriba una cronología temporal. Es decir los estratos abajo son más antiguos que los estratos superiores. Si en una época no hay sedimentación o faltan estratos de esta época, después de este tiempo nuevamente empezará la sedimentación y cubrirá los estratos antiguos con depósitos horizontales. Al final se encuentra un perfil de capas que presenta una ausencia temporal (Figura: estratos 1-2 antiguos; del 14-17 los estratos son más jóvenes; los estratos de las épocas 3-13 faltan).

Discordancia angular (figura derecha). Sí, durante la ausencia de la sedimentación existe una actividad tectónica los estratos antiguos (1-6) se inclinan o representan fuertes deformaciones. Los estratos jóvenes (14-17) todavía no existen y por eso no muestran las deformaciones tectónicas. Posteriormente se depositan los estratos modernos (14-17) en una forma horizontal.

Transgresión: Ingreso del mar hacia al continente. Sí un sector se hunde tectónicamente (son movimientos lentos), el mar puede ingresar hacia el continente. Significa que un perfil geológico muestra una disconformidad y los estratos más jóvenes de una facies marina se ubican más adentro del continente

Regresión: Es el retiro del océano desde el continente. En este caso puede que el sector continental muestra un alzamiento tectónico (o una disminución global del nivel oceánico) y el agua tiene que retirarse de sectores continentales. En un perfil geológico se nota un cambio desde una facies marina abajo, a una facies terrestre arriba. El sector de transición es marcado por una facies litoral con marcas sedimentaras típicas y una facies típica litoral. Generalmente la transición

no se manifiesta en un estrato, es generalmente un conjunto de estratos que abajo tiene una predominancia marina (calizas) y siguen hacia arriba intercalaciones de estratos terrestres (conglomerados), más hacia arriba se encuentra una fuerte predominancia de estratos terrestres con intercalaciones de capas marinas. Al fin del proceso afloran exclusivamente estratos terrestres.



Región Atacama (Chile). Discordancia angular

6. Mapeo en el Terreno

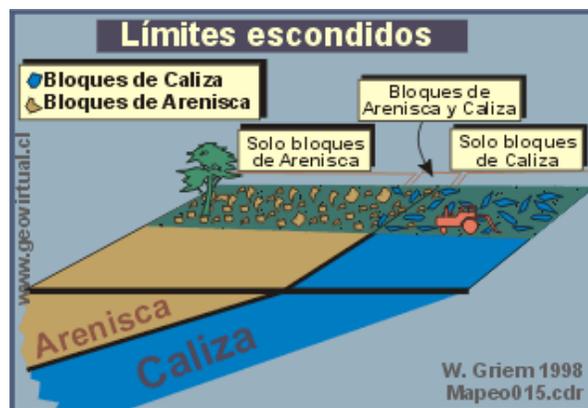
Métodos de Mapeo Litológico:

- Mapeo por material suelto
- Mapeo por morfología

- c) Mapeo en regiones cubiertas de vegetación
- d) Morfología y capas inclinadas

a) Mapeo por material suelto:

En la mayoría (no en el desierto) las capas no afloran directamente a la superficie, es decir una capa de suelo, vegetación y/o bloques sueltos cubren las rocas sólidas. En este caso los pocos afloramientos que existen son de alto valor. Con las informaciones de estos afloramientos (cortes de carreteras, canteras, minas, riberas de ríos, acantilados, excavaciones profundas, perforaciones) y la ayuda de bloques sueltos, de la morfología y de la vegetación se puede interpolar las informaciones. En regiones áridas o desérticas este problema no es tan grave, pero también no siempre las rocas afloran en una manera satisfactoria. Arena, mares de bloques, barro, rellenos de quebradas o rocas sueltas cubren las informaciones. Entonces durante un mapeo se buscan cualquier tipo de información que puede ayudar en la confección del mapa geológico. Solo en casos especiales se hacen perforaciones.



En sectores horizontales normalmente los bloques sueltos vienen como producto de erosión y meteorización desde abajo de las rocas sólidas. Pero casi siempre se observa cerca de los límites litológicos un sector de mezcla de los bloques sueltos (por la agricultura o fenómenos físicos). Pero estos sectores no son tan anchos, que al final en un mapa de escala de 1:10.000 este sector desaparece por la resolución. Entonces la mitad de la zona de mezcla se usa como límite litológico.

También en sectores inclinados funciona el método bastante bien. La regla más importante es: "Rocas sueltas solo se caen hacia abajo". Es una regla muy simple pero muy importante. Significa abajo del cerro se puede encontrar una mezcla de todas las rocas sueltas que afloran arriba. Entonces durante de un mapeo siempre se sube a los cerros en la búsqueda del último trozo suelto de una roca determinada. Significa en el ejemplo abajo la persona tiene que subir al cerro para encontrar el último trozo de arenisca (el trozo más alto). Este punto marca el límite litológico. Eso se verifica en otras partes varias veces.



b) Mapeo por morfología

El método más eficiente es un mapeo por morfología. Se puede usar este método en regiones sin vegetación y en regiones cubiertas de bosques y praderas. La idea principal es, que cada roca o estrato tiene su propia resistencia contra la erosión y meteorización. Estratos duros forman lomos con pendientes fuertes, estratos blandos muestran pendientes suaves o producen depresiones, valles o quebradas. Además se puede determinar la manera del desgaste: Estratos duros producen mares de bloques del tamaño grande; estratos blandos producen partículas más finas o un polvo. Igualmente muchas fallas tectónicas se puede manifestar por la dirección de una quebrada o un valle, pero mejor sería verificar este conclusiones en el afloramiento. Ejemplo: línea de manantiales y diferencias en la erosión.

c) Mapeo en regiones cubiertas de vegetación

La vegetación se puede usar como indicador litológico. La idea es, que cada tipo de rocas permite el crecimiento de un conjunto de plantas especiales. En la naturaleza se observa entonces un cambio de la vegetación brusco arriba de un límite litológico. Este método de mapeo "indirecto" solo funciona en conjunto de informaciones litológicas directas. Entonces se necesita un afloramiento que indica el cambio litológico y se nota las diferencias de la vegetación (como en un camino rural cual produce un afloramiento y está cruzando un bosque). La continuación del límite se puede detectar solo por la vegetación hasta un otro punto de referencia.

Este método por supuesto solo funciona en regiones de densa vegetación. Pero también en el desierto se nota algunas veces este cambio de la vegetación por la litología. También este método funciona bien para detectar fallas (zonas de fallas).



7. Diseño y dibujo del mapa:

Procedimiento de la confección del dibujo del mapa son las siguientes:

Fase	Título	Palabras claves
1	Diseño preliminar	Ubicación al papel del mapa, leyenda, título, perfil
2	Margen del mapa	Dibujo del margen
3	Topografía	Dibujo de la topografía (papel diamante con grafo)
4	Límites geológicos	Dibujo de los límites geológicos, generalización
5	Simbología	Dibujo de los símbolos en negro (grafo)
6	Leyenda	Diseño y dibujo en b/n de la leyenda
7	Título	Título (letras grandes)
8	Dibujo del perfil	Confección y dibujo del perfil
9	Fotocopiar en b/n	Fotocopias a papel normal

Las fases de la 7.1 a la 7.4 fueron descritas anteriormente

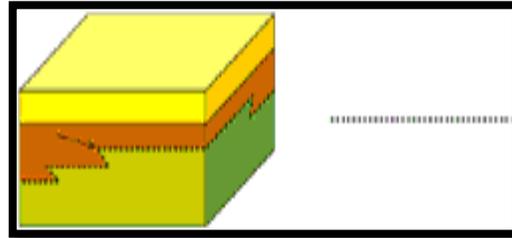
7.5 Simbología

En los mapas se puede diferenciar entre símbolos generales como túnel, mina, cueva, fósiles, símbolos litológicos, cuales determinan un cierto tipo de roca y símbolos estructurales como pliegues, falla, fracturas. Los símbolos litológicos se pueden reemplazar por colores. En líneas azules se representan los contactos intrusivos, y en líneas rojas y verdes los límites de las zonas metamórficas. Los símbolos puntuales indican el buzamiento de las capas o de otras estructuras planares o lineales.

- Símbolos Generales

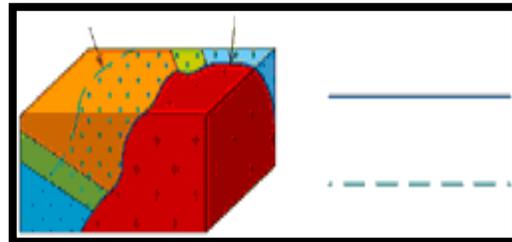
Se usan una gran cantidad de símbolos generales

Contacto transicional

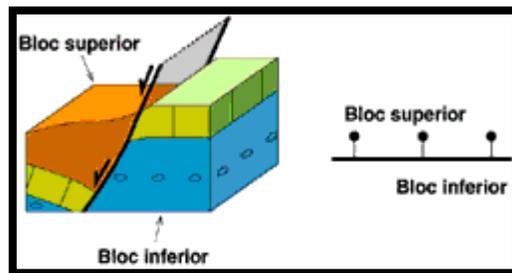


Contacto intrusivo

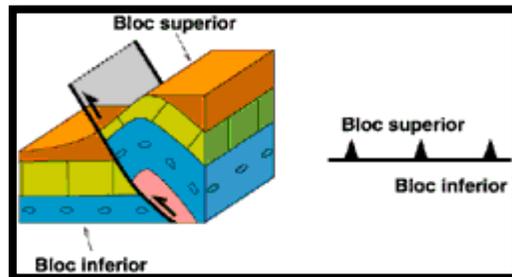
Límite de zona metamórfica



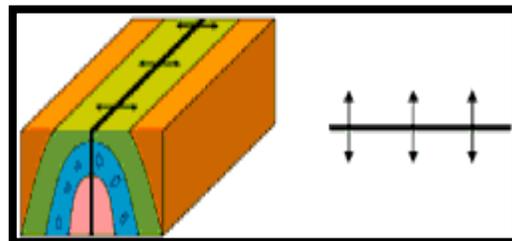
Falla normal



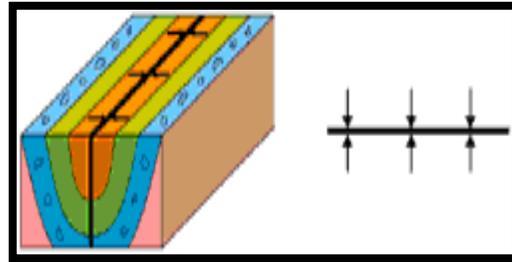
Falla inversa
Cabalgamiento



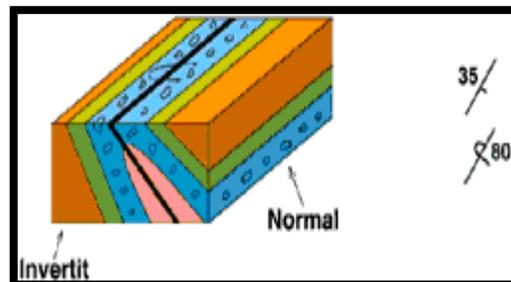
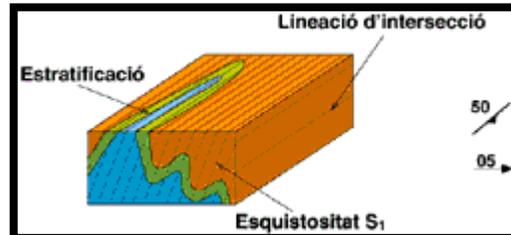
Anticlinal



Sinclinal



Buzamiento de la estratificación

Esquistosidad
Lineación de intersección

- Simbología litológica para mapas en blanco y negro

Las unidades litológicas se rellenan con símbolos. La desventaja de este tipo de mapas es la cantidad limitada de información. No es posible incorporar grandes cantidades de unidades litológicas en este tipo de mapa. Pero para como máximo 6 unidades no hay problemas.

La elección de los símbolos litológicos tiene que ser bien hecha. Primero hay símbolos determinados (exclusivamente) para un tipo de rocas. Además se puede variar el tamaño de los símbolos. Símbolos grandes son más fáciles de dibujar, pero en afloramientos pequeños no son estéticos o no se pueden diferenciar. Generalmente existen símbolos orientados (como los ladrillos de la caliza) y símbolos sin orientación (como la arenisca). Gráficamente se ve mejor una combinación de los dos tipos de símbolos en una mapa (sí la litología lo permite). El uso único de símbolos orientados produce tal vez un desorden en el mapa. El problema general es, qué solo al final se ve la estética del mapa. Puede ser qué por el conjunto de grandes cantidades de símbolos se produce un mal diseño, y no hay ninguna manera para borrar los símbolos.

Símbolos en perfiles o cortes geológicos se adaptan a la orientación de las rocas. Es decir en un pliegue también los símbolos son plegados. En capas inclinadas se inclinan también los símbolos (solo para símbolos orientados).

Algunos programas computacionales como Auto Cad, CorelDraw® (entre otros) que permiten la creación de símbolos. Eso ayuda mucho, porque automáticamente se puede rellenar un sector definido con un símbolo adecuado. Sí al final se ve feo rápidamente se puede cambiar el diseño sin dibujar el mapa completamente nuevo. Se puede elegir la combinación estética más favorable.

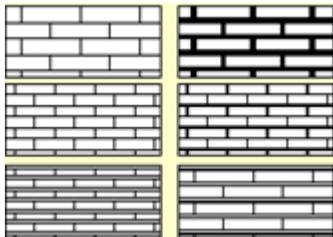
Símbolos para rocas carbonatadas como: calizas, dolomías, margas y otras.

Para rocas sedimentarias químicas se usa normalmente una simbología orientada como los "ladrillos". Diferentes tipos de calizas se puede diferenciar por tamaño de los ladrillos.

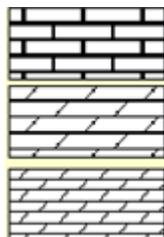
Rocas Sedimentarias No Clásticas o Químicas

CARBONATOS

Calizas Puras

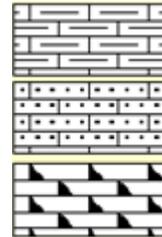


Dolomías



CARBONATOS IMPURAS/MARGAS

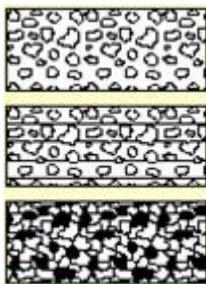
Calizas arenosas, arcillosas, etc.



Símbolos para rocas sedimentarias clásticas como: areniscas, lutitas, conglomerados y brechas:

Rocas Sedimentarias Clásticas o Detríticas

Conglomerados y Brechas



Arenas y arenisca



Lodolitas y lutitas

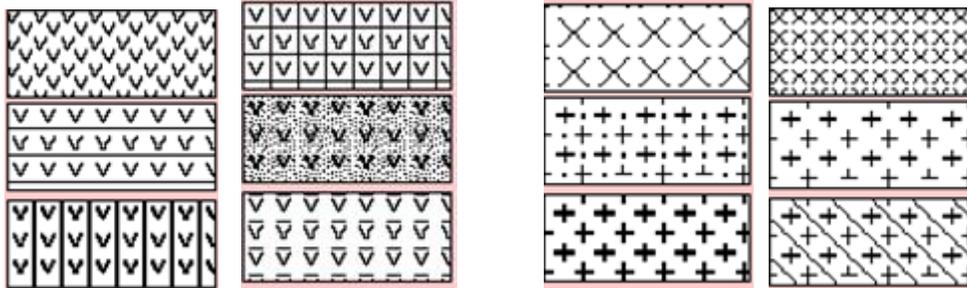


Símbolos para rocas volcánicas como: andesitas, basaltos, riolitas y para rocas intrusivas como: granito, diorita, sienita.

ROCAS ÍGNEAS

Rocas Volcánicas

Rocas Intrusivas

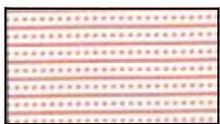


Símbolos para rocas metamórficas deformadas como: pizarras, esquistos, gneis.

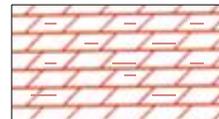
Rocas Metamórficas

Foliadas

No Foliadas



Pizarra



Mármol



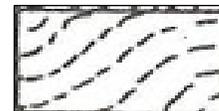
Esquisto



Cuarcita



Gneiss



Argilita

En la siguiente tabla se presentan algunas equivalencias entre claves y términos de las distintas escalas utilizadas por INEGI en cartografía geológica.

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS.

Escala 1:1 000 000	Escala 1:250 000		Escala 1:50 000	
Roca ígnea intrusiva ácida Igia	Granito Granodiorita Tonalita	Gr Gd Tn	Granito Roca ígnea Intrusiva ácida	Gr Igia
Roca ígnea intrusiva intermedia Igii	Sienita Monzonita Diorita	Si Mz D	Roca ígnea Intrusiva intermedia Diorita	Igii D
Roca ígnea intrusiva básica Igib	Grabo Intrusita Ultramáfica	Ga Um	Grabo Roca ígnea Intrusiva básica	Ga Igib

- Simbología litológica para mapas en color

Solamente se dibujan los símbolos geológicos como fallas, cabalgamientos, rumbo/echados, ejes de pliegues, fósiles, toma de muestra, mina y edades absolutas. Además se ingresan las letras de identificación de las unidades litológicas. Sí se quiere una combinación de colores y símbolos litológicos además se dibujan los sectores con símbolos en negro: zonas alteradas, litología especial-detallada, conos aluviales y dunas.

Los mapas más profesionales normalmente son a color. Se usan distintas colores para diferenciar las unidades (formaciones) litológicas. El uso de los colores está bajo de algunas normas.

- 1) Esquema por color de la época o edad. Cada época tiene su color propio
- 2) Esquema por color de la litología. Cada litología tiene su color propio.

En mapas regionales y oficiales se cumple esta norma al cien porcientos. Para mapas de sectores, cartas más detalladas, algunas veces no se puede cumplir esta norma. Sí un mapa detallado por ejemplo solo contiene una época y

se diferenciaron como 20 unidades litológicas en esta carta. La norma por color de época sería obligatorio buscar 20 distintos tonos del color principal. Por Ejemplo: Una carta contiene 15 unidades litológicas del jurásico. Bajo la norma sería obligatorio el uso de 15 distintas tonos de azul. Eso puede ser difícil y finalmente no se puede diferenciar entre las tonalidades. Entonces en el caso de mapas geológicos especiales se puede romper esta norma y usar otros colores. Pero con cuidado.

1. Siempre amarillo claro exclusivamente para cuaternario
2. Rojo solo para rocas intrusivas; violeta o rosado para rocas volcánicas
3. Azul para calizas o rocas sedimentarias
4. Se prefiere los colores asociados a la época

- Colores por Edad

EDAD	COLOR
Cuaternario	Amarillo claro
Terciario	Amarillo
Cretácico	Verde claro
Jurásico	Azul
Triásico	Violeta
Pérmico	Café -azul
Carbonífero	Gris
Devónico	Café
Silúrico	Verde-azul
Ordovícico	Verde oscuro
Cámbrico	Gris verde

7.6 LEYENDA

En la leyenda litológica o geológica tienen que aparecer todos los diferentes tipos de rocas que se han representados en el mapa geológico constituyendo lo que se le llaman unidades cartográficas. Arriba se colocan las unidades más jóvenes, abajo las más antiguas. Sí hay dos facies (dos unidades con diferentes rocas, pero del misma edad) se dibuja al mismo nivel horizontal. Sí no se conoce la edad absoluta (¿cretácico o terciario?) se dibujan el cajoncito arriba del límite como en el caso del granito. Los cajoncitos contienen una identificación de letras (por ejemplo: Qe) para facilitar la comparación de los colores con el mapa. Además se dan una descripción de las unidades en una forma muy corta.

Leyenda litológica	
Cuaternario	Qe Dunas
	Qa Depósitos aluviales
Terciario	Tm(x) Mioceno: Estratos x: Conglomerados...
	To(y) Oligoceno: Formación y: Andesitas ...
	Te(z) Eoceno: Estratos de z
	K/Tg Granito
Cretácico	Kc Kc1 Formación Cerillos; Kc1: Conglomerados
	Kx Formación x: Conglomerados y Areniscas

7.7 Titulo

Cada carta necesita un título y alguna información adicional como escala, autor y organización.

Carta geológica de [PAÍS]
Hoja [Sector]
Escala 1: XX.000
[ORGANIZACIÓN, AUTOR]



7.8 Dibujo y Confección del Perfil

Abajo de la carta se dibujan un perfil o mejor dos perfiles (longitudinal y transversal) pero un perfil tiene que ser perpendicular del rumbo general de los estratos. En mapas de color se usan en el perfil los mismos colores como en el mapa. En mapas en blanco y negro se usan la misma simbología. Normalmente la escala horizontal del perfil es igual de la escala de la carta y la escala vertical del perfil es igual de la escala horizontal.

Un perfil geológico es la reconstrucción en profundidad de la estructura geológica de una zona, y puede definirse como una sección vertical o perfil interpretativo de la geología superficial, para cuya realización se utilizan los datos obtenidos en el terreno. Es decir, un corte geológico es la interpretación de la información geológica disponible de una zona, representada en un corte o sección.

Geoméricamente un corte geológico puede definirse como la intersección de los elementos y estructuras geológicas en un plano vertical que contiene a la línea de corte considerada. El corte geológico tiene como base el perfil topográfico, es decir está limitado por la parte superior por el corte topográfico.

7.8.1 Elementos de un corte o perfil geológico

Un corte geológico debe estar acompañado de una serie de elementos que permita su correcta interpretación.

- Debe presentar una escala tanto vertical como horizontal, generalmente estas escalas son iguales.
- El corte debe estar orientado, es decir se tiene que referenciar sus dos extremos.
- Debe presentar una leyenda, en la que se especifique los diferentes colores y tramas utilizados para representar la edad y la litología de los materiales que aparecen en el corte. Normalmente esta leyenda se construye de forma que los materiales estén ordenados

cronológicamente, en la parte inferior los más antiguos y en la parte superior los más modernos.

- Debemos identificar el corte en referencia al mapa, estableciendo alguna identificación alfanumérica de sus extremos que permita su rápida localización en el mapa.

7.8.2 Cómo se realiza un corte o perfil geológico

Para realizar un corte geológico se emplea la misma técnica que para realizar un perfil topográfico. Partimos de un mapa geológico en el que se traza el corte a realizar:

1. Realizar el perfil topográfico de la línea de corte. Este perfil es el límite superior del corte geológico.
2. La línea del perfil corta los diferentes elementos estructurales representados en el mapa, ya sean contactos entre materiales, planos de falla, o planos axiales de pliegues.
3. Se proyecta sobre el perfil topográfico las intersecciones de nuestra línea de corte con los diferentes elementos estructurales.
4. En primer lugar se deben dibujar los elementos estructurales más importantes como plano de fallas, discordancias o planos axiales de pliegues. Normalmente, estos elementos son planos, así que en nuestro corte estarán representados por líneas. Estas líneas deben pasar por los puntos de intersección correspondientes definidos sobre el perfil topográfico, y deben dibujarse con el ángulo de buzamiento correspondiente a cada una de esas estructuras.
5. En segundo lugar se pintan los contactos concordantes entre los diferentes materiales (planos de estratificación). Se sigue el mismo proceso utilizado en el trazado de las estructuras: se traza una línea, con el ángulo de buzamiento adecuado, que pase por la intersección definida en el perfil topográfico. Todas las líneas que se trazan en un corte geológico deben tener estilo geológico, es decir es conveniente trazarlas a mano y evitar los trazos completamente rectos.
6. Después se deben rellenar con tramas y colores las superficies definidas en el corte en función del tipo litológico y edad correspondiente.
7. Y por último, recordar que el corte, siempre debe presentar la orientación del mismo, la escala tanto vertical como horizontal y la leyenda donde se muestren los colores y símbolos utilizados.

7.8.3 Por dónde realizar un corte o perfil geológico

Para obtener mayor información posible de un corte éste debe realizarse según una dirección lo más perpendicular posible a las orientaciones de los materiales y estructuras geológicas. Si se realiza un corte perpendicular a la dirección de los materiales, el corte muestra la verdadera estructura de los materiales, en cambio si se realiza paralelo a la orientación de las capas, el corte muestra las capas

aparentemente horizontales, es decir se representa en el corte geológico buzamientos aparentes de las capas. Por lo tanto, siempre que se realice un corte geológico debemos tener en cuenta cual es la orientación elegida para realizar ese corte. Normalmente siempre se busca la orientación que más información proporcione de la estructura geológica, y por lo tanto, se suelen elegir las orientaciones que presenten una dirección lo más perpendicular posible a las estructuras.

7.8.4 Las tramas en los cortes o perfiles geológicos

Las tramas suelen seguir la estructuras de las capa, es decir la trama debe amoldarse al buzamiento de las capas en todo momento.

7.8.5 Características de los materiales

Cuando se va a realizar un corte debemos tener en cuenta el origen y características de los materiales que aparecen en el mapa geológico. En muchos casos, este origen va determinar su geometría en el corte geológico. Por ejemplo, un material cuaternario de origen fluvial es un material depositado por el río en el cauce por el que discurre, estos materiales normalmente se depositan discordantes y horizontales, rellenando pequeñas depresiones del terreno.

7.8.6 Orientación del perfil geológico

En la construcción de un corte, es muy importante realizar correctamente la proyección, sobre el perfil topográfico, de las intersecciones de la traza del perfil geológico con los diferentes elementos estructurales. Esta proyección debe realizarse siempre perpendicularmente a la traza del perfil geológico sobre el mapa; de forma que el perfil geológico que vamos a realizar tenga la misma longitud que la traza de ese perfil sobre el mapa geológico.

A la hora de realizar un corte geológico, se debe tener en cuenta que la información que debe utilizar, es toda aquella que se encuentra en el mapa., y no sólo la que se localiza en la zona más próxima al trazado de nuestro corte.

Toda la información disponible para realizar el perfil está condicionada por la profundidad y por los límites laterales arbitrarios considerados para la realización de nuestro perfil geológico.

7.8.7 Limitaciones del perfil geológico en profundidad

Cuando se realiza un corte geológico se debe considerar su límite en profundidad. En la mayoría de los casos, la limitación de la estructura geológica en profundidad está condicionada por el conocimiento y la interpretación de la estructura geológica que podemos inferir del mapa geológico. En ningún caso se puede limitar el corte en profundidad, si no conocemos los datos suficientes como

para poder definir la estructura. En algunos casos se pueden establecer un área determinada para la realización del corte geológico limitando su desarrollo en profundidad.

7.8.8 Limitaciones laterales del perfil geológico

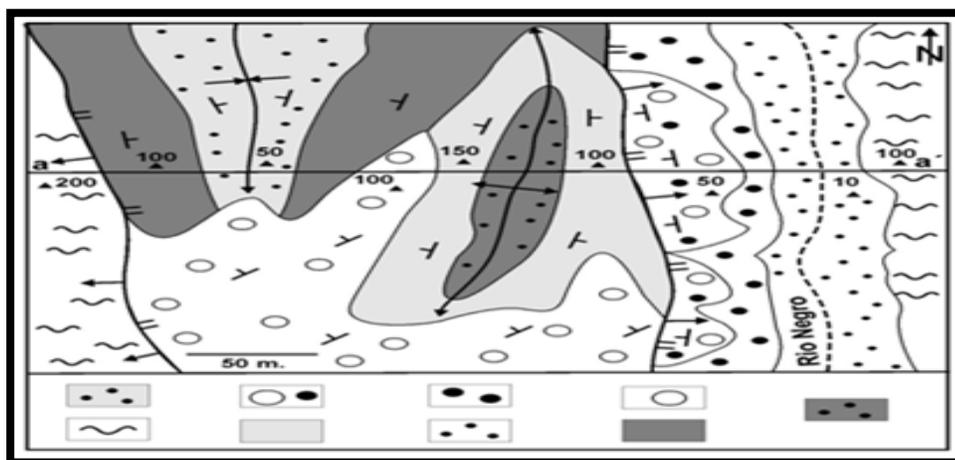
Se debe tener en cuenta que un mapa geológico está limitado en sus extremos. Estos límites son arbitrarios, y por tanto no debemos considerarlos como representativos a la hora de definir la estructura geológica.

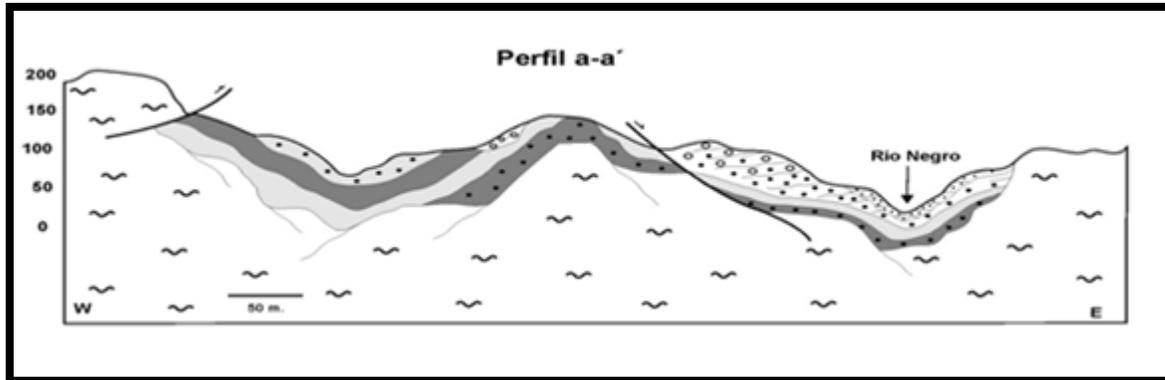
7.8.9 Simbología en los cortes o perfiles geológicos

En los cortes geológicos se utilizan los mismos colores y tramas que se utilizan en los mapas geológicos. No obstante, la simbología utilizada en los mapas geológicos no es la misma que se utiliza en los cortes. Gran parte de la simbología utilizada en los mapas geológicos para definir la orientación y estructura de los materiales resulta redundante en un corte geológico, ya que el perfil es el resultado directo de la interpretación de esa simbología.

En general, un perfil o corte geológico es en realidad un diagrama que muestra una vista lateral de un bloque de la corteza terrestre como se vería si pudiéramos levantarlo para observarlo mejor. Hasta donde sea posible, la sección geológica transversal se dibuja perpendicular al rumbo general de las rocas. En el caso de que la proyección se haga sobre un perfil topográfico en el que se ha exagerado la escala vertical, entonces el ángulo de la inclinación o echado de las rocas se exagera proporcionalmente.

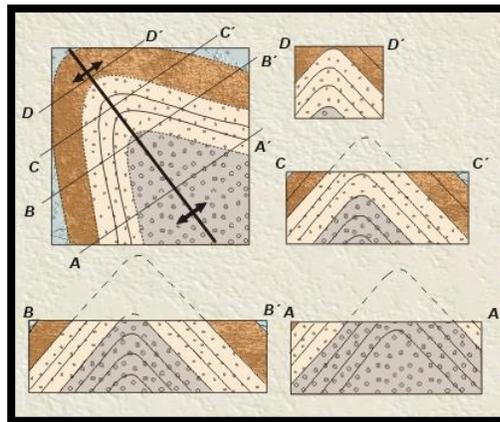
En el siguiente ejemplo, observamos en el mapa geológico un pliegue anticlinal cuyo eje presenta inmersión (pliegue cónico) hacia el NO.





Según en qué zona realicemos el perfil geológico, cortaremos uno, dos, tres o los cuatro materiales que aparecen en el mapa geológico.

El perfil D-D' corta en superficie un sólo material, no obstante, con la información que nos proporciona el conjunto del mapa geológico podemos inferir la estructura en profundidad.



7.9 Fotocopias e imprimir

Al principio hay que mencionar que es un delito fotocopiar publicaciones sin autorización. Más encima por la pérdida de los colores en una fotocopia y la pérdida de calidad en general no es muy recomendable fotocopiar cartas. Además hay distorsiones que afectan la escala. Para realizar ampliaciones o reducciones (de sus propias cartas) hay que implementar la escala gráfica para no perder la escala real. Lo mismo vale para la posibilidad de imprimir un archivo computacional. Sí se usan reducciones o ampliaciones se queda la escala numérica obsoleta. Hay que tener cuidado y cambiar la escala original por la nueva escala de reducción o ampliación.

8 INFORME

Al final de la realización de la carta geológica se realiza un informe del área estudiada con descripciones detalladas, según el objetivo para la que fue realizada la carta geológica y cuyo contenido puede tener los siguientes puntos.

- Introducción
- Metodología
- Localización Flora y Fauna
- Clima
- Fisiografía
- Hidrografía
- Estratigrafía
- Geología Estructural
- Tectónica
- Yacimientos Minerales
- Conclusiones
- Bibliografía