

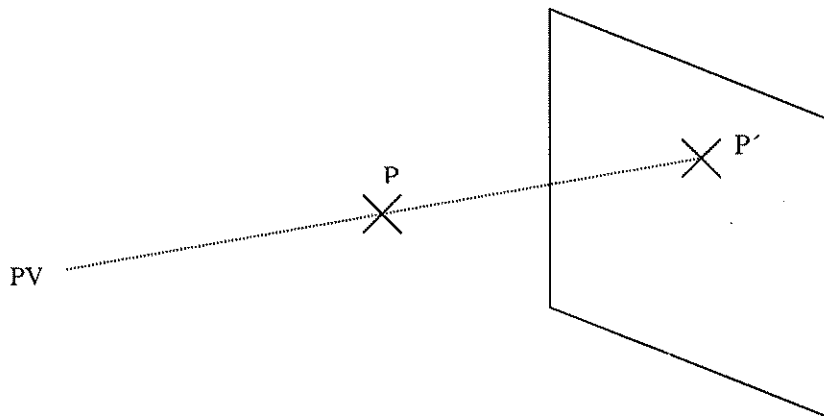
NOCIONES ELEMENTALES DE CARTOGRAFIA

Agrim. Ernesto A. Cela
 Prof. Tit. Ord. Dibujo Topográfico

1. **Finalidad de la Cartografía:** esta ciencia y arte se ocupa de representar sobre una superficie plana a los elementos puntuales, lineales y superficiales previamente determinados (mensurados) sobre la superficie terrestre. Para poder hacer esto previamente, a la superficie terrestre, que es irregular, se la substituye por un modelo matemático consistente en una superficie de revolución. Según nuestras necesidades, dicha superficie curva podrá ser la esfera (como ocurre en las aplicaciones geográficas, de muy pequeña escala) o, para casos en que se requiere mayor precisión, se utiliza como modelo matemático al elipsoide de revolución. No obstante, el intento de representar la superficie terrestre que es una superficie curva, sobre un plano, involucra necesariamente la producción de deformaciones.

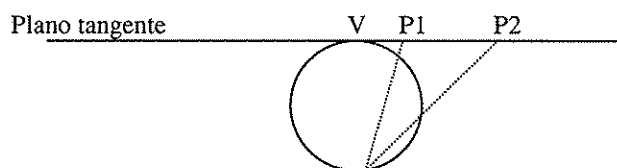
[Esfera o Elipsoide de revolución: El modelo geométrico permite tratar como regular a la realmente irregular superficie terrestre. Se considera como verdadera forma terrestre al Geoide, superficie equipotencial, que suele definirse como aproximación explicativa, como la superficie que determinarían los mares en reposo y supuesto que continuaran bajo los continentes. Repárese en que Esfera o Elipsoide son modelos matemáticos y que el Geoide es un modelo físico. Las relaciones entre ambos tipos de modelo se estudian en la Geodesia].

- 1.1. Para graficar los elementos de la superficie terrestre sobre el plano se recurre a las proyecciones cartográficas, que establecen biunívocamente relaciones analíticas entre los elementos homólogos del terreno y del plano.
- 1.2. La palabra proyección se adoptó del procedimiento geométrico de graficar sobre un plano a un punto, mediante un rayo proyectivo que parte de un punto de vista:

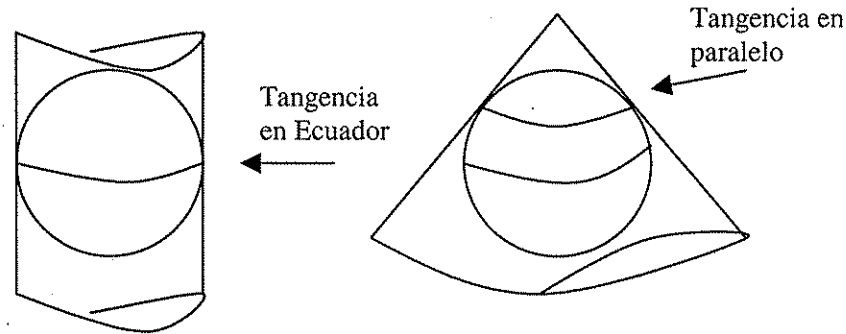


- 1.3. Se pueden adoptar distintos puntos de vista (*Centros de Proyección*) aplicables a la representación cartográfica: el centro de la Tierra, un Polo, etc., según la proyección particular de que se trate. Desde dichos puntos se proyectan geoméricamente los meridianos y los paralelos terrestres, generando una red (*canevás*) que sirve como referencia para ubicar los elementos puntuales, lineales y superficiales que integran la región de nuestro interés.

La deformación aumenta al alejarnos del punto V de tangencia entre la Tierra considerada esférica y el plano



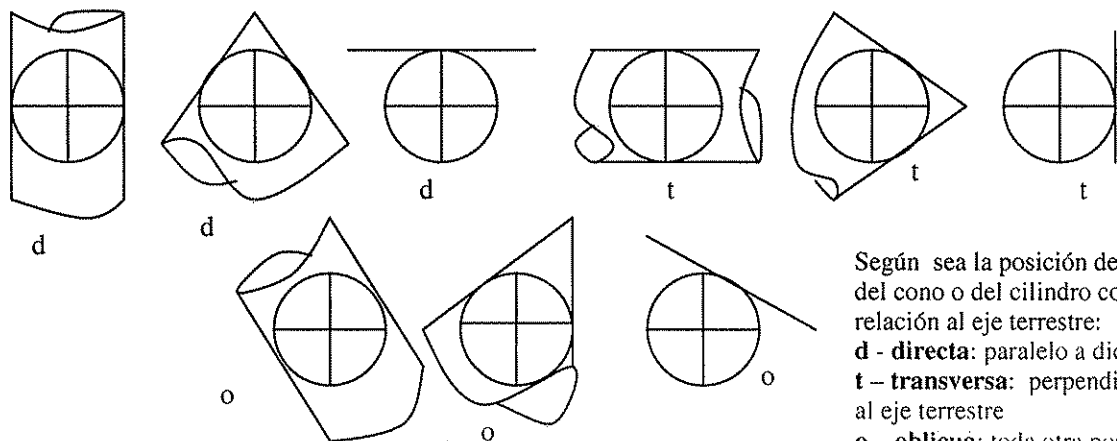
1.4 Por consiguiente, debemos concebir otros modos para representar zonas de la superficie terrestre para controlar las inevitables deformaciones. Esto se soluciona, en parte, recurriendo al uso de superficies denominadas desarrollables, como el cono y el cilindro.



1.5 Tanto un cono como un cilindro, tangentes a lo largo de un elemento lineal terrestre (Paralelo, Ecuador o Meridiano), pueden ser abiertos a lo largo de una generatriz y desplegarse sobre el plano. La adecuación del cono o del cilindro con la superficie terrestre no será ya solamente en un punto, como ocurre cuando solo utilizamos un plano tangente a la esfera terrestre, sino que coincidirá a lo largo del elemento lineal de tangencia y, consecuentemente, permitirá una mayor zona sin deformaciones apreciables (los puntos de concordancia son así teóricamente infinitos).

1.6 El uso del cono y del cilindro origina dos especies de proyecciones: las denominadas proyecciones cónicas y las proyecciones cilíndricas. Aquellas otras, que utilizaban el plano tangente en un punto de la superficie terrestre se denominan perspectivas (por el vínculo geométrico o proyección) o acimutales (por conservar los acimutes = ángulo de una dirección con respecto del Norte, sea geográfico o magnético).

2 No obstante, el cono, el cilindro o el plano, según sea el caso, deben ser tangentes a la Tierra en la zona a ser representada, de lo contrario, existirán deformaciones mayores que las convenientes. Por ejemplo: deseamos representar la República de Chile, que tiene un desarrollo latitudinal, formando una faja estrecha que se extiende de Norte a Sur con pocos kilómetros de ancho. No es procedente representarla mediante un cilindro tangente a la Tierra a lo largo del Ecuador, sino con un cilindro tangente a lo largo del meridiano que cruza el territorio chileno en su zona media. Pero para realizar esto, el cilindro debe estar en una posición especial.



Según sea la posición del eje del cono o del cilindro con relación al eje terrestre:
d - directa: paralelo a dicho eje
t - transversa: perpendicular al eje terrestre
o - oblicua: toda otra posición

- 3 El Plano, el Cono y el Cilindro, entonces, pueden modificar su posición relativa con respecto a la superficie terrestre para mejorar la precisión en la representación cartográfica. Esto genera varias nomenclaturas muy sencillas:
 - 3.4 Las posiciones DIRECTAS son aquellas en que cono o cilindro tienen su eje coincidente con el eje terrestre. (El cilindro es tangente en el Ecuador y el cono en un paralelo). Para el caso del plano, tangente en uno de los polos, se prefiere la denominación polar.
 - 3.5 Las posiciones TRANSVERSAS son aquellas en que cono o cilindro tienen su eje contenido en el plano del Ecuador. (El cilindro es tangente en un meridiano). Para el caso de las proyecciones perspectivas, se denominan meridianas.
 - 3.6 Las posiciones OBLICUAS, configuran todos los restantes casos posibles.
- 4 Pero en Cartografía no es solamente la precisión aquello que nos interesa. Nos preocupa y mucho el que sean conservadas las propiedades existentes entre los elementos medidos. Por ejemplo, que al pasar de la esfera (o del elipsoide) al plano, se conserven los ángulos, las distancias, las superficies. Esto genera una última clasificación general:
 - 4.4 Proyecciones Conformes: son aquellas que conservan los ángulos.
 - 4.5 Proyecciones Equivalentes: son aquellas que conservan las superficies.
 - 4.6 Proyecciones Equidistantes: son aquellas que conservan las distancias.
 - 4.6.1 Acotación necesaria: Las propiedades de conformidad y de equivalencia son imposibles de conservar simultáneamente. La equidistancia puede existir en algunas direcciones privilegiadas (Meridianos, Paralelos, Ecuador) o no existir en ninguna dirección, según la naturaleza de la proyección particular de que se trate.
- 5 Ahora estamos en condiciones de entender algunas expresiones complejas que se generan de unir los conceptos anteriores: a) superficie auxiliar de proyección, b) posición de la misma y c) propiedad cartográfica que cumple. Ejemplos: Proyección Cónica Conforme Directa, Proyección Cilíndrica Conforme Transversa, Proyección Cónica Equivalente, Proyección Acimutal equidistante, etc.
- 6 La Proyección utilizada para representar el territorio de la República Argentina es la Proyección Cilíndrica Conforme Transversa o de Gauss – Krüger. Utiliza como superficie auxiliar de proyección a un Cilindro en posición Transversa, es decir, tangente a lo largo de un meridiano y conserva los ángulos al pasar del terreno a la carta., en tanto que Gauss fue el que la estableció a comienzos del siglo XIX y Krüger, a inicios del siglo XX, ideó adaptarla de modo reiterativo para representar una extensa región mediante una serie de estrechas zonas colindantes o sistema de fajas.
 - 6.4 Como en el caso de la República de Chile, también la República Argentina posee mayor extensión en sentido Norte-Sur. Por esta razón es apropiado utilizar un cilindro tangente a un meridiano, pero nuestro país es mucho más extenso en sentido Este-Oeste y este hecho implica producir deformaciones graves en los extremos.
 - 6.4.1 Para evitar este inconveniente, se deja de lado el representar la Argentina con un único sistema, adoptando la idea de Krüger. Entendiendo que la deformación puede controlarse hasta aproximadamente $1^{\circ} 30'$ a cada lado del meridiano de tangencia entre el cilindro y la Tierra, se generó un sistema de 7 fajas meridianas consecutivas, cada una de ellas con 3° de cubrimiento ($1^{\circ} 30'$ a cada lado del Meridiano central de faja). Seleccionando un número conveniente de fajas puede cubrirse cartográficamente todo el país sin apreciables deformaciones. Esta es la inteligente aplicación a nuestro país de la solución ideada por Krüger.
 - 6.4.2 Véase el gráfico del sistema de fajas en uso para el territorio de la República Argentina, en la página siguiente.

6.4.3 Las siete fajas que conforman el sistema cartográfico argentino, identificadas mediante la característica k, tienen como meridiano central los siguientes:

k = 1	Latitud Oeste	72°	(O bien -72°)
k = 2	Latitud Oeste	69°	-69°
k = 3	Latitud Oeste	66°	-66°
k = 4	Latitud Oeste	63°	-63°
k = 5	Latitud Oeste	60°	-60°
k = 6	Latitud Oeste	57°	-57°
k = 7	Latitud Oeste	54°	-54°

6.5 Para los usos prácticos resulta mucho más conveniente reemplazar el sistema de coordenadas geográficas, ϕ (Latitud) y λ (Longitud), por una cuadrícula de base kilométrica.

6.6 En el sistema Gauss – Krüger las coordenadas X,Y se relacionan respectivamente con el eje de Ordenadas y el eje de Abcisas. Es decir, el eje X se extiende de Sur a Norte y el eje Y se extiende de Oeste a Este.

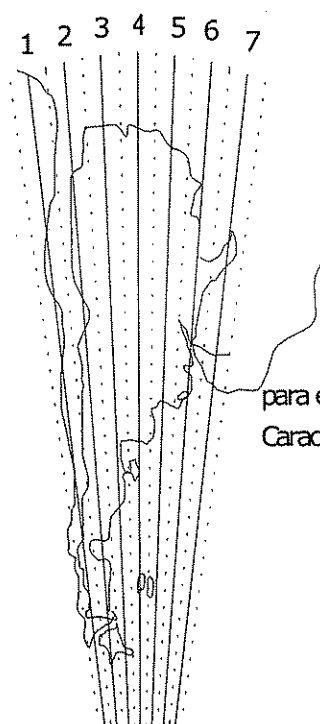
6.6.1 Convencionalmente las X aumentan desde el Polo Sur (Origen) hacia el Norte. Para las abcisas (Y), tratando de evitar valores negativos, se adopta como valor de Ordenada para el Eje X (Rectificación del Meridiano central de Faja)

$$k \times 1000000 \text{ m} + 500000 \text{ m}$$

donde k es la característica (1 a 7)

Esta convención permite fácilmente conocer la situación del punto con respecto al meridiano central de la faja a que pertenece (Independientemente del valor de X):

1. si $y = 4500000 \text{ m}$ el punto está sobre el eje X de la faja 4;
2. si $y = 4679032 \text{ m}$ el punto se encuentra al Este del meridiano.
3. si $y = 4322187 \text{ m}$ el punto se encuentra al Oeste del meridiano.



SISTEMA de FAJAS MERIDIANAS
para el TERRITORIO de la REPUBLICA ARGENTINA

Característica	Meridiano
1	72° Oeste (- 72°)
2	69° Oeste (- 69°)
3	66° Oeste (- 66°)
4	63° Oeste (- 63°)
5	60° Oeste (- 60°)
6	57° Oeste (- 57°)
7	54° Oeste (- 54°)

INFORMACION MARGINAL de la CARTA

Agrim. Ernesto A. Cela
Prof. Tit. Ord. Dibujo Topográfico

La hoja topográfica es autosuficiente para cumplir con su objetivo: comunicar los datos de interés existentes en el espacio geográfico que representa, con la precisión necesaria. Pero marginalmente, necesita hacer constar información técnica y política que sirve de complemento para la información gráfica, dándole una mayor utilidad. A través de este trabajo iremos ejemplificando algunas ventajas que brinda esa información al usuario de la carta.

La información marginal que consta en las Cartas que produce el I.G.M. a escala 1:500000 y mayores está compuesta por los siguientes ítem:

1. Nombre
2. Característica
3. Escala
4. Equidistancia
5. Fecha de Levantamiento
6. Fecha de Edición (y reimpresión, si la hubiera)
7. Sistema de Proyección utilizado
8. Coordenadas geográficas
9. Coordenadas planas
10. Croquis de la relación entre los nortes astronómico, de cuadrícula y magnético
11. Leyenda
12. Cuarterones:
 - 12.1 Datos de las jurisdicciones político-administrativas que afecta
 - 12.2 Diagrama de la ubicación de la hoja indicando sus linderas
 - 12.3 Diagrama del tipo de levantamiento utilizado para confeccionar la carta
 - 12.4 Diagrama con las zonas de distinta equidistancia, si las hubiere
 - 12.5 Diagrama con las zonas inaccesibles por clima
13. Nómina de los puntos trigonométricos que contiene
14. Escala gráfica de coordenadas

1. Nombre de la Hoja:

Toda hoja a escala 1:500000 o mayor lleva a modo de título el nombre del hecho más relevante que contiene. Puede ser una ciudad (la de mayor importancia entre las graficadas), el nombre de una estancia o un topónimo significativo.

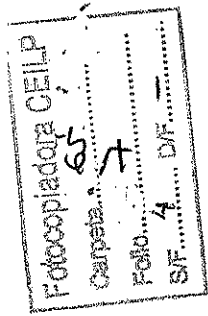
2. Característica:

Es el verdadero identificador de la hoja topográfica, consistiendo en una serie numérica o alfanumérica que permite establecer unívocamente la situación geográfica de cada hoja y su escala.

Ejemplos: Las características **3560-28-4** y **3560-28-4b**, identifican a sendas hojas a escalas 1:50000 y 1:25000 respectivamente. Ambas hojas se encuentran dentro de la hoja **28**, que es parte de la hoja a escala 1:500000 con característica **3560**, pues está cruzada centralmente por el paralelo de 35° de latitud sur y el meridiano de longitud 60° oeste).

3. Escala:

- a) La escala consta en la carta de dos modos explícitos: como escala numérica y como escala gráfica asociada, ambas al pie de la misma.



- b) Accesoriamente, la escala puede determinarse atendiendo al conteo de la cuadrícula kilométrica, normada en 4 cm, cuya rotulación consta marginalmente. Aplicamos allí la relación $D = L / \ell$, donde el valor de L es la distancia kilométrica entre dos líneas de la cuadrícula y el valor de ℓ es 4 cm.
- c) También es posible conocer la escala deduciéndolo de la característica de la hoja, que nos permite saber la escala a partir del número de dígitos de su denominación:

3560	1:500000
3560 - II	1:250000
3560 - 28	1:100000
3560 - 28 - 4	1: 50000
3560 - 28 - 4b	1: 25000

d) Finalmente, la escala podría deducirse de los límites geográficos, que se asocian con aquellas características, cuyas diferencias en longitud y latitud señalan las escalas:

3° x 2°	en longitud y latitud implican E= 1:500000
1° 30' x 1°	en longitud y latitud implican E= 1:250000
30' x 20'	en longitud y latitud implican E= 1:100000
15' x 10'	en longitud y latitud implican E= 1: 50000
7.5' x 5'	en longitud y latitud implican E= 1: 25000

4. Equidistancia:

Es la distancia constante entre los planos horizontales que generan el sistema de curvas de nivel contenido en la carta. La equidistancia se indica debajo de la escala gráfica y en las hojas topográficas del IGM se determina en función de la escala de la hoja y del relieve a representar. Por esta razón, aún en hojas a la misma escala no es igual la equidistancia para zonas llanas a zonas quebradas. Tampoco lo es para una zona quebrada a escalas distintas, porque podrían casi superponerse o empastar el dibujo al pasar a una escala menor.

5. Fecha de levantamiento:

Este dato se indica inmediatamente debajo del nombre o título de la hoja. Reviste importancia para establecer si la carta es o no confiable por su antigüedad, ante la dinámica que experimenta toda región. Este tema se relaciona con la periodicidad que deben poseer los levantamientos regulares, trabados por los costos que insumen. La construcción de una nueva ruta u otra obra artificial de importancia vuelve obsoleta a una carta del año anterior.

6. Fecha de edición:

Esta fecha consta en la parte inferior derecha de la hoja, incluyendo el dato del tiraje efectuado. Siempre debe consultarse la fecha del levantamiento, pues muchas cartas, por problemas presupuestarios, demoran su impresión demasiado tiempo. Las reimpressiones se indican a modo de un quebrado: en el numerador consta el mes (en número romano) y con dos dígitos el año y en el denominador consta el número de ejemplares impresos. Ej.: Reimpresión de 800 cartas en julio de 1998:

7. Sistema de proyección:

En la parte inferior izquierda de la carta se indica el sistema de proyección en el cual se refieren las coordenadas planas x,y de la cuadrícula.

8. Coordenadas geográficas:

La latitud y longitud geográficas son indicadas marginalmente en los cuatro vértices del trapecio que define la hoja. Además, sobre los cuatro lados del mismo se representa con trazos pequeños, sin rotulación numérica, la progresión de dichas coordenadas está dada en un número entero de minutos de arco.

9. Coordenadas planas:

Constan también en los vértices del trapecio que enmarca la hoja y se indican kilométricamente en el extremo de cada una de las líneas que componen la cuadrícula.

10. Diagrama de la declinación o croquis de la relación entre nortes astronómico, de cuadrícula y magnético:

En el lateral izquierdo de la carta se indica mediante un croquis, en grados y minutos sexagesimales, el ángulo que forma respectivamente la declinación magnética con la dirección del Norte de Cuadrícula y del Norte Astronómico. Este valor de la declinación magnética se refiere, para una fecha dada, al centro de la hoja topográfica, indicándose su variación anual.

El Norte de cuadrícula, que es la dirección que siguen las líneas verticales de la misma, es paralelo a la dirección del Meridiano central de la faja a que pertenece la hoja.

El Norte Astronómico o Geográfico es la dirección que sigue el Meridiano central de la hoja. Por la convergencia de los meridianos en el polo Sur su dirección no coincide con la del meridiano central de la faja y por tanto, tampoco con la dirección de la cuadrícula.

11. Leyenda:

La Leyenda es el sector marginal en el que consta la graficación de cada signo utilizado en la hoja con su abreviatura y significado. Esto sirve como auxilio para la interpretación de los datos existentes. Habitualmente se denomina "Referencias" a este sector donde se relacionan los signos con su designado (Semántica). pero la denominación correcta es Leyenda.

12. CUARTERONES**12.1 de División política.**

Este cuarterón indica las jurisdicciones político-administrativas que la hoja contiene. Resulta muy útil para nuestra profesión pues parte de los trámites tienen lugar en la cabecera del Partido al cual el bien pertenece. Se prevén así los costos de traslados por trámites burocráticos además de los que originan los días de campo.

12.2 de Ubicación de la hoja.

Este cuarterón permite conocer la característica de las hojas contiguas, pudiendo accederse a ellas de ser necesario si el levantamiento abarca más de una hoja.

12.3 del Tipo de levantamiento.

Mediante la información existente en este cuarterón, podemos conocer el tipo de levantamiento que originó la carta. El mismo puede ser aerofotográfico, con plancheta, etc. De haber un levantamiento aerofotogramétrico, por ejemplo, podremos acceder luego a los pares estereoscópicos necesarios para obtener mayor información acerca de la zona de trabajo. Es importante reparar siempre en la fecha del vuelo y estar informado acerca de posibles variaciones por urbanizaciones o inundación, etc.

12.4 de Zonas de distinta equidistancia.

Se explicitan aquí las distintas equidistancias utilizadas en la hoja. Esto ocurre cuando la representación altimétrica por curvas de nivel no puede efectuarse mediante un valor de equidistancia uniforme por existir grandes variaciones en el relieve local.

12.5 de Inaccessibilidad.

En este cuarterón se indican las zonas de inaccessibilidad periódica debido a factores climáticos, generalmente por nieve. Esta información es de valor civil pero también posee valor estratégico para usos militares de la cartografía.

12.6 Nomina de puntos trigonométricos:

Este listado siempre consta en la información marginal de una carta. Indica para cada punto su número de orden, con el que se lo identifica en la hoja, el de registro y el nombre particular. Con estos datos puede consultar en el IGM la Monografía del punto, obteniendo sus coordenadas precisas (si las leemos de la carta se ven afectadas por el error gráfico) y ubicarlo en el terreno, para utilizarlo en trabajos técnicos.

12.7 Escala de coordenadas:

Estas escalas gráficas a 90° entre sí no constan en todas las hojas topográficas. Consiste en una regleta ortogonal, compuesta de dos brazos de 4 cm, kilometrados a igual escala de la carta, que permite efectuar la lectura de las coordenadas x,y de un punto. Para hacerlo se ubica el punto en la intersección de ambas escalas manteniendo el paralelismo de cada regleta con la respectiva línea de cuadrícula. En esta posición se lee sobre cada brazo la distancia que guarda el punto con la vertical y la horizontal de cuadrícula próximas. Para usarla debemos recortarla.