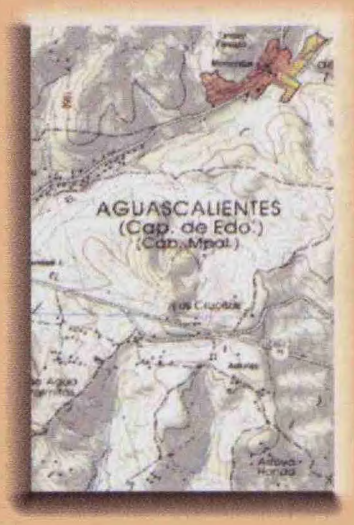
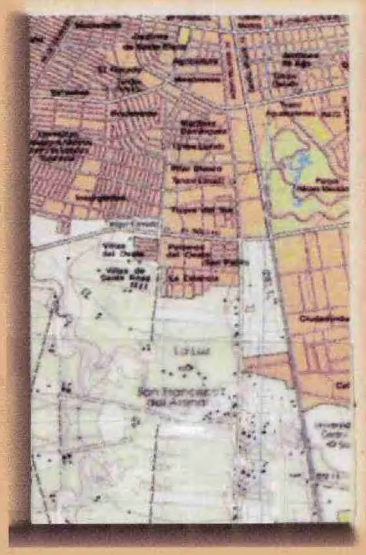
GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE CARTOGRAFÍA





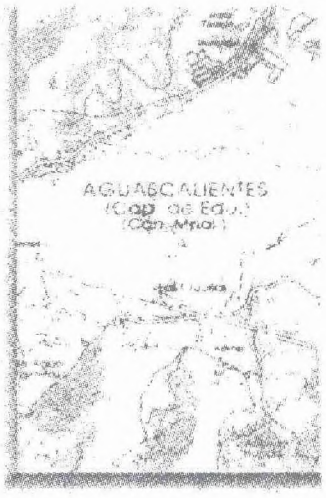


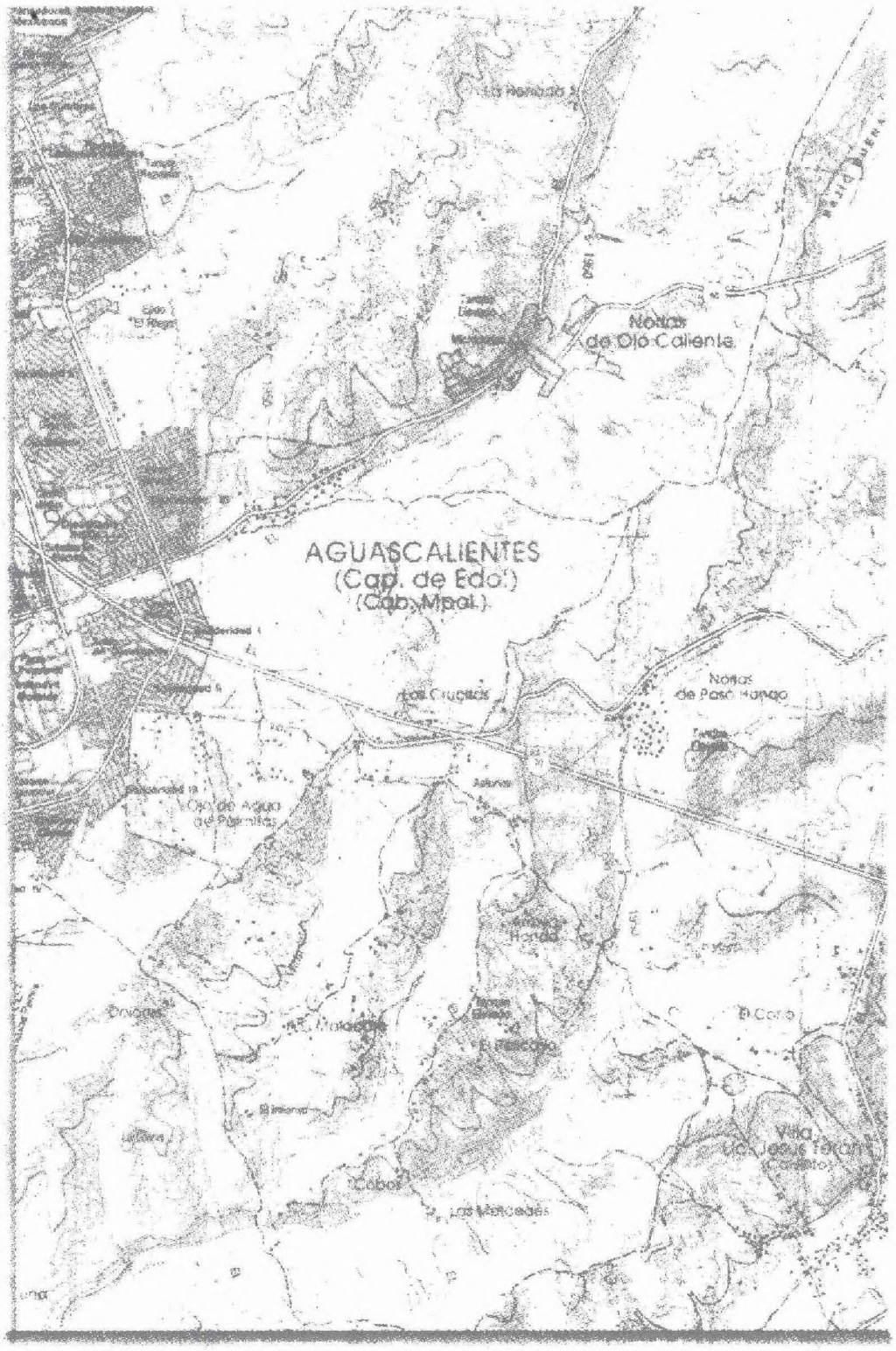


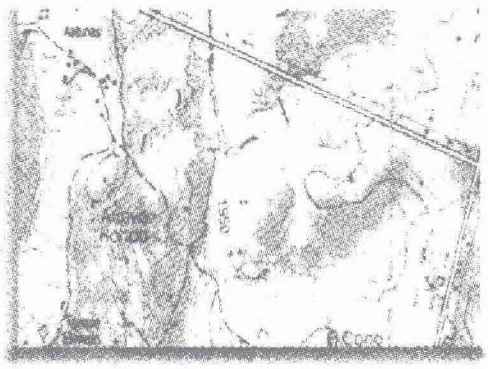
TOPOGRAFÍA

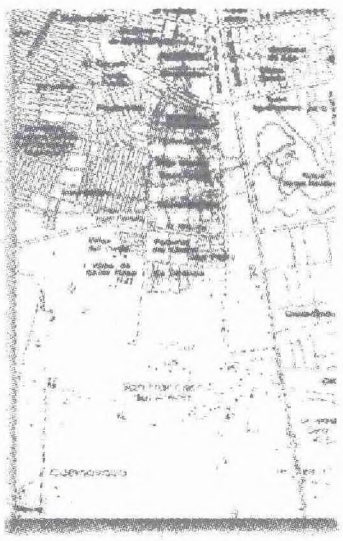
INEGI
www.inegi.gob.mx

GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE CARTOGRAFÍA









TOPOGRAFÍA

INEGI
www.inegi.gob.mx

DR © 2005, **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática**
Edificio Sede
Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301
Fracc. Jardines del Parque, CP 20270
Aguascalientes, Ags.

www.inegi.gob.mx
atencion.usuarios@inegi.gob.mx

Guía para la Interpretación de Cartografía
Topografía

Impreso en México
ISBN 970-13-3654-2

Presentación

Los recursos naturales y humanos con que cuenta un país son factores fundamentales para su desarrollo económico y social; de ahí que su estudio y evaluación adquieran singular importancia.

Contar con información suficiente, confiable y oportuna sobre estos aspectos, a diversos grados de detalle, se convierte en una necesidad y es la información cartográfica impresa en papel o representada en el monitor de una computadora, la que ofrece mayores ventajas para disponer de datos sobre los recursos señalados.

Bajo estas consideraciones el **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)** ha elaborado la Serie **"Guías para la interpretación de cartografía",** una de las cuales la constituye el presente trabajo, dedicado a la **Topografía.**

El propósito fundamental de esta serie consiste en facilitar la interpretación de la información cartográfica que se produce en el **INEGI,** con la mira de ampliar el universo de los usuarios y de hacerla más accesible al público no especializado. El documento presenta, en lenguaje sencillo y de fácil comprensión, los objetivos de cada tipo de carta, su utilidad, los criterios y procedimientos para interpretar la información que contienen sobre la forma y las dimensiones del territorio nacional, la localización y cuantificación de los recursos naturales y la clasificación y ubicación de las obras de infraestructura y de los centros de población, entre otros aspectos.

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

Índice

1. Introducción 1

1.1 Importancia de los recursos naturales de un país y su representación geográfica a través de mapas o cartas 1

1.2 La cartografía topográfica en el Sistema Nacional de Información Geográfica 1

2. Cartografía topográfica 3

2.1 Conceptos básicos 3

2.2 Escalas de representación, su importancia y objetivos 5

2.3 Metodología de elaboración 6

2.4 Metodología de actualización 6

3. Interpretación y uso de las cartas topográficas 9

3.1 Cómo se representa la información 9

3.2 Lectura y aplicaciones de las cartas topográficas 10

4. La información topográfica como conjuntos de datos digitales 19

5. Nomenclatura de la carta y conjuntos de datos 21

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

1. Introducción

1.1 Importancia de los recursos naturales de un país y su representación geográfica a través de mapas o cartas

Los recursos naturales de la Tierra son los medios de subsistencia de la humanidad y, como tales, la base sobre la cual cada país puede en gran medida sustentar su desarrollo económico, social y cultural.

De ahí la necesidad de conservar y aprovechar dichos recursos apropiadamente, a través de un estudio sistematizado que permita la transformación dirigida y consciente de la naturaleza.

Puesto que la naturaleza se manifiesta mediante un conjunto de fenómenos, es necesario conocer las leyes por las que éstos se rigen y los efectos que producen. Para lograr esto con profundidad y detalle es necesario contar con buenos sistemas de información.

En la medida en que un país posea información oportuna, veraz y actualizada, sobre sus recursos, estará en condiciones de planear adecuadamente su desarrollo e influir en su futuro.

En este contexto, la cartografía juega un papel importante como elemento de apoyo al desarrollo, ya que los mapas, en formato analógico o digital contienen, representados mediante signos, símbolos gráficos, colores y algún tipo de codificación, toda una serie de datos que previamente se han recabado, analizado, depurado, sintetizado y clasificado; así se dice que un mapa es una representación gráfica de la superficie de la tierra, o de parte de la misma, dibujada a escala en un plano o desplegada en un monitor. Dentro de este marco, los documentos o datos digitales que conforman la carta Topográfica, proporcionan información sobre la infraestructura con que cuenta el país, así como del medio físico nacional.

1.2 La cartografía topográfica en el Sistema Nacional de Información Geográfica

La **Carta Topográfica,** representa la concreción gráfica del inventario de la infraestructura, orografía, hidrografía y de la población del país, así como de su distribución geográfica; en ellas se registra fielmente todos estos factores y las relaciones que guardan entre sí.

Es asimismo, la base en la cual se sustentan los estudios que se ocupan del inventario de los recursos naturales como los de geología, edafología, uso del suelo y vegetación e hidrología, entre otros. De esta manera la Carta Topográfica forma parte de los datos fundamentales y básicos que soportan la estructura del Sistema Nacional de Información Geográfica.

Debido a su estructura y enfoque, la cartografía topográfica sirve como apoyo a las actividades de estudio, análisis, programación y planeación en los niveles local, regional y nacional, a corto, mediano y largo plazo, por sector y rama de producción, y también desde las perspectivas rural y urbana.

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

2. Cartografía topográfica

2.1 Conceptos básicos

Como ya se ha dicho, las cartas topográficas son documentos que representan, a escala, los elementos naturales y las obras hechas por el hombre sobre la superficie terrestre del territorio nacional, localizándolos con precisión, en posición y altitud.

En la representación gráfica de una parte o de toda la superficie terrestre sobre un plano, intervienen cuatro factores fundamentales, a saber:

- Sistema geográfico de referencia
- Sistema de proyección cartográfica
- Escala de representación
- Simbología

SISTEMA GEOGRÁFICO DE REFERENCIA

Es indispensable para la correcta ubicación de los elementos que aparecen sobre el mapa **(coordenadas geográficas).** Para tal efecto, puesto que la tierra es un cuerpo de tres dimensiones, habrá que contar con un sistema tridimensional de coordenadas: latitud, longitud y altitud.

El método sistemático más antiguo de ubicación, de coordenadas geográficas, latitud y longitud, está basado en dos círculos: uno, conocido como el Ecuador, que corre de este a oeste y es equidistante de los polos norte y sur; y otro que va desde el polo norte al polo sur, denominada Meridiano de Origen.

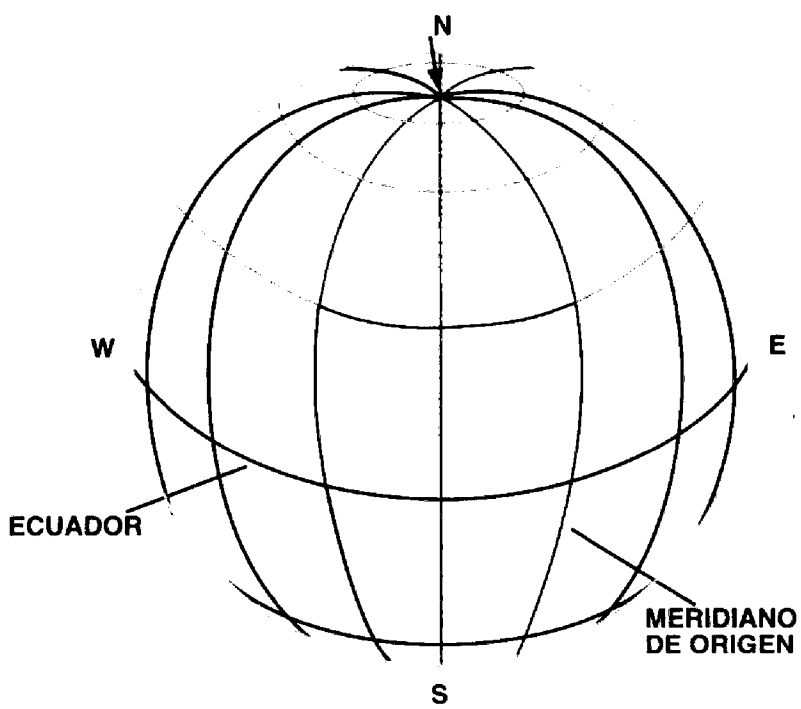


Figura 1. Líneas de referencia

Mediante el trazo de un grupo de círculos alrededor de la esfera y paralelos al Ecuador, y otro grupo de ellos que cruzan al ecuador en ángulos rectos y convergen en los polos, se obtiene una red de líneas de referencia desde las cuales se puede localizar cualquier punto en la superficie de la tierra (ver figura 1). Dicha ubicación se obtiene definiendo su distancia al norte o al sur del Ecuador y al este u oeste del Meridiano de Origen (ver figura 2).

La distancia angular a que se halla un punto al norte o sur del Ecuador, es conocida como su **latitud,** y los círculos alrededor de la tierra, paralelos al ecuador, son conocidos como paralelos de latitud o sencillamente como **paralelos.**

La distancia angular a que está un punto al este u oeste del meridiano de origen, se conoce como su **longitud** y, los círculos que van de polo a polo, son conocidos como meridianos de longitud o sencillamente **meridianos.**

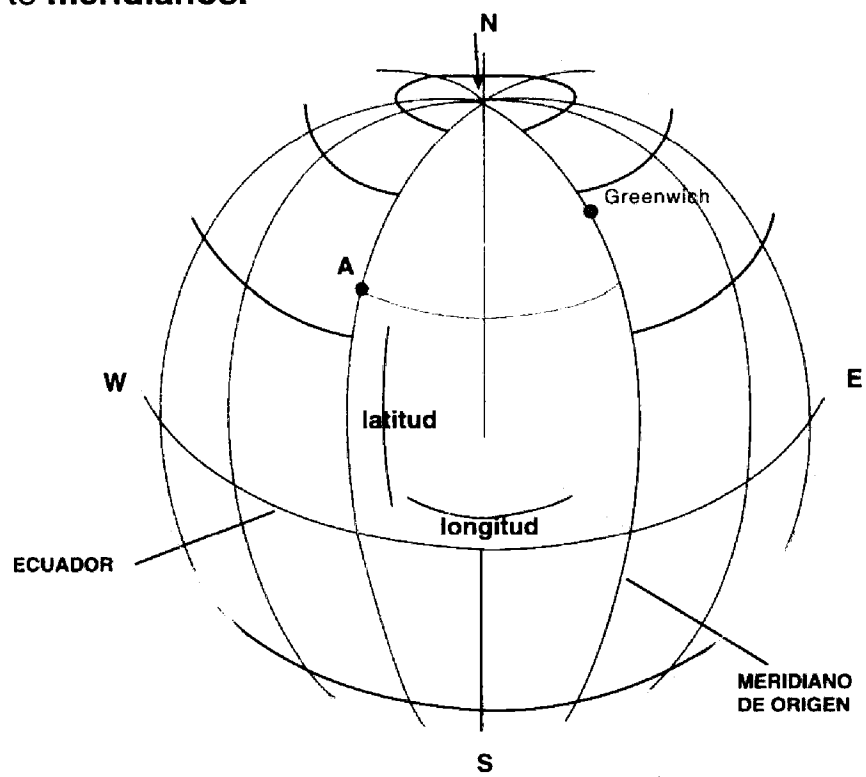


Figura 2. Latitud y longitud de un punto A en la esfera terrestre.

La unidad de medida que se usa con las coordenadas geográficas es el grado, el cual se define como una unidad de medida angular. Cada círculo completo está dividido en 360 grados, cada grado en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. El grado está simbolizado por (°), el minuto por (') y el segundo por (").

Comenzando en el ecuador, los paralelos de latitud están enumerados desde 0° hasta 90° tanto hacia el

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

norte como hacia el sur. El polo norte tiene una latitud norte de 90° y el polo sur tiene una latitud sur de 90°. Puesto que la latitud puede tener el mismo valor numérico al norte y al sur del Ecuador, siempre debe darse la dirección N o S o indicar norte con el signo (+) y el sur con el signo (-).

Iniciando en el Meridiano de Origen, el cual pasa por Greenwich, Inglaterra, la longitud se mide tanto hacia el este como al oeste. Las líneas al este del Meridiano de Origen, están enumeradas de 0° a 180° y son conocidas como longitud este o (+); las líneas al oeste del Meridiano de Origen, están enumeradas de 0° a 180° y son conocidas como longitud oeste o (-). En consecuencia, a la línea directamente contraria al meridiano de origen, puede atribuírsele tanto el valor de 180° este, como de 180° oeste. Siempre debe darse la dirección E u O (La dirección oeste también se representa con la letra W).

Por otra parte la coordenada de **altitud** o **altura,** de un punto se refiere a la distancia vertical que lo separa de una cierta superficie de referencia. En la cartografía del **INEGI** la superficie de referencia es normalmente el nivel medio del mar, y las alturas se expresan en metros.

SISTEMA DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

Debido a que la forma de la tierra es semejante a la de un elipsoide de revolución, (figura que se obtiene al hacer girar una elipse sobre su eje menor), su superficie no se puede trasladar al plano sin someterla a deformaciones de diversos tipos: angulares, lineales y de área. Para minimizar estas deformaciones, se recurre a la proyección de los elementos que aparecen sobre la tierra mediante la ayuda de una figura geométrica que permita trasladar la superficie terrestre a una superficie plana, como el cono y el cilindro, por citar algunas. Esto se conoce como **sistema de proyección,** y según la figura empleada, puede ser proyección **cónica** o proyección **cilíndrica** entre otras.

Según el objetivo al que se pretenda llegar y del uso que se le vaya a dar al mapa, se tratará de eliminar o de minimizar alguna de las deformaciones antes mencionadas; de esta manera, si se trata de conservar las formas (ángulos), el sistema de proyección a utilizar será el conocido como **conforme.** Si se consideran más importantes las distancias, se recurre a las proyecciones **equidistantes.** Por último, si se pretende conservar las áreas, se hace uso de las proyecciones **equivalentes o equiáreas.**

Las cartas del **INEGI** en la escala de 1:250 000, y 1:50 000 emplean la proyección **Universal Transversa de Mercator (UTM).**

Esta proyección es conforme y se basa en un cilindro que envuelve a la tierra y cuyo eje está a 90° con respecto al eje de ésta (transversal) (figura 3).

El cilindro es secante, o sea, corta a la superficie terrestre en dos puntos. La representación total de la tierra se obtiene girando este cilindro cada 6°. A cada faja de 6° se le da el nombre de **zona UTM.**

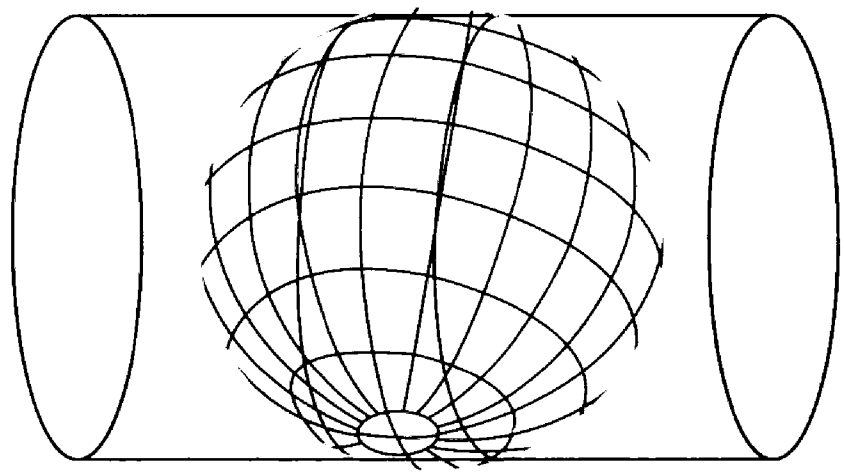


Figura 3. Cilindro transversal al eje de la tierra

Las zonas resultantes se empiezan a contar desde los 180° oeste, hacia el este. México queda comprendido entre las zonas 11 y 16.

El otro sistema de proyección empleado es la proyección **Cónica Conforme de Lambert,** y se utiliza para las cartas de pequeña escala que representan grandes porciones o la totalidad de la República Mexicana.

Esta proyección se basa en un cono colocado sobre la tierra en posición secante y cuyo vértice coincide con la línea del eje de la tierra. Los círculos de latitud en que corta a la tierra se conocen como **paralelos tipo,** base o estándar (ver figura 4). En el caso de las cartas con esta proyección, el INEGI emplea como paralelos tipo el de 17° 30'N y el de 29° 30'N.

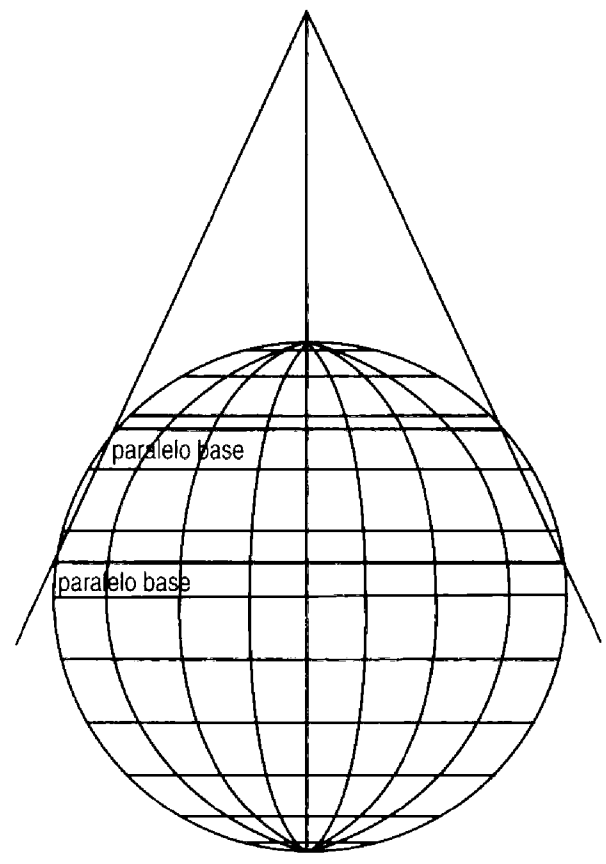


Figura 4. Proyección cónica conforme de Lambert

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

ESCALA DE REPRESENTACIÓN

La superficie plana empleada para representar partes grandes o pequeñas de la tierra, es de menores dimensiones que aquellas, por lo que se establece una relación de proporcionalidad entre las longitudes de los elementos representados en el plano y sus magnitudes lineales reales en el terreno.

Esta relación se conoce como **escala,** y generalmente se expresa como una razón o fracción: 1:50 000 o 1/50 000, lo que significa que una unidad de medida de la carta, 1 cm por ejemplo, representa 50 000 centímetros, esto es, 500 metros en el terreno. En este caso se dice que la escala es "uno a cincuenta mil" o que la carta está "a cincuenta mil". Con este sistema resulta que la escala es más pequeña cuanto mayor sea el denominador. Así la escala 1:1 000 000, en la que 1 cm en la carta representa un millón de centímetros en la tierra (10 000 m o sea, 10 km), es menor que la escala 1:50 000.

A efecto de simplificar las operaciones, al hacer mediciones sobre la carta y poderlas transformar a unidades reales, se incluye una escala gráfica, que es una barra dividida en partes iguales, cada una de las cuales representa una longitud unitaria. La parte izquierda o talón de la escala gráfica, está graduada en submúltiplos de la unidad considerada (ver figura 5).

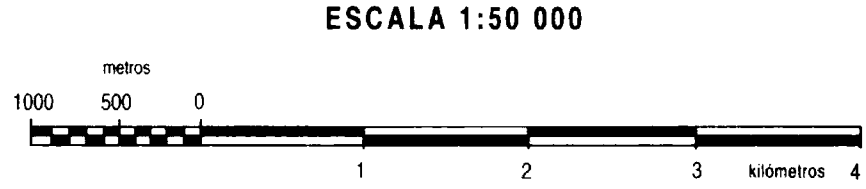


Figura 5. Escala gráfica

SIMBOLOGÍA

Una carta no tiene la riqueza de información y fidelidad de una fotografía aérea, ya que son los objetivos de cada carta los que definen qué va a representarse en ella, y en consecuencia, la información dada pasa por un proceso de selección. Asimismo, dependiendo de la escala, y cuanto menor sea ésta, habrá una mayor abstracción en la información representada, recurriéndose en mayor medida a los símbolos y a la generalización cartográfica de los datos asentados.

En todos los mapas se da la referencia de los símbolos empleados y se muestra la totalidad de ellos en los márgenes de los mismos.

2.2 Escalas de representación, su importancia y objetivos

Hablar acerca de las escalas que se utilizan en la cartografía topográfica (tabla 1) implica referirse a diferentes

Tabla 1

Escala	Formato (longitud x latitud)	1 cm representa	Cubrimiento por carta	Sistema de proyección	Número de hojas para cubrimiento nacional	1 km se representa por	Nivel de información	Aplicaciones
1:5 000 000	38° x 22°	50 km	Territorio Nacional	CCL (1)	1	0.2 mm	Nacional	Inventario Nacional de Recursos (Sectorial)
1:4 000 000	36° x 21°	40 km	Territorio Nacional	CCL	1	0.25 mm	Nacional	Coordinación Gobierno Fed.Gobiernos estatales
1:2 000 000	14° x 17°	20 km	1 000 000 km^{2}aprox.	CCL	2	0.5 mm	Nacional	Estudios de Gran visión Planeación de obras de infraestructura a Nivel Nacional
1:1 000 000	6° x 8° o 6° x 4°	10 km	250 000 km^{2}aprox.	CCL	8 aprox.	1.0 mm	Grandes Regiones, Nacional	Planeación interestatal Estudios Sociodemográficos (por sector y rama productiva)
1:250 000	2° x 1°	2.5 km	23 000 km^{2}aprox.	UTM (2)	120 aprox.	4 mm	Regional	Planeación Estatal Evaluación de Recursos Estatales Delimitación Municipal Análisis de Factibilidad de Proyectos
1:50 000	20' x 15'	500 m	960 km^{2}aprox.	UTM	2 370 aprox.	2 cm	Micro-regional-Local	Estudio de Obras a Nivel Anteproyecto Análisis de Problemas de Desarrollo Urbano

(1) Proyección Cónica Conforme de Lambert con dos paralelos base :17° 30' y 29° 30'
(2) Proyección Universal Transversa de Mercator

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

niveles de información. Esta diversidad la originan los múltiples aspectos en los que es necesario planear para el desarrollo del país.

Así, las cartas en pequeñas escalas (de 1:1 000 000 y menores) pueden usarse, entre otros casos, para la representación a grandes rasgos del inventario nacional de recursos naturales; para coordinar la planeación entre el gobierno federal y los gobiernos estatales; para efectuar estudios sociodemográficos por sector y rama productiva; para la planeación interestatal y de obras de infraestructura a nivel nacional y, en general, para llevar a cabo estudios de gran visión.

Las escalas medianas y grandes (1:250 000 y 1:50 000), encuentran aplicaciones de carácter regional, microregional e incluso local; resultan, pues, muy convenientes para la planeación estatal, la evaluación de recursos estatales, el análisis de factibilidad de proyectos y el estudio de obras a nivel de anteproyecto, el establecimiento de delimitaciones municipales y la resolución de problemas de desarrollo urbano.

Como se desprende de lo anterior y de la tabla 1, un solo documento no hubiese podido satisfacer todas las necesidades, que en ocasiones son individuales y otras colectivas, que a veces se refieren a pequeñas áreas, y que en otras atañen a la problemática nacional.

2.3 Metodología de elaboración

Existen dos tipos de cartas topográficas, y por ende, dos formas diferentes de elaborarlas: básicas y derivadas.

Carta topográfica básica es aquella que se obtiene a partir de fotografías aéreas, levantamientos geodésicos, clasificación de rasgos en campo y obtención de toponimia (recopilación de nombres en campo). A estas cartas, toda vez que se aplican técnicas fotogramétricas en su elaboración, suele llamárseles también cartas fotogramétricas. En el sistema del INEGI, la carta básica es la que está en escala de 1:50 000, y constituye el elemento básico del sistema de cartografía topográfica, dadas sus ventajas en cuanto a cantidad de información y factibilidad de realización y actualización.

Por otra parte, las cartas derivadas son las que se obtienen a partir de las anteriores y de otros documentos como mapas de diversos tipos y fotografías aéreas o imágenes de satélite empleándose en su elaboración, fundamentalmente, técnicas cartográficas.

Para la elaboración de las serie de cartas topográficas en la escala de 1:50 000, se utilizan modelos ópticos tridimensionales del terreno, con cubrimiento aproximado de 30 km^2, formados a partir de fotografías aéreas, puestas en relación geométrica (escala) y geográfica (posición y nivelación), con la superficie terrestre, con base, cuando menos, en 6 puntos de coordenadas conocidas sobre el terreno, por cada modelo.

Para la determinación de dichos puntos de apoyo, se emplean técnicas llamadas de triangulación aérea, las que permiten conocer las coordenadas de todos los puntos requeridos a partir de un cierto número de ellos, que se obtienen directamente en el terreno mediante levantamientos geodésicos.

Los puntos de apoyo fotogramétrico, que se obtienen así a partir del control terrestre, tienen una precisión de 30 micras a la escala de la foto en posición, y 0.15 m por 1 000 m de altura de vuelo, en elevación.

A partir de estos puntos, se efecúa la restitución de los elementos altimétricos (orografía), y planimétricos (hidrografía y obras de infraestructura en general). Lo anterior corresponde a la transformación de la proyección central de la fotografía a la proyección ortogonal en el plano mediante instrumentos fotogramétricos de alta precisión, para cada uno de los modelos tridimensionales, hasta lograr el cubrimiento al formato del mapa.

El proceso de elaboración continúa con la obtención, directa en el campo, de la toponimia (nombres geográficos de los rasgos representados así como la clasificación de dichos nombres) y la clasificación de los diferentes elementos representados en el mapa.

La precisión con que se realizan los levantamientos geodésicos, la aerotriangulación y la restitución, obliga a que la clasificación de campo se realice con un grado de calidad semejante.

2.4 Metodología de actualización

El empleo de las tecnologías digitales actuales en el proceso cartográfico en el INEGI, tiene como objetivo establecer un sistema productivo para la actualización cartográfica que permita renovarla en periodos cortos y proporcionar así información oportuna a nivel nacional y regional.

Una serie de componentes describen el proceso, que en particular, se sigue para actualizar la carta topográfica escala 1:50 000.

Como se mencionó en el punto 2.3, las cartas topográficas escala 1:50 000 se obtienen a partir de fotografías aéreas, apoyo terrestre, clasificación de campo y obtención de toponimia; para la actualización se recurre a las mismas fuentes, además de contar con el conjunto de datos vectoriales de la carta en su última edición y con el modelo digital de elevación, MDE, a la escala de 1:50 000.

El proceso se inicia con la toma de fotografías aéreas, el levantamiento de nuevos puntos geodésicos,

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

con equipo del Sistema de Posicionamiento Global, los que sirven de apoyo para nuevamente, mediante la técnica de triangulación aérea densificar los puntos de apoyo y así disponer de puntos de control fotogramétrico necesarios para la elaboración de ortofotos digitales a la escala de 1:20 000. A partir de estas ortofotos se compilan los rasgos con los que se lleva a cabo la actualización del conjunto de datos.

Para la elaboración de las ortofotos se requiere digitalizar la fotografía, la cual es ortorrectificada, a partir del MDE, los datos de calibración de la cámara aérea con que se realizó la toma y los puntos de control fotogramétrico. La ortorrectificación elimina las distorsiones propias de la fotografía aérea y se la pone en una proyección ortográfica.

Por otro lado con la información de campo y con apoyo en otras fuentes, se actualizan los archivos correspondientes a la toponimia existente, así como los archivos correspondientes a los puntos geodésicos.

Para el caso de las cartas topográficas en la escala de 1:250 000 y 1:1 000 000, como cartas derivadas que son, el proceso de actualización es semejante con la diferencia de que en lugar de hacer uso de fotografías aéreas se emplean imágenes de satélite.

A partir del archivo digital actualizado se lleva a cabo una serie de procesos de edición de los rasgos geográficos, asignando símbolos en sus dimensiones, colores y posición requeridos y los textos en sus tamaños, tipos, orientaciones y posición establecidos.

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

3. Interpretación y uso de las cartas topográficas

3.1 Cómo se representa la información

ELEMENTOS NATURALES Y OBRAS HECHAS POR EL HOMBRE (PLANIMETRíA)

Con relación a la hidrografía se representan los elementos naturales y artificiales, en lo que se refiere a patrones generales de drenaje: ríos, arroyos, canales, etc.; y almacenamientos y cuerpos de agua: bordos, presas, lagos, lagunas, esteros, zonas sujetas a inundación, cajas de agua, etc.; en los casos pertinentes se indica si son perennes o intermitentes.

La representación de las obras hechas por el hombre varía cualitativa y cuantitativamente, dependiendo de la escala de representación, pero en términos generales, contiene:

- Vías de comunicación: carreteras pavimentadas y autopistas, terracerías; brechas y veredas; vías de ferrocarril.

- Aeropuertos, indicando su superficie de rodamiento y su tipo (local, nacional e internacional).

- Líneas de conducción: eléctricas, telefónicas, telegráficas, ductos de diferente tipo, etcétera.

- Ciudades; en el caso de la escala 1:50 000 se indican servicios como cementerios, escuelas y hospitales, los dos últimos para aquellas localidades de menos de 40 000 habitantes.

- Elementos diversos, en la escala de 1:50 000, como torres de microondas, faros e instalaciones portuarias diversas, ya sean muelles, malecones o rompeolas.

Por lo que corresponde a la vegetación, ésta se indica únicamente cuando su densidad es tal que no permite conservar una alta precisión en el trazo de las curvas de nivel, sin importar que se trate de selva o de bosque. Asimismo, en la escala de 1:50 000, se representan los patrones genéricos de las áreas dedicadas al cultivo.

RELIEVE (ALTIMETRÍA)

Obviamente, no basta la información anterior para obtener una imagen exacta del terreno; para complementarla se tiene que representar el relieve del terreno.

En las cartas topográficas el relieve se representa a través de curvas de nivel y se complementa mediante el sombreado del MDE. Las curvas de nivel son líneas que unen todos los puntos que tienen la misma altura sobre el nivel medio del mar; se trazan con una separación en altura determinada de antemano (equidistancia entre curvas de nivel), (ver figura 6).

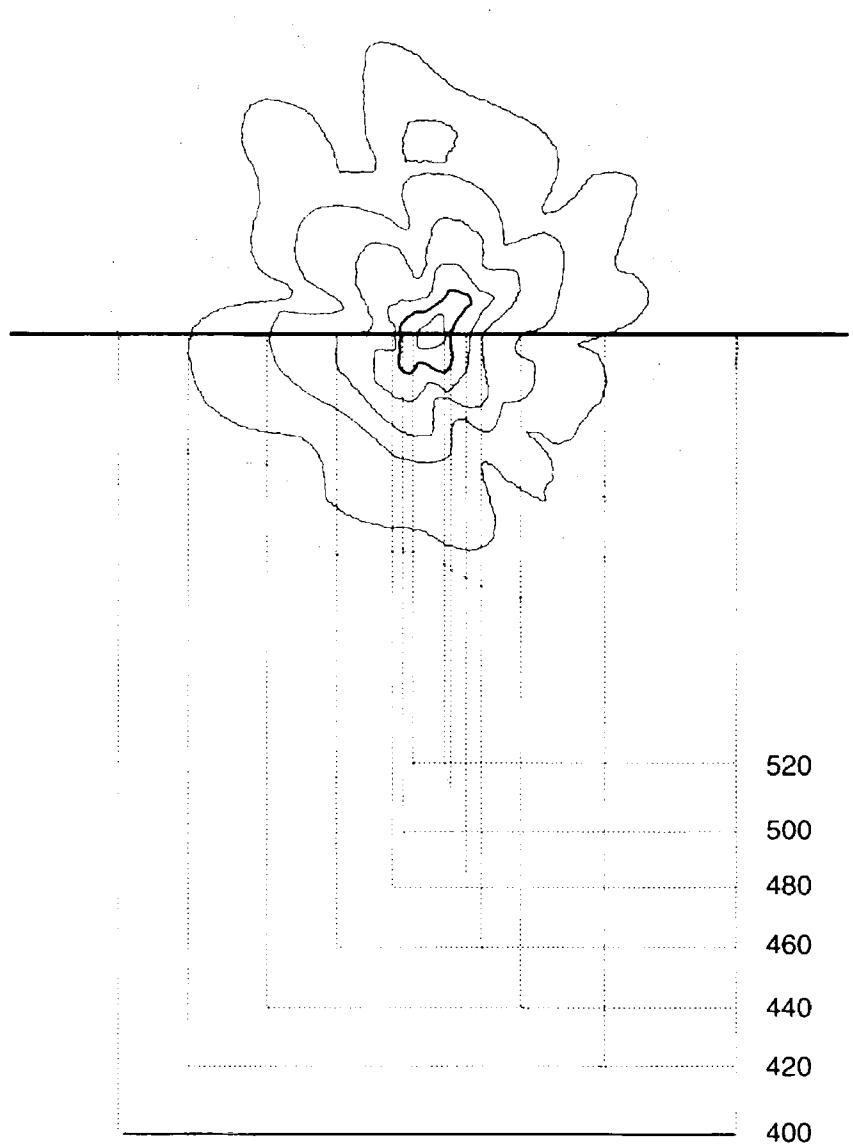


Figura 6. Curvas de nivel

La equidistancia fijada para las curvas de nivel depende de la escala del mapa y de la pendiente del terreno: en la escala 1:50 000 las equidistancias usadas son de 10, 20 y 40 metros para terrenos planos, accidentados y muy escabrosos, respectivamente. Para la carta 1:250 000, se usan equidistancias de 20, 50 y 100 metros.

En las cartas 1:1 000 000 y 1:5 000 000, las equidistancias son de 200 y 400 metros, respectivamente.

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

Para auxiliar en la interpretación del relieve, se representa cada quinta curva de nivel con una línea más gruesa y además se le acota su valor de altura (curvas de nivel maestras o índices).

Cuando ciertas partes del área representada son muy planas y no quedan bien definidas mediante la equidistancia elegida, se recurre a las llamadas curvas de nivel auxiliares, que se trazan a la mitad del intervalo. En éstas áreas también se marcan puntos de altura del terreno obtenidos por métodos fotogramétricos.

El relieve también se complementa con la representación de áreas tales como malpaís y zonas arenosas.

3.2 Lectura y aplicaciones de las cartas topográficas

La primera tarea para familiarizarnos con la carta será la de conocer la escala, ubicación geográfica y contenido mediante la simbología empleada: asociar casas, carreteras, brechas, ríos, etc., con los símbolos correspondientes.

Después, hay que familiarizarse con el relieve del terreno: cerros, valles, parteaguas, puntos más altos y bajos. Para esto se debe tener en cuenta que la dirección en que escurren los arroyos se indica con una flecha y que las acotaciones de las curvas de nivel indican, con el pie de número, la parte más baja del terreno.

Finalmente, se pueden efectuar cálculos y mediciones sobre la carta: alturas, distancias, pendientes, etc.

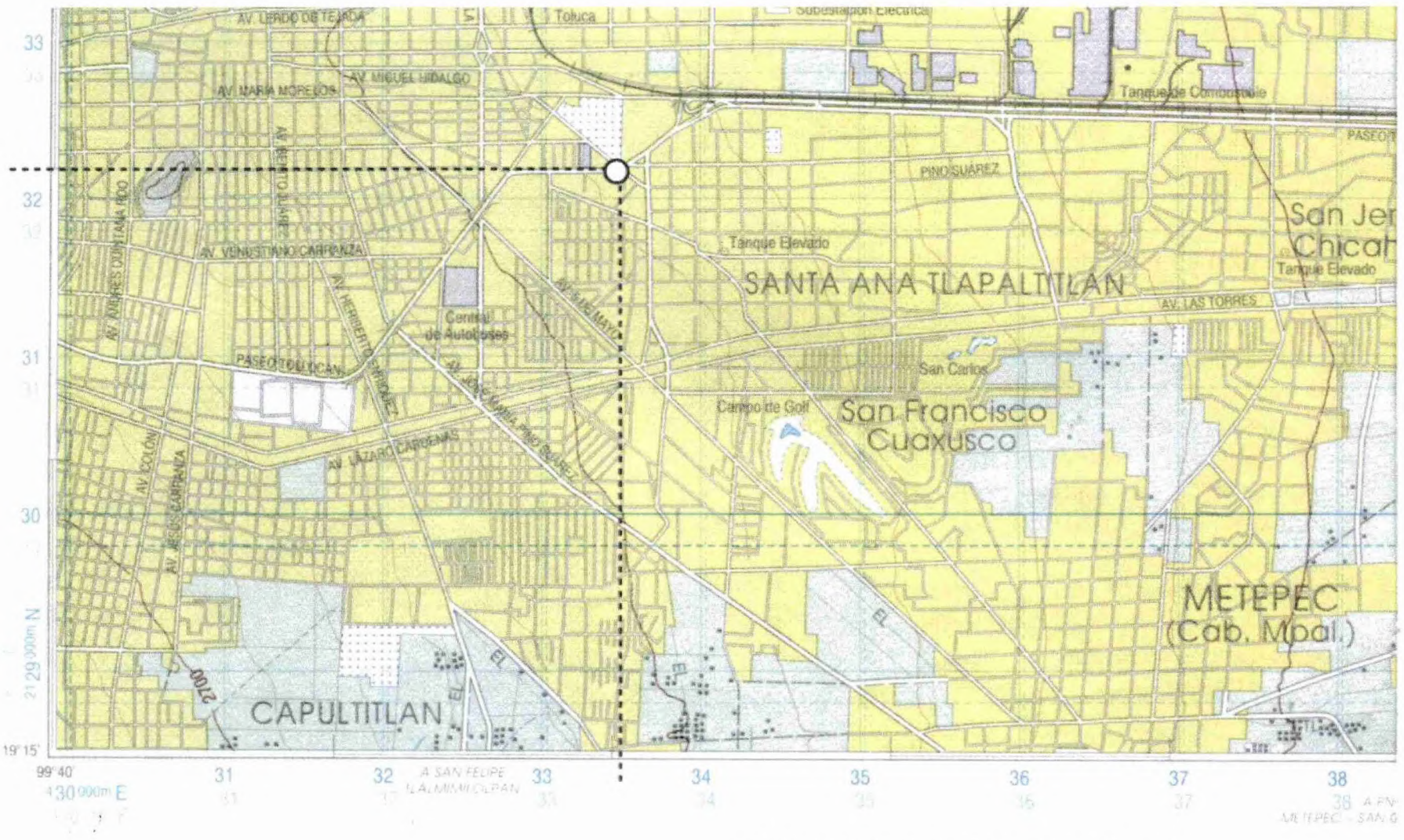
A continuación se incluye una serie de ejemplos de las operaciones que pueden efectuarse sobre cartas topográficas en las escalas de 1:250 000 y mayores.

OBTENCIÓN DE LAS COORDENADAS DE UN PUNTO

i) Coordenadas geográficas

Para determinar las coordenadas geográficas de un punto, hay que referirse a los márgenes del mapa; en ellos se indican los valores de la latitud y longitud cada 5' y existen subdivisiones al minuto.

Por ejemplo, la longitud de un punto (figura 7), se determina sumando al valor de la longitud más próxima que se localiza al este (derecha) del punto en cuestión (99° 35'W en este caso), los minutos que le suceden de este a oeste (3 minutos), recordando que en México las longitudes son oeste y se incrementan de este a oeste.



Latitud del punto = 19º 15' + 2' = 19º 17' N
Longitud del punto = 99º 35' + 3' = 99º 38' W

Figura 7. Coordenads geográficas

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

Para la latitud se procede en forma similar, tomando como base el paralelo más próximo al punto en cuestión que se localiza hacia el sur (19° 15' en nuestro ejemplo), a éste se le suman los minutos que le suceden hacia el norte (dos minutos), recordando que en México las latitudes son norte y se incrementan hacia el norte.

ii) Coordenadas rectangulares

Debido a la complejidad que tienen las operaciones con valores angulares, en las cartas a escala de 1:250 000 y mayores se ha sobrepuesto un cuadriculado kilométrico, denominado "cuadrícula UTM" (Universal Transversa de Mercator), que permite la determinación de la posición de un punto referido a ejes rectangulares.

Las líneas horizontales están rotuladas con el valor de su distancia al ecuador en metros (coordenada ***y*** o ***N***); el valor para el caso de la República Mexicana, varía de 1 618 000 m, en el sur, a 3 622 000 m en el norte. Las líneas verticales (coordenada ***x*** o ***E***) se miden desde un origen diferente para cada zona; este origen es la línea que divide a cada zona en dos partes iguales de 3°; a esta línea se le conoce como Meridiano Central y se le asigna un valor convencional de 500 000 m; esto implica que las líneas al oeste del Meridiano Central tienen un valor menor de 500 000 m, y las que se encuentran al este tendrán un valor mayor.

El valor completo tanto para ***E*** como para ***N*** se da en la esquina inferior izquierda (suroeste) de estas cartas; el resto de las coordenadas tiene una numeración abreviada. En la figura 8, el valor para ***E*** es de 430 000 mE y los valores abreviados, 31, 32, 33, 34 corresponden a 431 000 mE, 432 000 mE, etc. Igual procedimiento se sigue con la coordenada ***N***, principiando con 2 129 000 mN, 2 130 000 mN, etcétera.

Para la identificación de elementos mediante esta cuadrícula se emplean dos sistemas:

a) El primero se conoce como sistema civil y consiste en dar el número de zona, la coordenada este y, finalmente, la coordenada norte, en metros.

Para determinar la coordenada ***E*** se mide o estima la distancia a la línea vertical más próxima al oeste y se suma este valor al indicado en el margen del mapa; el procedimiento es similar para la coordenada **N**, el número de zona se obtiene de la información marginal y se antepone al valor anterior.

Siguiendo este procedimiento, las coordenadas del punto marcado en la figura 8 serían:

433 450, E
2 132 175, N

b) El otro método se conoce como sistema militar, y resulta fácil y rápido para ubicar puntos y hacer referencia a ellos.

Consiste en un número par de dígitos, cuya primera mitad da el valor ***E*** (este) y el resto nos proporciona la coordenada ***N*** (norte).

En virtud de que estos valores se repiten cada 100 000 m, se añaden a la designación anterior las letras que identifican el cuadrado de 100 000 m. En los mapas a la escala de 1:250 000 se da esta identificación a fin de evitar ambigüedades.

Esta referencia aún no es única, y si bien no vuelve a aparecer otra igual más que a 3 500 km de distancia, si se quiere dar una referencia única en el mundo, hay que buscar en el margen del mapa el número de zona, así como la letra que nos designa fajas de 8° al norte o sur del ecuador. Se muestra un ejemplo en la figura 9.

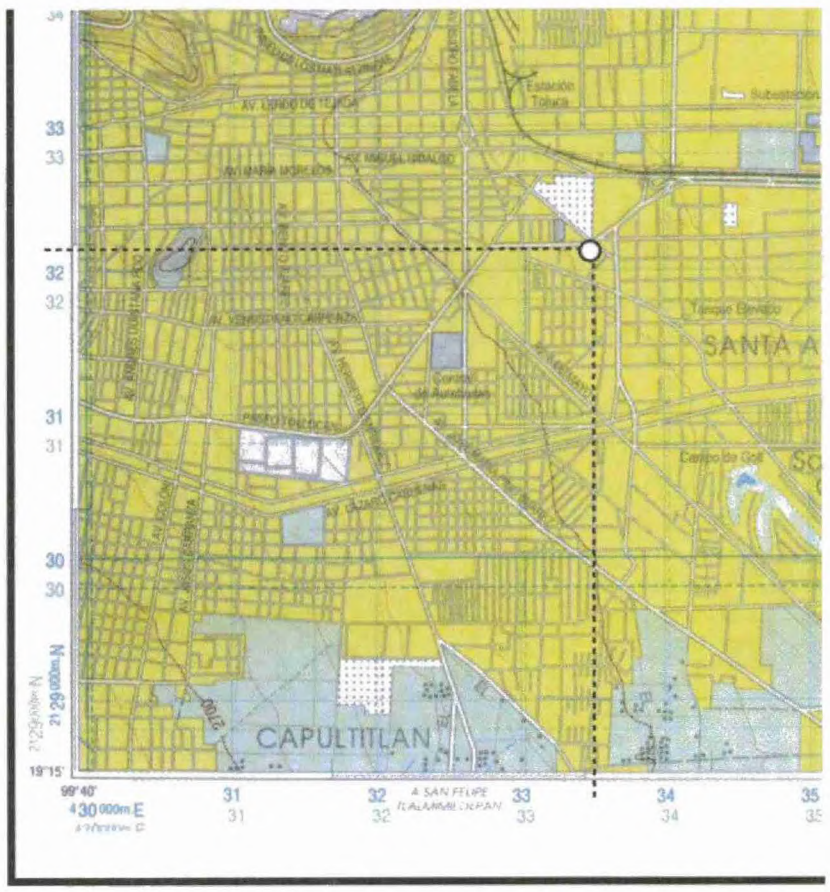
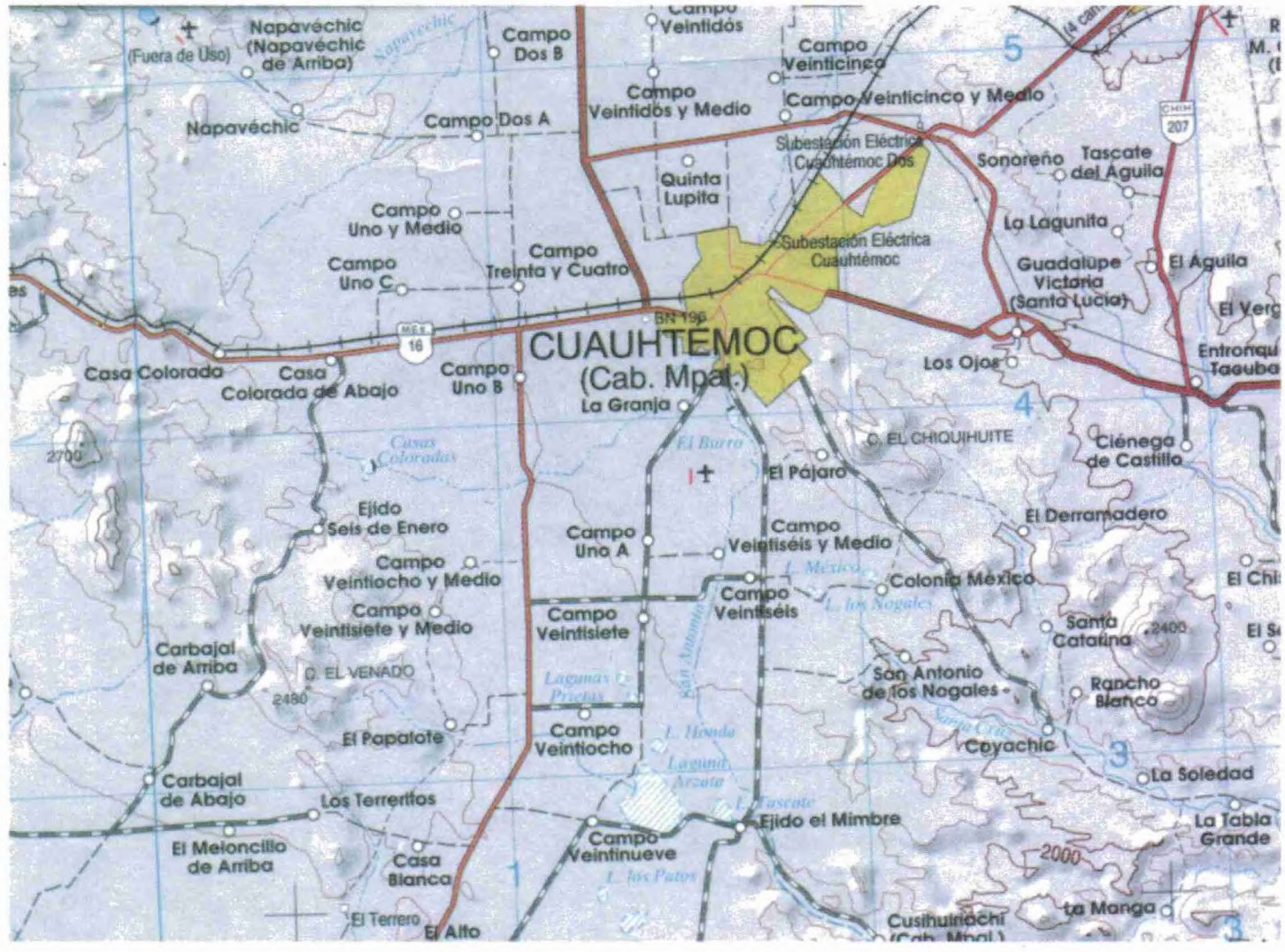


Figura 8. Coordenadas rectangulares

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005



INSTRUCCIONES PARA LOCALIZAR UN PUNTO CON UNA APROXIMACIÓN DE 1000 m						
CLAVE DE LA ZONA: 13R	PUNTO UTILIZADO COMO EJEMPLO: CUAHTEMOC					
LOCALIZACIÓN DEL CUADRADO DE 100 000m 320: BC CC DC 310: BB CB DB BA CA DA 30 40	1.- Lea las letras que identifican el cuadrado de 100 000m dentro del cual se encuentra el punto. 2.- Localice la primera línea VERTICAL más próxima a la izquierda del punto y lea el número en tipo mayor correspondiente a ella 3.- Estime los décimos dentro de la cuadrícula. 4.- Localice la línea HORIZONTAL más próxima DEBAJO del punto y lea el número en tipo mayor correspondiente a ella. 5.- Estime los décimos dentro de la cuadrícula	CB	1	7	4	3
COORDENADS DEL PUNTO UTILIZADO COMO EJEMPLO		CB	1	7	4	3
ANTEPONGA LA CLAVE DE LA ZONA PARA UNA REFERENCIA COMPLETA: 13RCB1743						
Ignore los números de TIPO menor de cualquier distancia de la cuadricula; dichos números sólo sirven para conocer el valor completo de las coordenadas. Use el número de TIPO MAYOR, ejemplo: 60 0 0000						

Figura 9. Localización de un punto mediante coordenadas rectangulares

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE UN PUNTO

Se calcula a partir de las curvas de nivel; una forma aproximada de evaluarla es sumando a la curva de nivel inferior (menor altura) más cercana al punto en cuestión, el valor de la mitad de la equidistancia que existe entre ella y el del nivel siguiente (mayor altura), (figura 10).

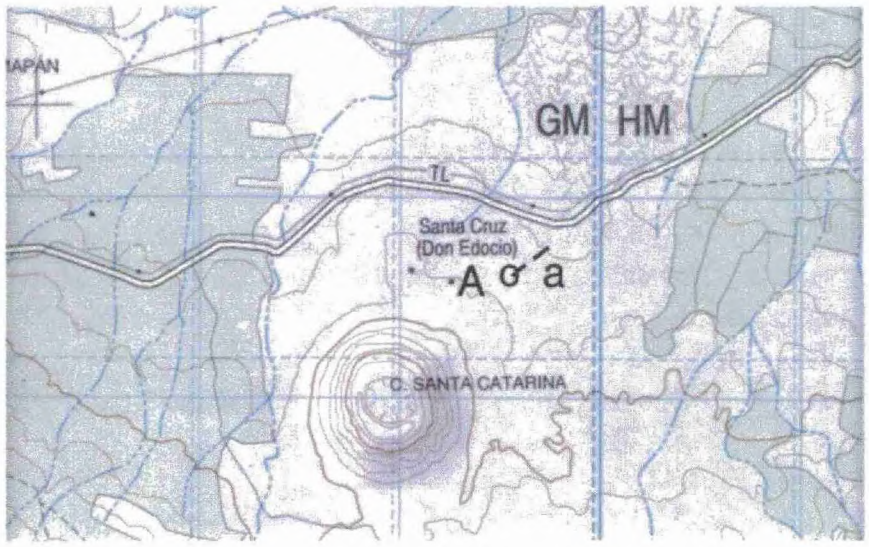


Figura 10. Determinación de la altura un punto

Ejemplo:

Equidistancia de las curvas de nivel = 20 m

$h_A = 2\ 160 + 20/2 = 2\ 170$ m

Otra forma de proceder, con la que se puede obtener una mayor aproximación, consiste en sumar a la cota de la curva inferior el número de metros que resultan de multiplicar la equidistancia en las curvas de nivel por la relación de distancias (a)/(b), donde (a) es la distancia entre el punto y la curva inferior y (b) la distancia entre las dos curvas que encierran el punto (mídase con regla graduada).

Ejemplo: mediante este procedimiento la altura del punto anterior resulta ser:

$h_A = 2\ 160 + 4/7 \times 20 = 2\ 160 + 11.4$ m

$h_A = 2\ 171.4$ m

Equidistancia entre curva de nivel = 20 m

(a) = 4

(b) = 7

relación a/b =4/7

MEDICIÓN DE DISTANCIAS

La forma más sencilla de medir distancias en la carta es usando un escalímetro o un curvímetro de carátula.

También puede obtenerse proyectando sobre el borde recto de una hoja de papel, la distancia o las distancias parciales, en el caso de una línea discontinua, y midiendo luego la longitud total resultante. (ver figura 11).

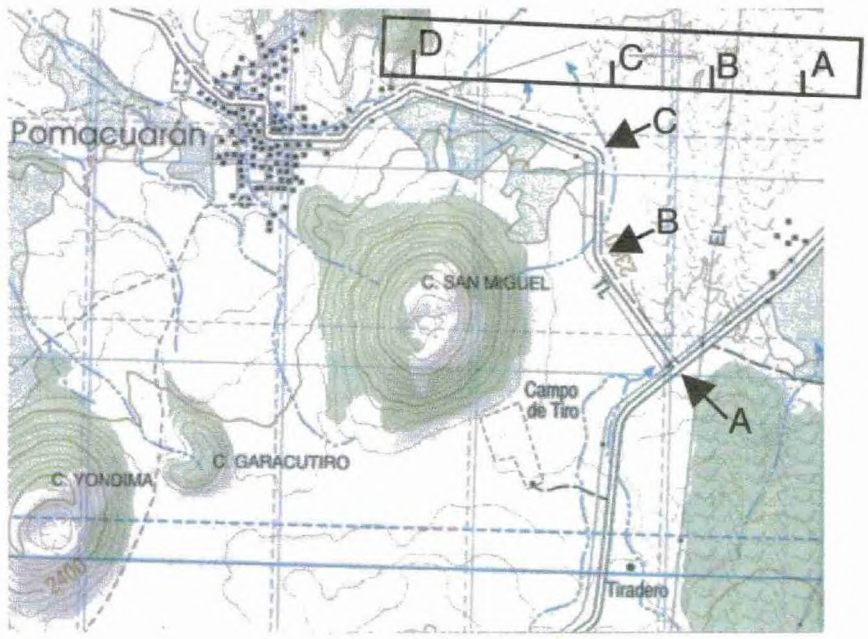


Figura 11. Medición de distancias

Cuando los puntos terminales de la distancia que deseamos calcular no se encuentran a la misma altura, este valor podría no ser suficiente. En tal caso se suma el resultado de la siguiente expresión: $C=\Delta h^2/2L$ a la distancia previamente determinada, para obtener la distancia real. En esta expresión Δh es la diferencia de altura entre los puntos en cuestión y L es la distancia horizontal obtenida, ver ejemplo siguiente (figura 12).

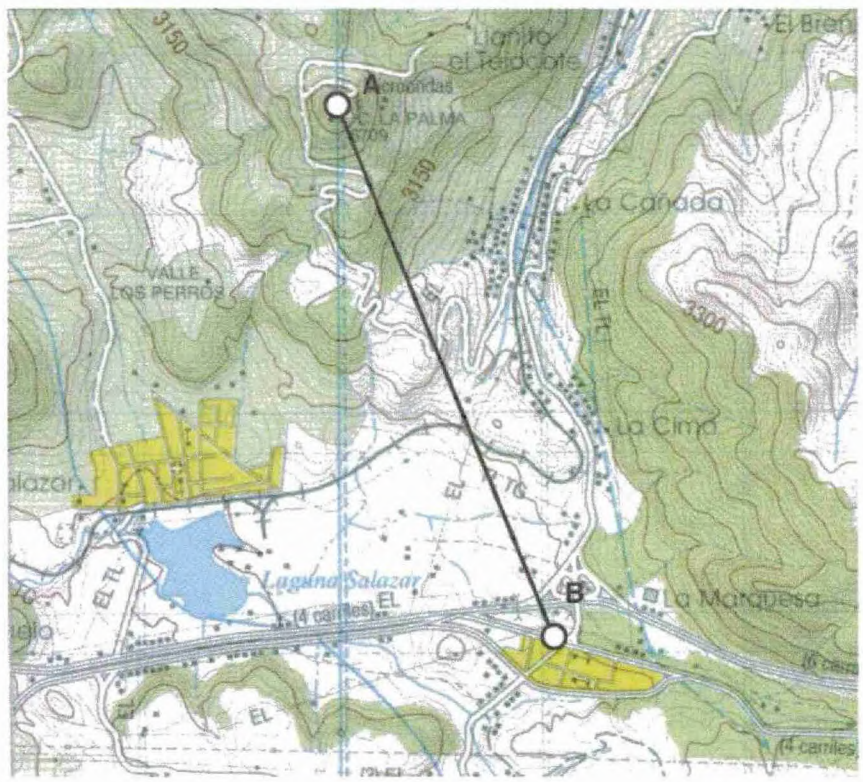


Figura 12. Medición de distancias entre puntos con diferente altura

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

Distancia horizontal AB = 2 860 m

Diferencia de altitud entre A y B = 295 m

$C = 295^2/(2)\ (2860) = 15$

Distancia real = 2 860 + 15 = 2 875 m

CÁLCULO DE PENDIENTES

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:

pendiente = diferencia de alturas/distancia horizontal

Puede expresarse en porcentaje, para lo cual basta con multiplicar por 100 el resultado que se obtenga de la operación anterior.

Por ejemplo, una pendiente del 100% significa una elevación de 10 m en una distancia de 10 m.

La pendiente puede ser positiva o negativa; es positiva si el terreno aumenta en altura; es negativa en caso contrario.

En el ejemplo anterior se conoce la diferencia de altitud y la distancia horizontal, por lo que:

$$\text{pendiente} = (h_A - h_B)\ (100) / (\text{dist. AB})$$
$$= (295)\ (100) / (2\ 860)$$

pendiente = 10.3%

El valor de la pendiente en grados, se puede obtener al construir una gráfica proporcional usando el transportador o recurriendo a las funciones trigonométricas, recordando que el ángulo de la pendiente es el arcotangente del valor obtenido de la relación entre la diferencia de valor obtenido de la relación entre la diferencia de alturas y la distancia horizontal.

Si la pendiente es 1 (o sea 100%), recurriendo a las tablas trigonométricas de tangentes naturales, o a una calculadora de bolsillo, se encontrará que el ángulo de la pendiente es de 45°.

TRAZO DE PERFILES

El perfil es una construcción gráfica en donde se registran, a una escala vertical y otra horizontal, las variaciones de altura (desniveles) que se presentan a lo largo de una línea predeterminada; en otras palabras, es la intersección del terreno con un plano vertical cualquiera.

Para trazar un perfil se procede de la siguiente manera:

a) Sobre la hoja de trabajo, preferiblemente papel milimétrico, se dibuja una recta llamada de comparación, paralela al borde de la hoja y a la que se le asignan valores congruentes con la equidistancia de las curvas de nivel.

b) Se coloca el borde de la hoja de papel sobre la línea de corte escogida y se bajan perpendiculares de los puntos de intersección de esta línea con las curvas de nivel, haciendo corresponder la cota de la curva de nivel con la altitud correspondiente de la escala vertical previamente definida.

c) La unión de los puntos así obtenidos proporciona el perfil del terreno en la línea de corte considerada (ver figura 13).

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

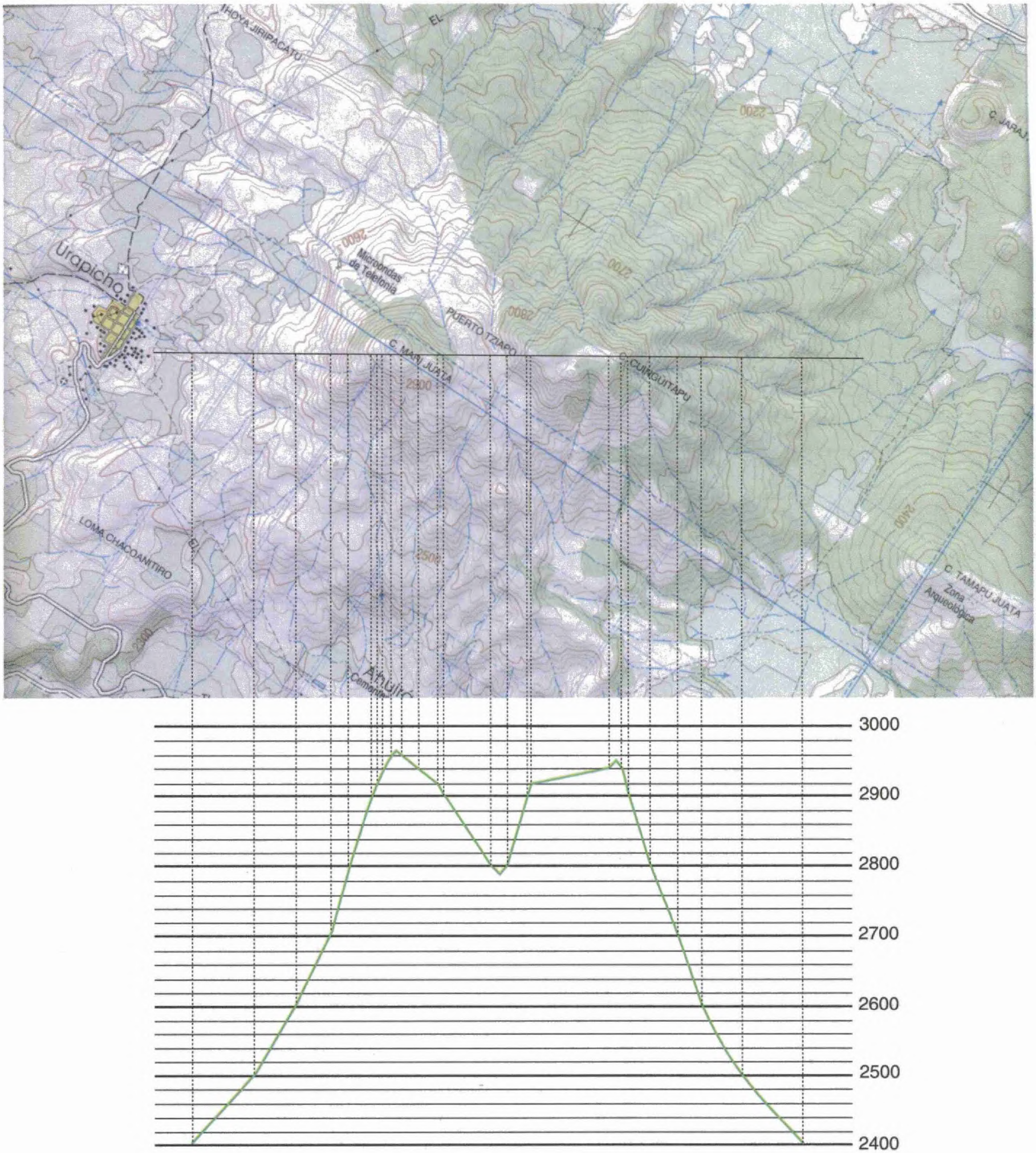


Figura 13. Ejemplo del trazo de un perfil del terreno

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VISIBLES Y OCULTAS A PARTIR DE UN PUNTO DE OBSERVACIÓN

El primer paso consiste en trazar, a partir del punto de observación, una serie de líneas que pasen por los puntos más notables del terreno, y en construir el perfil del terreno para cada una de estas líneas.

A continuación, para cada uno de los perfiles, desde el punto de observación se trazan líneas tangentes a la curva, a fin de delimitar las partes visibles y ocultas. Estas son las áreas sombreadas en el perfil del ejemplo de la figura 14. Finalmente, estas delimitaciones se marcan en la carta.

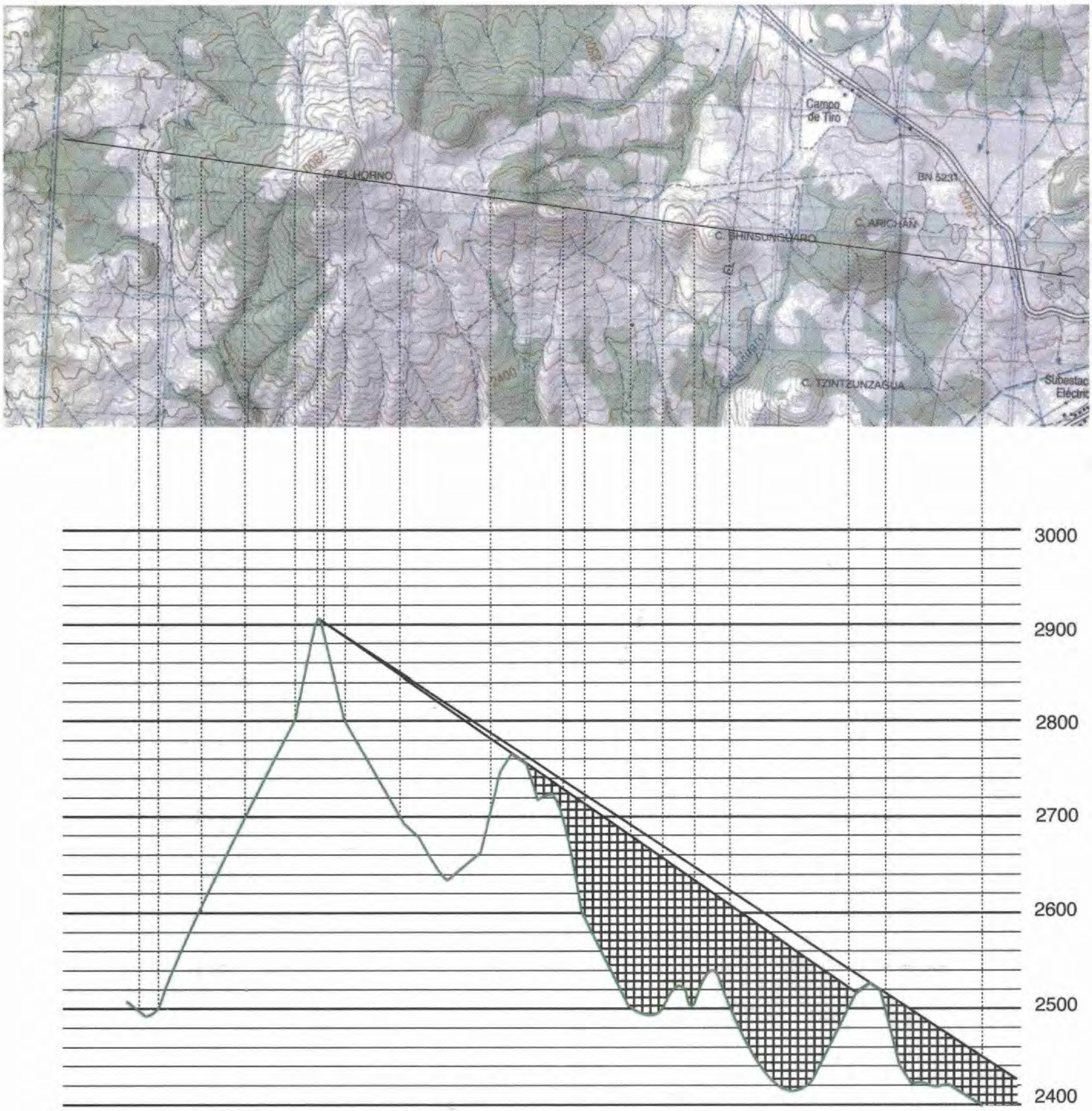


Figura 14. Ejemplo de determinación de áreas visibles y ocultas

INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

CALCULO DE ÁREAS

Recordando que la cuadrícula de la proyección circunscribe un número fijo de kilómetros cuadrados entre cada dos paralelos y meridianos, basta contar los cuadrados completos encerrados dentro del área que deseamos calcular y sumarle las fracciones de cuadrados incompletos, éstos en forma estimativa.

Otro procedimiento que se puede usar es el de subdividir el área en cuestión en triángulos y sumar las áreas de estos triángulos; esto se hace tratando de obtener el menor número posible de triángulos con el mayor número posible de lados comunes. Con el auxilio de la escala gráfica podremos conocer las bases y alturas de los triángulos.

ORIENTACIÓN DE LA CARTA

Una carta está orientada cuando, en posición horizontal, el norte de la carta coincide con el norte geográfico, esto es cuando existe correspondencia entre los elementos del terreno y sus representaciones en la carta.

Esto puede lograrse fácilmente cuando el usuario conoce su posición sobre la carta y desde ella observa otro punto que puede identificar en el mapa; basta entonces con girar la carta hasta que la línea que une los puntos identificados sobre ella, coincida con la visual al punto observado.

Cuando no existen detalles que se puedan identificar en la carta, ésta se puede orientar mediante brújula, con el sol o con la estrella polar. Si queremos orientarla con brújula necesitamos conocer el norte magnético, para lo cual de los datos contenidos en la información marginal obtenemos el valor del ángulo (ángulo NC-NM) que existe entre el norte que indica la cuadrícula (norte de cuadrícula: NC) y el norte magnético (NM), así como su dirección y con ayuda de un transportador lo dibujamos sobre la carta. En las cartas topográficas escala 1:50 000 más recientes se ha incluido una escala del transportador así como un punto pivote para facilitar esta operación.

A continuación se coloca la brújula sobre la carta haciendo coincidir la línea Norte-Sur de la carátula con la línea dibujada, y se hacen girar suavemente ambas, carta y brújula, hasta que la aguja apunte hacia el norte magnético; en ese momento la carta estará orientada.

4. La información topográfica como conjuntos de datos digitales

El disponer de los datos topográficos actualizados en medios digitales ofrece una gama de opciones de uso sólo limitado por disponibilidad de equipo, espacio de memoria y paquetería (*software*) principalmente. Así, entre otras, se relacionan algunas de las características de los conjuntos de datos que se consideran de interés:

- La cobertura es nacional en diferentes escalas.
- Datos contenidos en estructura vectorial, "raster" o de tipo texto (alfanumérica) según el tipo de información.
- Datos estructurados en estratos o capas de información.
- Datos conjuntados de acuerdo con la división tradicional de hojas que, sin embargo, permiten la conformación de subconjuntos o superconjuntos para análisis de cualquier región del país.
- Datos compatibles espacialmente independientemente del tipo de estructura.
- Datos estructurados como primitivos espaciales básicos que permiten la implementación de un Sistema de Información Geográfica, SIG con las características particulares desarrolladas por el propio usuario (entre ellas la topología).
- Datos generados bajo estándares y especificaciones previamente definidas que garantizan homogeneidad, congruencia e integridad.
- Datos referenciados a un marco geográfico preciso al emplearse el Sistema de referencia horizontal ITRF92.
- Datos con la altura z como coordenada explícita, es decir, sólo los datos de altimetría contienen el valor de la altura sobre el terreno considerada como un atributo.

Las características anteriores permiten que usuarios interesados en desarrollar estudios de análisis espacial en alguno de los siguientes campos cuenten con información digital básica de tipo espacial relacionada con una serie de atributos ya definidos:

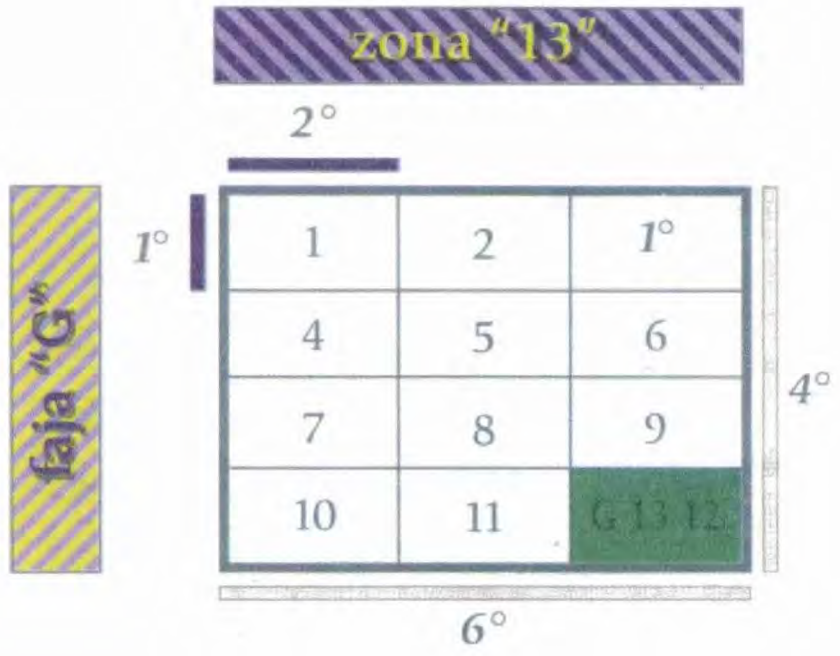
- Medio ambiente (ecología, fenómenos bióticos, desastres, etcétera.).
- Infraestructura (líneas eléctricas o telefónicas, ductos, carreteras, inventario, etcétera.).
- Catastro rural.
- Regionalización (zonas de veda, distritos de riego, etcétera.).
- Estudios socioeconómicos.
- Estrategia militar.
- Ingeniería.

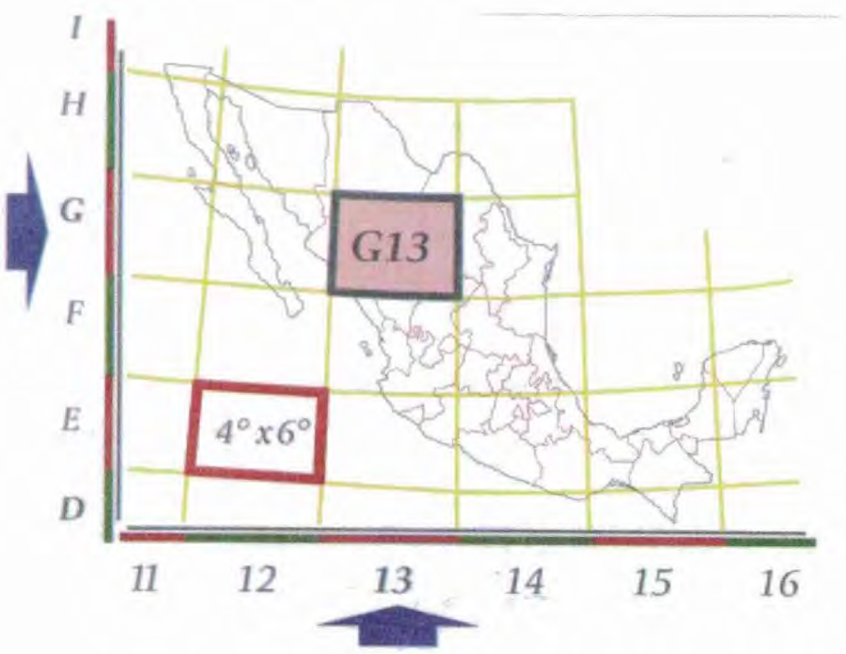
INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

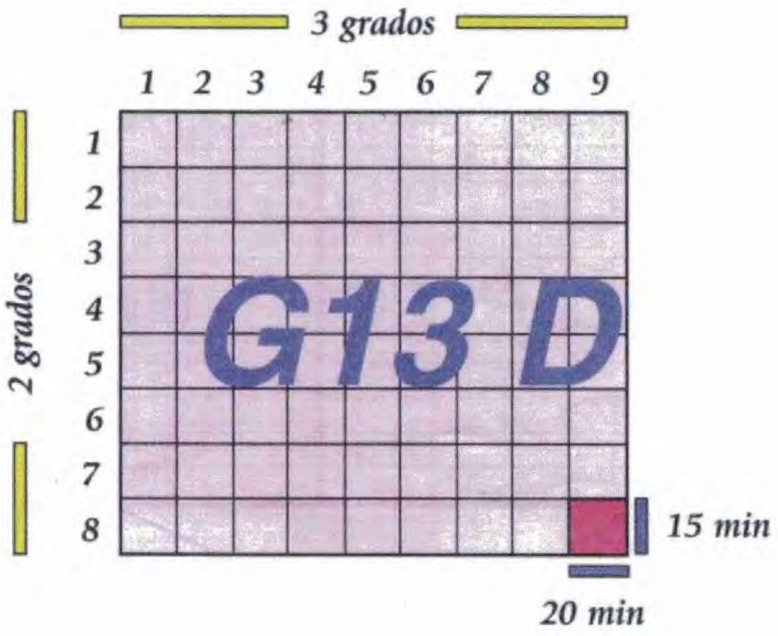
5. Nomenclatura de la carta y conjuntos de datos

La identificación de las cartas se hace por el nombre, el cual generalmente corresponde al rasgo geográfico más importante en cada hoja, y por una clave alfanumérica la cual se basa en las subdivisiones del sistema de numeración de la hoja del Mapa Mundial Internacional, a la escala de 1:1 000 000; esta subdivisión está íntimamente relacionada con el sistema UTM.

Partiendo del meridiano de Greenwich y en el sentido W se tienen 60 zonas de 6° cada una, numeradas del 1 al 60; y del Ecuador hacia el N se tienen bandas o fajas transversales de 4° cada una, iniciando su denominación con la letra A. A nuestro país le corresponden las fajas de la D a la I, y las zonas de la 11 a la 16.



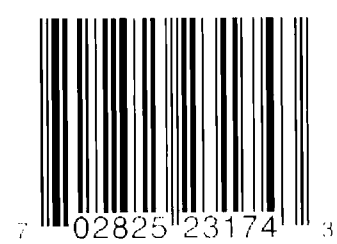




INEGI. Guía para la interpretación de cartografía : topografía. 2005

Esta publicación consta de 2 279 ejemplares y se terminó de
imprimir en el mes de abril de 2005 en los talleres gráficos del
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301, Puerta 11, Nivel Acceso
Fracc. Jardines del Parque, CP 20270
Aguascalientes, Ags.
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA
www.inegi.gob.mx
ISBN 970-13-3654-2



MÉXICO