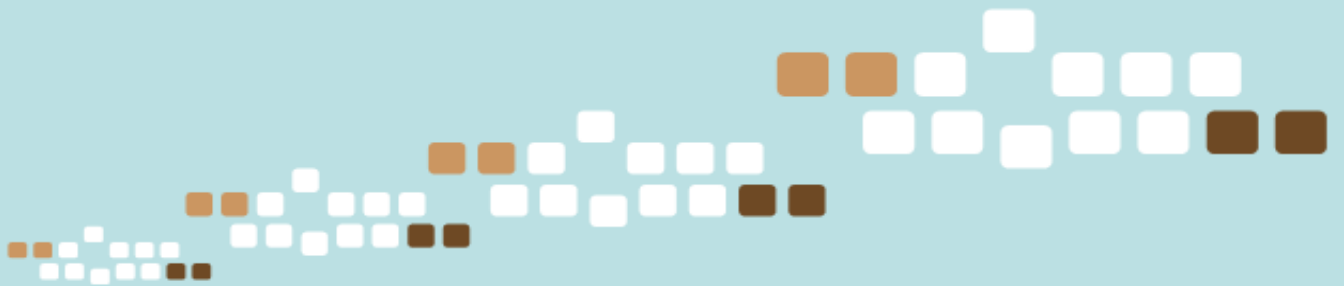
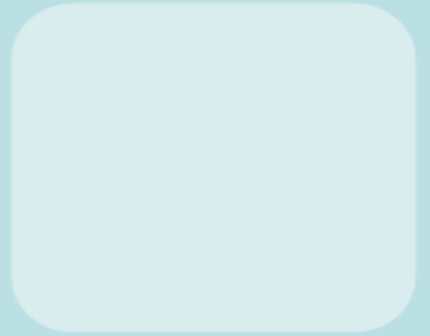
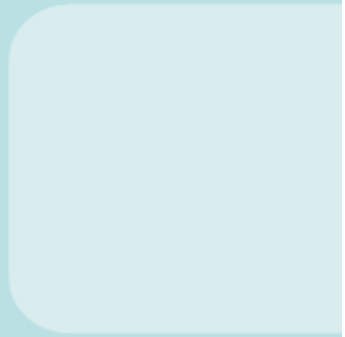
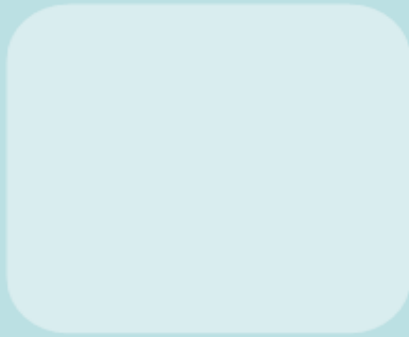
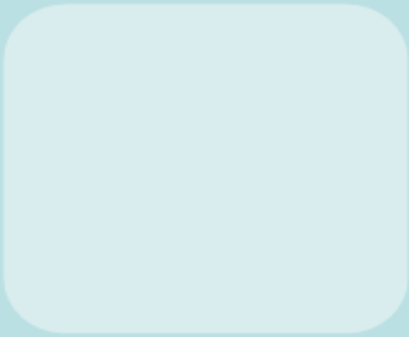




DIBUJO TÉCNICO Y TOPOGRAFÍA (Nivel 1)





Índice de Contenidos

INTRODUCCIÓN A LA COMPETENCIA DEFINIDA COMO DIBUJO TÉCNICO Y TOPOGRAFIA.....	3
1. GEOMETRÍA Y TRIGONOMETRÍA.	5
2. METODOS TOPOGRAFICOS. CONCEPTOS GENERALES: NIVELACIÓN, PLANIMETRÍA, TAQUIMETRÍA.....	31
2.1. Radiación:	34
2.2. Itinerarios o Poligonales:.....	34
2.3. Intersección:	34
3. INTERPRETACIÓN DE PLANOS: CARTAS, MAPAS Y PLANOS. ESCALAS. REPRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL RELIEVE. CURVAS DE NIVEL.....	38
Clasificación de mapas.....	40
Mapas generales o de referencia.....	40
Mapas planimétricos:	41
Mapas especiales o temáticos.	44
El concepto de escala	49
Las formas de escala	52
Escala numérica	52
Expresión de escala.....	53
Escala gráfica o lineal	53
Variaciones de la escala gráfica	55
Retículados	55
Formas comparativas.....	56
Separación de paralelos.....	56
Factor de escala	57
Escala de superficie.....	58
Escala variable.....	59
Otras escalas	59
Cambio de escala	59
Geodesia - La forma de la Tierra	61
Las proyecciones cartográficas	63
Representación e interpretación del Relieve	66
Valores puntuales.....	66
Isolíneas	70
Normales.....	79
Otras técnicas para mostrar el relieve.....	80



4. LAS TÉCNICAS DE DIBUJO TÉCNICO DE PERSPECTIVAS, SECCIONES Y ESTRUCTURA.....	84
5. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR.....	94
6. INTRODUCCIÓN AL DIBUJO CARTOGRAFICO.....	98
7. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA(SIG)	103
8. LA SIMBOLOGIA NORMALIZADA. NORMALIZACIÓN: NORMAS FUNDAMENTALES UNE, UNE-EN-ISO.....	110
9. LOS INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.	117
9.1. Instrumentos topográficos	117
9.2. Instrumentos de batimetría.	123
10. LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR COORDENADAS (UTM, WGS84)	127
Husos UTM.....	128
Zonas UTM.....	129
11. MAPA CONCEPTUAL	132
12. BIBLIOGRAFÍA	133



INTRODUCCIÓN A LA COMPETENCIA DEFINIDA COMO DIBUJO TÉCNICO Y TOPOGRAFIA

Definición de la competencia:

Conjunto de conocimientos técnicos para la producción de planos de proyectos, obras y otros estudios así como para la representación gráfica de una superficie terrestre o marina.

Conocimientos y Capacidades definidas para esta competencia:

- las técnicas de dibujo técnico de perspectivas (axonometría, isometría, caballera cónica), secciones y estructura.
- las técnicas de dibujo cartográfico (planos parcelarios, urbano, restituciones aerofotográficas, etc.).
- la trigonometría y geometría.
- los métodos topográficos (nivelación, triangulación, bisección, etc.).
- el Sistema de Información Geográfica.
- los aparatos y elementos auxiliares de topografía y batimetría.
- la simbología normalizada



Objetivos de aprendizaje. ¿Qué conocimientos y capacidades vas a alcanzar una vez estudiado el contenido del manual?

- Podrás conocer las técnicas de dibujo técnico de perspectivas (axonometría, isometría, caballera cónica), secciones y estructura.
- Conocerás las técnicas de dibujo cartográfico (planos parcelarios, urbano, restituciones aerofotográficas, etc.).
- Realizarás replanteos, mediciones y cubicaciones en pequeñas obras.
- Podrás montar y manejar a nivel elemental y parcial aparatos de sondeo y topografía.
- Interpretarás planos o croquis para el desarrollo del contenido técnico de la ocupación.

Resumen de los contenidos del manual

En este manual encontrarás algunas claves que te permitirán profundizar tus conocimientos sobre dibujo técnico y topografía.

Iniciaremos la exposición identificando los conceptos en torno a geometría y trigonometría.

También se desarrollará contenidos sobre métodos topográficos y la interpretación de planos. Veremos las técnicas de dibujo técnico, el diseño asistido por ordenador, el dibujo cartográfico. Estableceremos el sistema de información geofísica y la simbología normalizada por los sistemas de calidad.

Finalmente expondremos conceptos funcionales de los instrumentos de topografía y batimetría y de los sistemas de posicionamiento por coordenadas.



1. GEOMETRÍA Y TRIGONOMETRÍA.

A. Geometría y tipos.

La geometría es la parte de las matemáticas que estudia las propiedades y las medidas de las figuras en el plano o en el espacio.

La geometría ha sido desde los principios de la humanidad un mecanismo utilizado para encontrar soluciones a los problemas más comunes de quienes la han aplicado en su vida, pues, entre otros usos, facilita la medición de estructuras sólidas reales, tanto tridimensionales como superficies planas y además es bastante útil para la realización de complejas operaciones matemáticas.

La geometría se propone ir más allá de lo alcanzado por la intuición. Por ello, es necesario un método riguroso en el que no se cometan errores, para conseguirlo se han utilizado históricamente los sistemas axiomáticos.

El primer sistema axiomático fue el de **Euclides**, pero hoy se sabe que este sistema Euclídeo es incompleto. David Hilbert propuso a principios del siglo XX otro sistema axiomático, éste ya completo.

Como en todo sistema formal, debe tenerse en cuenta lo siguiente: las definiciones, axiomas y teoremas no pretenden (o no solo pretenden) describir el comportamiento de unos objetos. Cuando axiomatizamos algo, convertimos ese comportamiento en nuestro objeto de estudio, pudiendo olvidar ya los objetos iniciales del estudio (que se denominan modelo).



Los axiomas son proposiciones o afirmaciones que relacionan conceptos los cuales deben ser definidos en función al punto, la recta y el plano.

Los teoremas se demuestran en base a axiomas.

Elementos de la geometría plana.

- Punto:** Es el primer objeto geométrico, y origen de todos los demás. No tiene dimensiones.
- Recta:** Una recta no tiene ni origen ni fin. Su longitud es infinita.
- Semirrecta:** Cada una de las partes en que un punto divide a una recta. La semirrecta tiene origen, pero no fin.
- Segmento:** Es la parte de una recta comprendida entre dos puntos A y B. Longitud del segmento es la distancia entre sus extremos A y B.
- Ángulo:** Es la región del plano comprendida entre dos semirrectas con origen común. También se habla del ángulo formado por dos segmentos y de los ángulos que forman dos rectas. Los ángulos se miden en grados ($^{\circ}$), minutos ($'$) y segundos ($''$). Un ángulo de 1° es el que resulta al dividir en 90 partes iguales un ángulo recto.

$$1 \text{ Angulo recto} = 90^{\circ}$$

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

$$1 \text{ minuto} = 60 \text{ segundos. } 1' = 60''$$

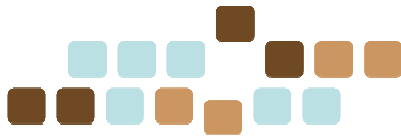


Figuras geométricas

Una figura geométrica es, en la geometría euclidiana, todo espacio encerrado entre líneas. Las construcciones son secuencias de operaciones elementales para construir estas figuras geométricas. Las construcciones son equivalentes al concepto de algoritmo en el álgebra.

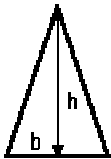
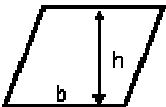
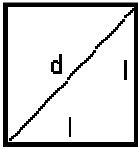
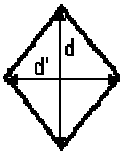
Las figuras geométricas son variadas y por su uso, utilización e importancia son divididas en:

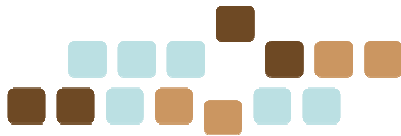
- Las figuras fundamentales (sin definición): punto, recta y plano.
- En la recta se pueden ver: segmentos, semirrectas y vectores.
- En el plano, una recta determina dos semiplanos; su intersección determina las figuras convexas: faja, ángulo, triángulo, cuadrángulo y polígono.
- Utilizando el concepto de distancia, se definen: el círculo y la esfera.
- Utilizando el concepto de semiespacio se definen: el diedro, el espacio prismático, el triedro, el ángulo poliedro y los poliedros. Entre los últimos encontramos como casos particulares: el tetraedro, el prisma, la pirámide y el paralelepípedo.
- El concepto de círculo en el espacio da origen a: el cono y el cilindro.



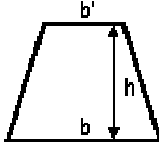
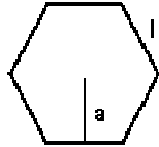
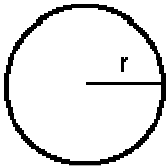
CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES

ÁREAS

NOMBRE	DEFINICION	FIGURA	TERMINOS	FORMULA
Triángulo	Es la porción de plano limitada por tres segmentos de recta.		h=altura b=base	$A = \frac{b \cdot h}{2}$
Paralelogramo	Son los cuadriláteros que tienen sus lados opuestos iguales y paralelos.		h=altura b=base	$A = b \cdot h$
Cuadrado	Cuadrilátero de cuatro lados y 4 ángulos iguales.		l=lado d=diagonal	$A = l^2$ $A = \frac{d^2}{2}$
Rombo	Cuadrilátero cuyas dos diagonales se cruzan en ángulo de 90°		d=diagonal mayor d'=diagonal menor	$A = \frac{d \cdot d'}{2}$

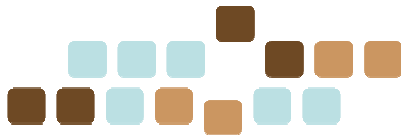


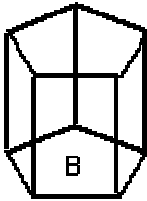
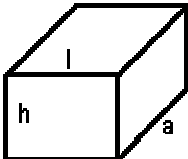
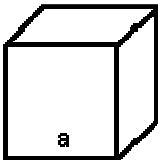
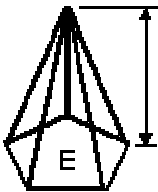
ÁREAS

NOMBRE	DEFINICION	FIGURA	TERMINOS	FORMULA
Trapecio	Cuadrilátero que tiene dos de sus lados paralelos y los otros dos no.		b=base mayor b'=base menor h=altura	$A = \frac{h}{2}(b+b')$ $A = h\left(\frac{b+b'}{2}\right)$
Polígono regular	Es la porción de plano limitada por segmentos de recta, es regular si todos sus lados y ángulos son iguales.		a=apotema l=lado n=número de lados	$A = \frac{a \cdot l \cdot n}{2}$
Círculo	Es la porción de plano limitada por la circunferencia.		r=radio	$A = p \cdot r^2$

VOLUMENES

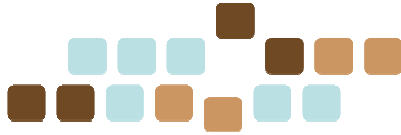
NOMBRE	DEFINICION	FIGURA	TERMINOS	FORMULA
--------	------------	--------	----------	---------

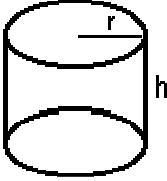
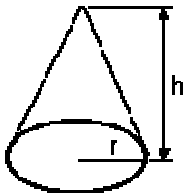
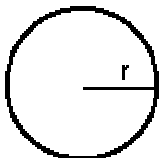


	Cuerpo geométrico cuyas bases son dos polígonos iguales y paralelos y sus caras laterales son paralelogramos			
Prisma			B=área de la base h=altura	$V=h.B$
Ortoedro	Prisma cuyas bases son dos rectángulos.		l=largo a=ancho h=altura	$V=h.l.a$
Cubo	Ortoedro donde las tres dimensiones son iguales.		a=lado	$V=a^3$
Pirámide	Cuerpo geométrico cuya base es un polígono cualquiera y sus caras laterales triángulos		B=área de la base h=altura	$V = \frac{1}{3} h.B$

VOLUMENES

NOMBRE	DEFINICION	FIGURA	TERMINOS	FORMULA
--------	------------	--------	----------	---------



Cilindro	Es el Cuerpo geométrico engendrado por la revolución de un rectángulo alrededor de uno de sus lados		r=radio h=altura	$V=h.p.r^2$
Cono	Es el Cuerpo geométrico engendrado por la revolución de un triángulo rectángulo alrededor de uno		r=radio h=altura	$V = \frac{1}{3} h \pi r^2$
Esfera	Cuerpo geométrico engendrado por la revolución completa de un semicírculo alrededor de su diámetro.		r=radio	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$

Tipos de Geometría.

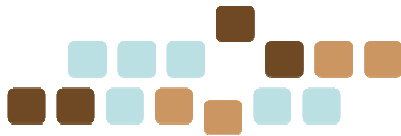
-Geometría algorítmica- Aplicación del algebra a la geometría para resolver por medio del cálculo ciertos problemas de extensión.



- Geometría analítica*- Estudio de figuras que utiliza un sistema de coordenadas y los métodos de análisis matemáticos.
- Geometría del espacio*- Parte de la geometría que considera las figuras cuyos puntos no están todos en un mismo plano.
- Geometría descriptiva*- Parte de las matemáticas que tiene por objeto resolver los problemas de la geometría del espacio por medio de operaciones efectuadas en un plano y representar en él las figuras de los sólidos.
- Geometría plana*- Parte de la geometría que considera las figuras cuyos puntos están todos en un plano.
- Geometría proyectiva*- Rama de la geometría que trata de las proyecciones de las figuras sobre un plano.

B. Trigonometría y tipos.

El origen de la palabra trigonometría proviene del griego. Es la composición de las palabras griegas ***trigonon*** y ***metron*** (triángulo y medida). Por tanto la



trigonometría sería la medida de los triángulos.

Se considera a **Hiparco** (180- 125 a.C.) como el padre de la trigonometría debido principalmente por su hallazgo de algunas de las relaciones entre los lados y los ángulos de un triángulo. También contribuyeron a la consolidación de la trigonometría **Claudio Ptolomeo** y **Aristarco de Samos** quienes la aplicaron en sus estudios astronómicos. En el año 1600, el profesor de matemáticas de Heidelberg (la universidad mas antigua de Alemania) Bartolomé Pitiscus (1561-1613), publicó un texto con el título de *Trigonometría*, en el que se desarrollan métodos para la resolución de triángulos. El matemático francés **Francois Viète** (1540-1603) hizo importantes aportes hallando fórmulas trigonométricas de ángulos múltiples. Los cálculos trigonométricos recibieron un gran impulso gracias al matemático escocés **John Neper** (1550-1617), quien inventó los logaritmos a principios del siglo XVII. En el siglo XVIII, el matemático suizo **Leonard Euler** (1707-1783) hizo de la trigonometría una ciencia aparte de la astronomía, para reconvertirla en una rama de las matemáticas.

Originalmente, la trigonometría es la ciencia cuyo objeto es la resolución numérica (algebraica) de los triángulos. Los seis elementos principales en todo triángulo son sus tres lados y sus tres ángulos. Cuando se conocen tres de estos elementos, con tal que al menos uno de ellos sea un lado, la trigonometría enseña a solucionar el triángulo, esto es, a encontrar los otros tres elementos. En este estado de la trigonometría se definen la funciones trigonométricas (*seno, coseno, tangente, cotangente, secante, cosecante*), de un ángulo agudo en un triángulo rectángulo, como las razones entre dos de los lados del triángulo; el dominio de definición de estas funciones es el conjunto de los valores que pueden tomar el ángulo (0, 180).

Sin embargo, el estudio de la trigonometría no limita sus aplicaciones a los



triángulos: geometría, navegación, agrimensura, astronomía; si no también, para el tratamiento matemático en el estudio del movimiento ondulatorio, las vibraciones, el sonido, la corriente alterna, termodinámica, investigación atómica, etc. Para lograr esto, se debe ampliar el concepto de función trigonométrica a una función de una variable real, en vez de limitarse a una función de ángulos.

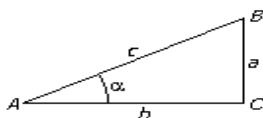
Las dos ramas fundamentales son la **trigonometría plana**, y la **trigonometría esférica**.

Trigonometría plana.

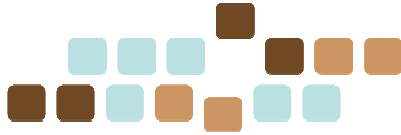
Se ocupa fundamentalmente de la resolución de triángulos planos. Para ello, se definen **las razones trigonométricas de los ángulos** y se estudian las relaciones entre ellas.

- Razones trigonométricas de ángulos agudos.

La base de la trigonometría está en las razones trigonométricas, valores numéricos asociados a cada ángulo, que permiten relacionar operativamente los ángulos y lados de los triángulos. Las más importantes son seno, coseno y tangente, que se definen a continuación.



En un ángulo α de un triángulo rectángulo, ABC, se llama seno de α , y se escribe $\text{sen } \alpha$, al cociente entre el cateto opuesto y la hipotenusa:



$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{a}{c}$$

Análogamente se definen el coseno (cos) como cociente entre el cateto adyacente y la hipotenusa, y la tangente (tg) como el cociente entre el cateto opuesto y el cateto adyacente:

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

Hace no muchos años existían tablas numéricas en las que se daban los valores de las razones trigonométricas de una gran cantidad de ángulos. En la actualidad, con una calculadora científica se obtienen con toda precisión los valores de las razones trigonométricas de cualquier ángulo.

Las razones trigonométricas de un ángulo cumplen las siguientes propiedades:

Aunque el ángulo α pertenezca a otro triángulo rectángulo de lados distintos al anterior, los valores obtenidos para $\operatorname{sen} \alpha$, $\cos \alpha$ y $\operatorname{tg} \alpha$ son los mismos. Es decir, las razones trigonométricas de un ángulo no dependen del triángulo sobre el que se midan. Esto es debido a que dos triángulos rectángulos con un mismo ángulo agudo son semejantes y, por tanto, los cocientes, a/c , b/c , a/b coinciden en ambos.

Las razones trigonométricas $\operatorname{sen} \alpha$ y $\cos \alpha$ de un mismo ángulo guardan la siguiente relación fundamental:

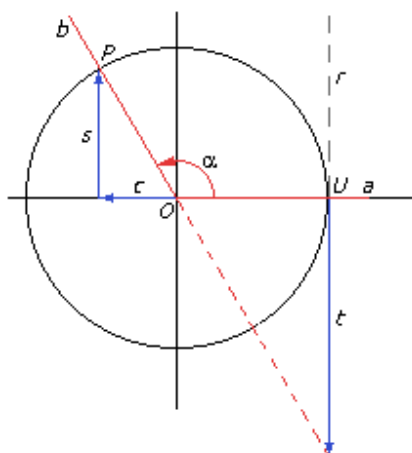
- $(\operatorname{sen} \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$



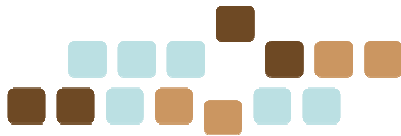
- $\sin^2 a + \cos^2 a = 1$

$$\frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

Para definir las razones trigonométricas de ángulos cualesquiera (de 0° a 360°) se empieza situando el ángulo en la llamada circunferencia goniométrica, una circunferencia de radio 1 con su centro, O, situado sobre unos ejes coordenados:

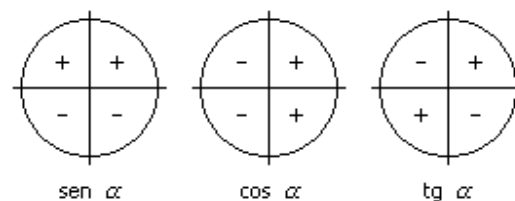


nivel 2



tg α = t se sitúa sobre la recta r, tangente a la circunferencia en U, y queda determinada por el punto T en que el lado b, o su prolongación, corta a r.

Según esta definición, las razones trigonométricas sen, cos y tg toman valores positivos o negativos según el cuadrante en el que se encuentre el ángulo α . En la figura siguiente se resumen los signos de las tres razones:



Los ángulos 90° y 270° no tienen tangente, pues para ellos el segundo lado no corta a la recta r.

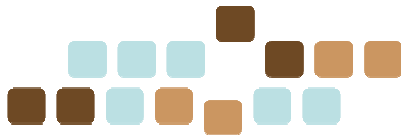
Las razones trigonométricas de ángulos no agudos cumplen las mismas relaciones que las de los ángulos agudos:

$$\text{sen}^2 \alpha + \text{cos}^2 \alpha = 1$$

$$\frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha} = \text{tg } \alpha$$

▪ Otras razones trigonométricas.

A partir de las razones trigonométricas sen, cos y tg se definen la cosecante (cosec),



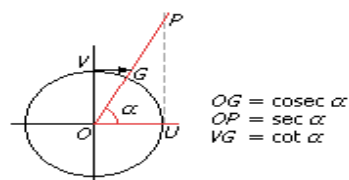
la secante (sec) y la cotangente (cot) del siguiente modo:

$$\begin{aligned}\operatorname{cosec} \alpha &= \frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} \\ \sec \alpha &= \frac{1}{\cos \alpha} \\ \cot \alpha &= \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}\end{aligned}$$

Estas razones trigonométricas no están definidas cuando el denominador es cero. Por ejemplo, $\sec a$ no está definida para $a = 90^\circ$ ni para $a = 270^\circ$, pues $\cos 90^\circ = 0$ y $\cos 270^\circ = 0$.

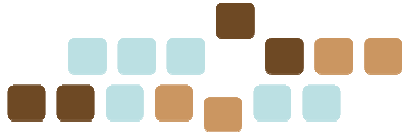
La cotangente es cero donde la tangente no está definida, es decir, $\cot 90^\circ = 0$ y $\cot 270^\circ = 0$.

Estas tres razones trigonométricas se sitúan en la circunferencia goniométrica como se indica en la figura:

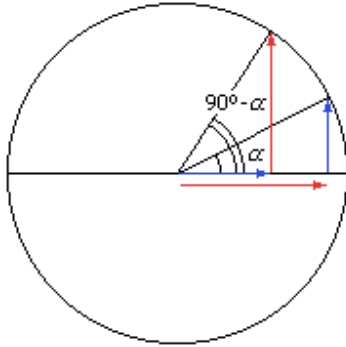


■ Relaciones entre las razones trigonométricas de algunos ángulos.

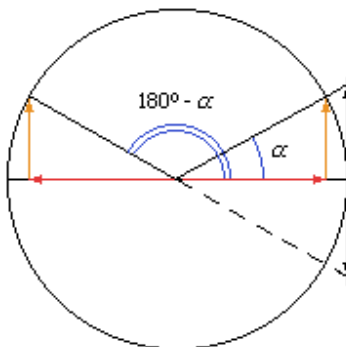
Si dos ángulos son complementarios (suman 90°) sus razones trigonométricas están relacionadas. También lo están las de los ángulos suplementarios (los que suman 180°) y las de los opuestos (los que suman 360°). A continuación se dan las relaciones fundamentales entre ellas.



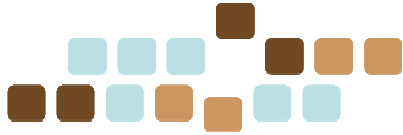
- Ángulos complementarios, a y $90^\circ - a$:



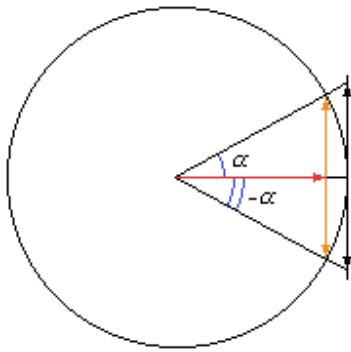
- $\text{sen } (90^\circ - a) = \cos a$
- $\cos (90^\circ - a) = \text{sen } a$
- $\text{tg } (90^\circ - a) = \cos a / \text{sen } a = 1 / \text{tg } a$
- Ángulos suplementarios, a y $180^\circ - a$:



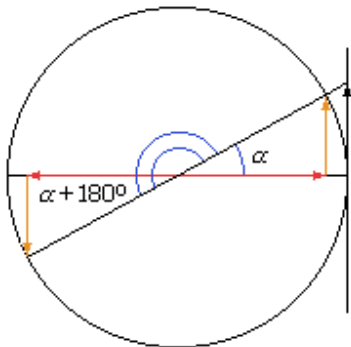
- $\text{sen } (180^\circ - a) = \text{sen } a$
- $\cos (180^\circ - a) = -\cos a$



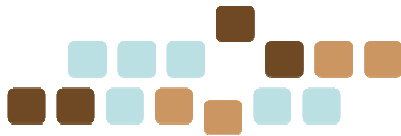
- $\text{tg}(180^\circ - a) = -\text{tg } a$
- Ángulos opuestos, a y $-a$:



- $\text{sen}(-a) = -\text{sen } a$
- $\cos(-a) = \cos a$
- $\text{tg}(-a) = -\text{tg } a$
- Ángulos que difieren en 180° , a y $a + 180^\circ$:



- $\text{sen}(a + 180^\circ) = -\text{sen } a$
- $\cos(a + 180^\circ) = -\cos a$
- $\text{tg}(a + 180^\circ) = \text{tg } a$



▪ Resolución de triángulos

Las razones trigonométricas de ángulos agudos sirven para resolver triángulos rectángulos, es decir, para averiguar uno de sus elementos desconocidos a partir de algunos otros conocidos.

Por ejemplo, si se conoce la hipotenusa, h , y un ángulo a , se puede calcular el cateto opuesto, c , a ese ángulo, mediante el seno, puesto que al ser $\text{sen } a = c/h$ se obtiene que $c = h \text{ sen } a$.

Los teoremas del seno y del coseno permiten resolver triángulos oblicuángulos. Por ejemplo, si se quiere conocer el lado c de un triángulo del que se conocen los otros dos lados a y b , y el ángulo, C , opuesto al lado desconocido, el teorema del coseno permite calcularlo:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos C$$

O bien, si se conocen un lado, a , y los ángulos de un triángulo, se puede hallar otro lado, b , mediante el teorema del seno:

$$\frac{a}{\text{sen } A} = \frac{b}{\text{sen } B}$$

De aquí, despejando b se obtiene:

$$b = \frac{a \text{ sen } B}{\text{sen } A}$$



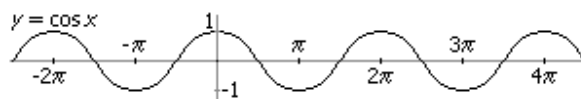
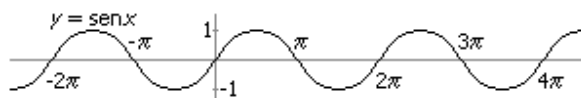
- Funciones trigonométricas.

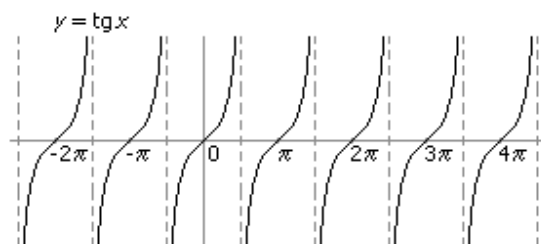
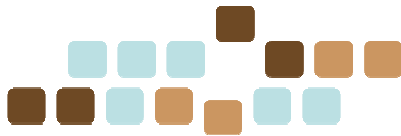
Las funciones trigonométricas se obtienen a partir de las razones trigonométricas de la forma siguiente:

El ángulo se expresa en radianes. Por tanto, los 360° de una circunferencia pasan a ser 2π radianes.

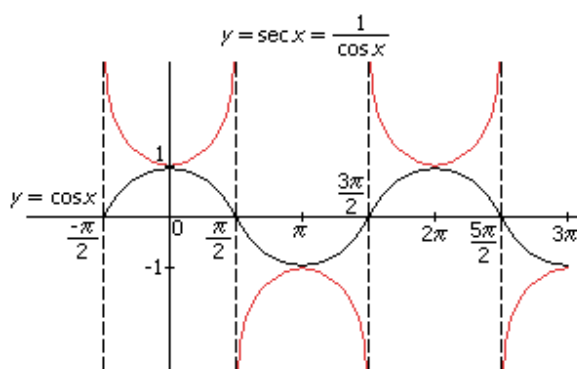
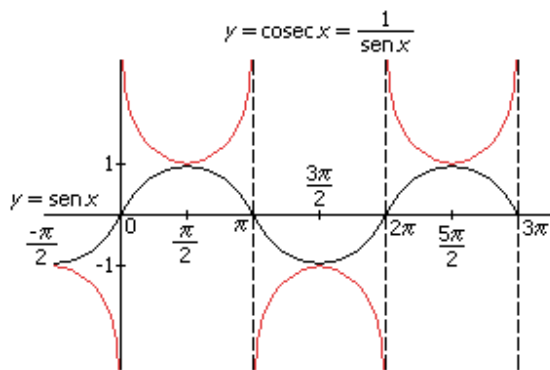
Se considera que cualquier número real puede ser la medida de un ángulo. Sus razones trigonométricas se relacionan con las razones de los ángulos comprendidos en el intervalo $[0, 2\pi)$ del siguiente modo: si $x - x' = k \cdot 2\pi$, k número entero, entonces $\text{sen } x = \text{sen } x'$, $\text{cos } x = \text{cos } x'$, $\text{tg } x = \text{tg } x'$. Es decir, si dos números difieren en un número entero de veces 2π , entonces tienen las mismas razones trigonométricas.

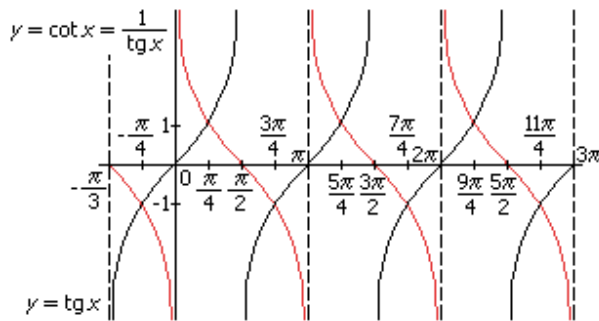
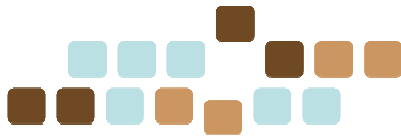
De este modo se obtienen las funciones trigonométricas $y = \text{sen } x$, $y = \text{cos } x$, $y = \text{tg } x$, llamadas también funciones circulares. Sus representaciones gráficas son:





Las otras funciones trigonométricas, $y = \operatorname{cosec} x$, $y = \sec x$, $y = \cot x$, por la relación que tienen con las tres anteriores, se representan con ellas en las figuras siguientes:

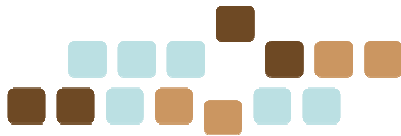




Todas las funciones trigonométricas son periódicas: sen, cos, sec y cosec tienen periodo 2π , mientras que tg y cot tienen periodo π .

▪ Funciones inversas

La expresión "y es el seno de θ " o $y = \sin \theta$, es equivalente a la expresión " θ es el ángulo cuyo seno es igual a y", lo que se expresa como $\theta = \arcsen y$, o también como $\theta = \sin^{-1}y$. La función arcsen (que se lee arco seno) es la función inversa o recíproca de la función sen. Las otras funciones inversas, arccos y, arctg y, arccot y, arcsec y, y arccosec y, se definen del mismo modo. En la expresión $y = \sin \theta$ o $\theta = \arcsen y$, un valor dado de y genera un número infinito de valores de θ , puesto que $\sin p/6 = \sin 5p/6 = \sin ((p/6) + 2\pi) = \dots = y$, teniendo en cuenta que los ángulos $p/6$ y $5p/6$ son suplementarios. Por tanto, si $\theta = \arcsen y$, entonces $\theta = (p/6) + n 2\pi$ y $\theta = (5p/6) + n 2\pi$, para cualquier entero n positivo, negativo o nulo. El valor $p/6$ se toma como valor principal o fundamental del arcsen y. Para todas las funciones inversas, se suele dar su valor principal. Existen distintas costumbres, pero la más común es que los valores principales de las funciones inversas estén en



los intervalos que se dan a continuación:

- $-\pi/2 \leq \arcsen y \leq \pi/2$
- $0 \leq \arccos y \leq \pi$
- $-\pi/2 < \operatorname{arctg} y < \pi/2$
- $0 < \operatorname{arccosec} y < \pi$
- $-\pi/2 < \operatorname{arcsec} y < \pi/2$
- $0 < \operatorname{arccot} y < \pi$

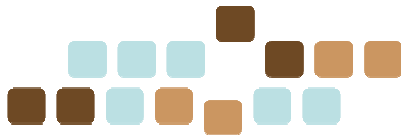
Trigonometría esférica

La trigonometría esférica, que se usa sobre todo en **navegación y astronomía**, estudia triángulos esféricos, es decir, figuras formadas por arcos de circunferencias máximas contenidos en la superficie de una esfera. El triángulo esférico, al igual que el triángulo plano, tiene seis elementos: los tres lados a , b , c , y los tres ángulos A , B y C . Sin embargo, los lados de un triángulo esférico son magnitudes angulares en vez de lineales, y dado que son arcos de circunferencias máximas de una esfera, su medida viene dada por el ángulo central correspondiente. Un triángulo esférico queda definido dando tres elementos cualesquiera de los seis, pues, al igual que en la geometría plana, hay fórmulas que relacionan las distintas partes de un triángulo, que se pueden utilizar para calcular los elementos desconocidos.

Por ejemplo, el teorema del seno adopta la siguiente forma para triángulos esféricos:

$$\frac{\operatorname{sen} a}{\operatorname{sen} A} = \frac{\operatorname{sen} b}{\operatorname{sen} B} = \frac{\operatorname{sen} c}{\operatorname{sen} C}$$

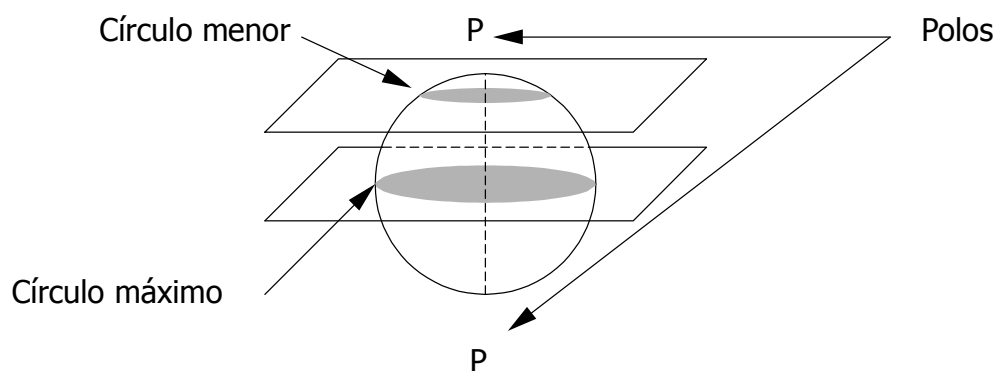
La trigonometría esférica es de gran importancia para la teoría de la proyección



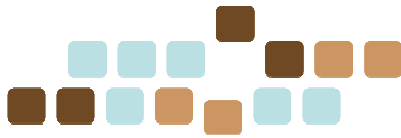
estereográfica y en geodesia. Es también el fundamento de los cálculos astronómicos. Por ejemplo, la solución del llamado triángulo astronómico se utiliza para encontrar la latitud y longitud de un punto, la hora del día, la posición de una estrella y otras magnitudes.

Definiciones básicas:

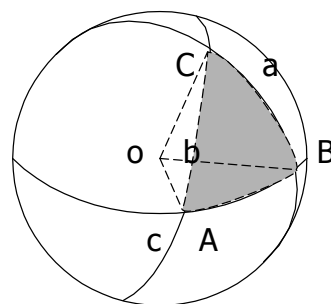
Vamos a partir de una esfera de radio unidad. Si cortamos dicha esfera con un plano que pasa por el centro de la esfera obtenemos lo que se llama un círculo máximo. Si por el contrario, el plano de corte no pasa por el centro de la esfera, lo que obtendremos es un círculo menor.



Consideremos ahora una esfera y un círculo máximo. Si trazamos una recta perpendicular al plano que define el círculo máximo y que pasa por el centro de la esfera, lo que obtenemos son dos puntos en la esfera que se denominan polos. Además el círculo máximo va a dividir a la esfera en dos semiesferas llamadas hemisferios.



Vamos a llamar ángulo diedro al ángulo comprendido entre dos círculos máximos. En este punto llegamos a la gran (e importantísima) definición de este tema. Se va a definir triángulo esférico como una porción de superficie esférica limitada por tres círculos máximos, con la condición de que la medida de cada uno de los arcos sea menor que 180° .



Triángulo esférico

Prácticamente en todos los problemas de astronomía hay que hacer cálculos con algún triángulo esférico. Para resolver un triángulo esférico basta con conocer al menos tres de los seis datos de dicho triángulo (tres lados y tres ángulos).

Veamos ahora algunas de las relaciones que cumplen los lados y ángulos de un triángulo:

- Un lado de un triángulo esférico es menor que la suma de los otros dos y mayor que su diferencia.
- La suma de los tres lados de un triángulo esférico es menor que 360° .
- La suma de los tres ángulos es mayor que 180° y menor que 540° .

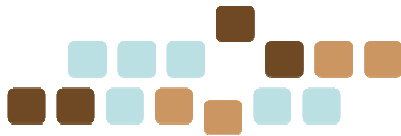


- Si un triángulo esférico tiene dos ángulos iguales, los lados opuestos también son iguales entre sí.
- Si un triángulo esférico tiene dos ángulos desiguales, a mayor ángulo se opone el mayor lado.

Después de ver estas relaciones, es interesante reseñar, que para la resolución de triángulos esféricos existen una serie de fórmulas como **las fórmulas de Bessel, fórmula de la cotangente, fórmulas de Borda...** Además, en el caso de un triángulo esférico rectángulo (un ángulo es de 90°), o de uno rectilátero (un lado es de 90°), la resolución se simplifica con la regla del **pentágono de Neper**.

Los fundamentos de la trigonometría esférica se derivan de la geometría de la esfera y aparecieron precozmente en la historia de las matemáticas por su aplicación inmediata a la astronomía. Al mirar a las estrellas, los astrónomos de la antigüedad conformaron la noción de una gran esfera celeste de radio inconmensurable que rodeaba a la Tierra y en cuya superficie se situaban los astros del firmamento. Así, el concepto básico de esta ciencia era, más que el de distancia propiamente dicha, el de dirección y distancia angular entre los puntos luminosos que, proyectados sobre la esfera, conformaban una línea curva.

El desarrollo matemático de esta idea condujo a la definición de los denominados círculos máximos como aquellos formados por la intersección de cualquier plano que contenga al centro de la esfera con dicha esfera. La intersección de tres círculos máximos diferentes configura un triángulo esférico, base de la trigonometría



esférica.

La configuración fundamental de un espacio geométrico en el que se aplica la trigonometría esférica es el ángulo triédrico formado por un triángulo esférico y la unión de cada uno de sus vértices con el centro de la esfera.

De esta manera, la formulación de las ecuaciones de trigonometría esférica considera tres lados y seis ángulos, tres de los cuales pertenecen al triángulo dibujado sobre la superficie esférica, y otros tres se refieren a las direcciones angulares de los vértices desde el centro de la esfera.

El triángulo esférico formado por los puntos A, B, C, que denotan asimismo por facilidad de notación sus respectivos ángulos interiores, y los lados de magnitudes a, b, c, conforma desde el origen de la esfera los ángulos de dirección a, b, y g. Las distancias a, b, c, lados del triángulo esférico, son magnitudes igualmente angulares, al tratarse de arcos, y proporcionan un teorema del seno de la trigonometría esférica análogo al obtenido en la resolución de triángulos planos que se expresa matemáticamente como:

(teorema del seno en trigonometría esférica)

Diversas consideraciones geométricas conducen a la obtención de las dos leyes del coseno de la trigonometría esférica que completan las fórmulas básicas de resolución de triángulos esféricos y se expresan:

$$\cos a = \cos b \cos g + \sin b \sin g \cos A \text{ (1.ª ley)}$$

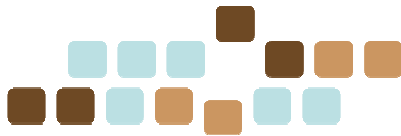
$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a \text{ (2.ª ley)}$$



Estas expresiones son igualmente válidas cuando el vértice general del triedro no es el centro de la esfera.

Los ángulos interiores de los triángulos esféricos, a diferencia de lo que ocurre con los de los triángulos planos, no suman 180° .

En los textos de trigonometría esférica aparecen otras expresiones que relacionan los lados y los ángulos de los triángulos esféricos. En particular, destacan las leyes de los cosenos para los lados, análogas formalmente a la primera ley de los cosenos; las analogías de Napier, que relacionan los semiángulos y los semilados y emplean criterios logarítmicos; y las analogías de Gauss-Delambre.



2. METODOS TOPOGRAFICOS. CONCEPTOS GENERALES: NIVELACIÓN, PLANIMETRÍA, TAQUIMETRÍA.

Se definen como métodos topográficos al conjunto de técnicas de instrumentación y operación, en la toma de medidas tanto lineales como angulares, y así mismo la gestión o tratamiento de estos datos en el proceso de la realización de un trabajo topográfico.

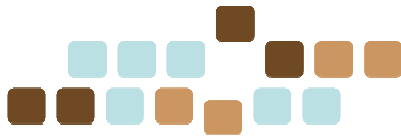
La modelización del terreno es la representación obtenida del relieve del terreno como consecuencia de una medición realizada sobre él, y que permite conocer la forma sinuosa o quebrada de dicha superficie.

La división más usual de los métodos topográficos es:

Métodos Altimétricos- tratan de la determinación o estudio de la distancia vertical entre los puntos. Tratan de determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia.

Métodos Planimétricos- tratan del estudio y posición relativa de los puntos, sobre el plano horizontal, prescindiendo de la relación en alturas. Tienden a conseguir la representación a escala, sobre una superficie plana, de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo de su relieve.

Métodos Taquimétricos- Aquellos que tratan a la vez altimetría y planimetría, mediante la determinación polar de la posición de los puntos.



Métodos de triangulación- Son los métodos que localizan o determinan posiciones relativas de los puntos mediante mediciones angulares a partir de una base.

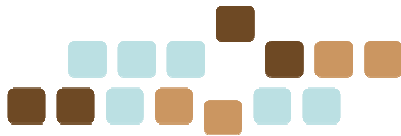
Métodos Altimétricos

Los trabajos altimétricos, o nivelación de un terreno, tienen por objeto determinar la altura de sus puntos característicos sobre una superficie de nivel que se toma como superficie de comparación; puede ser ésta cualquiera, elegida arbitrariamente, sin más condición que la de estar más baja que el punto de menor altura de todos los que hayan de levantarse.

Las alturas de estos puntos, sobre la superficie de comparación, se denominan cotas que, con la condición antes indicada, serán todas positivas.

La elección arbitraria de la superficie de comparación tiene el inconveniente de no poder relacionar entre sí trabajos diferentes, y por eso se prefiere utilizar siempre una misma superficie de referencia a la que se asigna la cota cero. Es ésta la superficie de medida de los mares en calma, supuesta prolongada por debajo de los continentes, superficie de nivel a la que hemos dado el nombre de geoide. La cota de un punto referido al nivel del mar la llamaremos altitud.

En España se ha dado la altitud cero al nivel medio del mar en Alicante, estableciéndose una señal en las gradas del Ayuntamiento que ha servido de origen para toda la red altimétrica nacional.



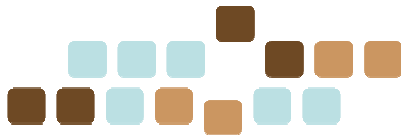
En todo trabajo ha de partirse de un punto de origen de altitud conocida, o al que se le asigne, en su caso, cota arbitraria, y para hallar la de todos los demás puntos del levantamiento se determinan los desniveles entre cada dos puntos, denominándose desnivel la cota, positiva o negativa, de uno de ellos, con respecto a la superficie de comparación que pasa por el otro.

El desnivel, sumado algebraicamente a la altitud del primer punto, nos dará la del segundo, éste servirá a su vez de origen al tercero, y así sucesivamente; operación que se designa con el nombre de arrastrar o correr las cotas a todos los puntos, una vez conocidos sus desniveles parciales. Todo el problema altimétrico se reduce, por tanto, al cálculo de desniveles entre dos puntos.

Métodos Planimétricos

De la misma forma que se registran y calculan los datos correspondientes a altimetría, en cuanto a la planimetría también podemos registrarlos en un cuadrante en el que señalar las operaciones que se realizan, una vez calculada las coordenadas parciales, en los itinerarios cerrados y encuadrados analizar el error de cierre y si procede compensarlos en este caso se realiza un reparto proporcional al valor de cada ordenada o abscisa, una vez compensados se les lleva a su valor al origen tanto de estaciones como de puntos radiados.

Si bien este procedimiento no es el más exacto matemáticamente, si es el más usado cuando se realizan los cálculos de forma manual. Hoy día apenas si se realizan estos cálculos manualmente y los procedimientos informáticos que suelen utilizarse para el procesamiento y cálculo de los datos de campo los suelen resolver



por ajustes de mínimos cuadrados. No obstante no hay que perder de vista que es

inútil utilizar procesos matemáticos complejos y precisos si no se ha realizado una actuación y toma de datos de campo precisa, y dado que en topografía son modelos aproximados los que se manejan, es mas acertado una actuación de campo metodológica y exacta que utilizar a posteriori modelos matemáticos complejos que no pueden eliminar los desaciertos cometidos en el campo.

Principales metodologías planimétricas

2.1. Radiación:

Método más sencillo.

Instrumentos:

- Taquímetro y mira.
- Teodolito y mira.
- Distanciómetro y prisma.

2.2. Itinerarios o Poligonales:

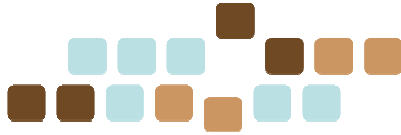
Sucesión encadenada de radiaciones (varias estaciones)

Instrumentos:

- Taquímetro y mira.
- Teodolito y distanciómetro.

2.3. Intersección:

Método más utilizado cuando se pretendía buscar precisión hace unos 5 años.



1. Intersección de ángulos:

- I. Directa: Se estaciona sobre ptos de coordenadas conocidas.
- I. Inversa: Solamente se conocen las coordenadas del pto visado, a calcular
- I. mixta: Se conocen las coordenadas del pto visado, a calcular

Instrumento: Teodolito

2. Intersección de distancias:

Solo se miden distancias.

Ptos de coordenadas conocidas o estaciones de coordenadas conocidas.

Instrumento: Teodolito y Distanciómetro.

Métodos Taquimétricos

Del griego "taqui" (rapido) y "metria" (medida), consiste en la determinación de la posición relativa de puntos del terreno mediante la observación al mismo tiempo de distancias y ángulos.

Su aplicación más cercana es el desarrollo topográfico en el ámbito de la ingeniería civil y obra de construcción de arquitectura. Complementa a los trabajos topográficos de primer orden, alcanzando el detalle sensible preciso para el desarrollo del proceso constructivo.

La característica principal del sistema es el uso del aparato denominado taquímetro, este es un goniómetro de limbo horizontal y vertical y con capacidad de medir la distancia entre el eje de giro del anteojo y el punto observado. Esta medición de distancia se realiza bien por un procedimiento estadimetrico, infrarrojos o láser en el proceso indirecto, en el directo que seria con el empleo de una cinta



métrica.

Puesta en estación. Sistema de referencia y orientación de un taquímetro.

Definida una base de estacionamiento, o punto de coordenadas conocidas X,Y,Z, o bien un punto autónomo sin referencias, procedemos a estacionar el aparato (taquímetro) en la vertical de este punto. Para ello los aparatos mas usados

(Estaciones totales), están dotados de una plomada óptica, si bien otros modelos menos útiles por tener menor precisión disponen bien de plomada mecánica (perpendicular) o bien de bastón centrador. Todo ello está direccionado a conseguir que el eje principal del taquímetro quede en la vertical del punto sobre el que estacionamos.

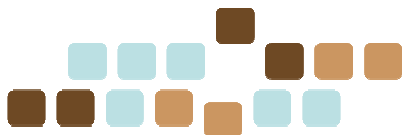
La plomada óptica, es un pequeño anteojo situado a la altura de la base del aparato que materializa la prolongación del eje principal o vertical del aparato.

El proceso de **Puesta en estación**, que consiste en vincular nuestro aparato a la trama o sistema de coordenadas existente sobre el terreno, o en todo caso que vamos ha implantar nosotros en nuestro proceso de levantamiento o replanteo, consta de dos pasos, el primero estacionamiento y el segundo de orientación.

El **estacionamiento**, consiste en colocar el eje principal o de rotación del aparato en la vertical del punto base de nuestro trabajo, para ello nos auxiliamos de la plomada.

Levantamientos taquimétricos. Organización de los trabajos, Trabajos de campo y trabajos de gabinete

Se define como **levantamiento** de un terreno o solar, edificio, construcción,



modelo o lugar, al proceso de captura de datos suficientes para su plasmación sobre una documentación gráfica, y así mismo del conocimiento de parámetros y características del entorno que permitan efectuar posteriormente en gabinete el estudio y planificación de actuaciones sobre la entidad objeto del levantamiento.

Significamos no obstante que un levantamiento, no solo toma datos que permitan capturar y reproducir la geometría de la entidad levantada, sino que habrá de incorporarsele listados de características, materiales, texturas de las superficies y del entorno, así mismo parámetros ambientales como temperatura, humedad, presión, fecha de realización, etc.

Se comenzará por la elaboración de croquis que señalen los puntos y líneas principales, la relaciones entre estos y su situación relativa, anotándoles números y letras que permitan identificarlos entre si y distinguirlos de otros. Se acompañaran estos croquis con dibujos detallados, fotografías etc. y así mismo como indicábamos con toda serie de detalles y relaciones que complementen el conocimiento de la entidad objeto del levantamiento y que sea preciso conocer para el posterior estudio o actuación que se pretenda.

Es obvio que dependiendo de la actuación que se pretenda, se elegirán métodos de levantamientos mas o menos complejos.

Lo que la Taquimetría viene a resolver en el caso de levantamientos afectos al campo de la arquitectura e ingeniería civil, levantamiento taquimétrico, es todo el proceso de captura de la geometría de una entidad con estos métodos, el cual se desarrollara en un proceso de toma de datos en el lugar, trabajos de campo, y en un proceso posterior de calculo y montaje de todos estos datos tomados en el



campo y que denominaremos, trabajos de gabinete, por realizarse en nuestro estudio o taller, tras lo cual aparecerá la plasmación gráfica del trabajo realizado.

Métodos de Triangulación.

Tratan estos métodos de la determinación de coordenadas de un punto mediante observaciones angulares. Reciben el nombre de métodos de intersección. Consisten estos métodos en el levantamiento de punto mediante observaciones acimutales, distinguiendo fundamentalmente dos tipos, la Intersección directa que hace estación en puntos conocidos para deducir los observados, y la Intersección inversa procedimiento en el que se estaciona en el punto cuyas coordenadas queremos determinar.

Dada la característica del método, lectura angular, el aparato preciso es el teodolito, siendo preciso utilizar aparatos con lectura mínima de segundos, caso contrario las dispersiones y ambigüedades en la precisión de la determinación del posicionamiento de los puntos no es admisible.

3. INTERPRETACIÓN DE PLANOS: CARTAS, MAPAS Y PLANOS. ESCALAS. REPRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL RELIEVE. CURVAS DE NIVEL.

Un cartógrafo es un especialista en la comunicación gráfica, que utiliza la elaboración de mapas como herramienta principal. La función fundamental de la elaboración de mapas es proporcionar información exacta, clara y sin ambigüedades



sobre la existencia de diversos fenómenos sobre o cerca de la Tierra. Un mapa bien dibujado es mucho más que una reducción del área que esta siendo estudiada; es un instrumento cuidadosamente diseñado que registra, analiza y muestra los factores interrelacionados del área en la verdadera relación entre ellas. Con el fin de transmitir esta compleja masa de información, el cartógrafo tiene que hacer un uso efectivo de los gráficos para ilustrar una amplia variedad de conceptos e ideas. Además del formato del mapa, el personal de cartografía utiliza una gran parte de su tiempo produciendo gráficos tan relacionados como material de exposición, ilustraciones para informes, gráficos para exposiciones, ilustraciones estadísticas y científicas, multitud de cartas, gráficas y diagramas. Muchos de estos artículos son frecuentemente incorporados a mapas o son sustituidos por estos. Para la planificación, en general, y la administración de recursos, en particular, los mapas y otros gráficos no tienen igual.

La cartografía existe como un área del dibujo aplicado, porque las palabras han demostrado no ser adecuadas para la descripción de relaciones especiales complejas. Es de vital importancia que el contenido del mapa sea ensamblado de una manera lógica y obvia tal, que el usuario pueda comprender fácilmente la información que se está mostrando. En la producción de mapas o gráficos que ilustren los estudios científicos, un cartógrafo puede requerir el consejo de una autoridad científica del área, para asegurar la interpretación e ilustración correcta de la información. Las estadísticas y los datos relevantes solos no suministran necesariamente la información requerida. En muchos procesos de toma de decisión, la información verdadera útil es frecuentemente aquella que se obtiene del estudio del conjunto de relaciones de todos los datos. Los gráficos y las técnicas gráficas pueden presentar estas relaciones en una forma en la que incluso observadores



casuales puedan apreciar inmediatamente las implicaciones.

La cartografía puede jugar un papel principal en el desarrollo socio-económico, pero el cartógrafo tiene primero que identificar, compilar y analizar la información más actual y, de forma especial, más exacta disponible. También es de importancia la selección de las técnicas cartográficas más apropiadas para exponer esta información. El aspecto esencial es seleccionar la metodología más apropiada para cada situación, más que aplicar una técnica particular debido a su familiaridad. El diseño, el equipo y las técnicas tienen que estar ajustados a los requerimientos del producto específico.

Clasificación de mapas

No existe una clasificación universalmente aceptada de mapas, gráficos de mapas y productos relacionados. Las siguientes categorías se presentan para proporcionar un marco de discusión y el comienzo de un lenguaje de trabajo para personal en prácticas. En sentido amplio, los mapas se pueden dividir en dos categorías; siendo la primera la de mapas generales ó mapas de referencia, y la segunda la de mapas especiales ó temáticos.

Mapas generales o de referencia

El objetivo de los mapas generales o de referencia es reflejar, de una manera exacta y representativa, las relaciones de una selección de diferentes accidentes geográficos. Los accidentes tales como carreteras, vías férreas, asentamientos, cursos de agua, elevaciones, líneas de costa y fronteras son típicamente señalados. Estos mapas se fabrican habitualmente en series de hojas individuales, y se



construyen cuidadosamente por métodos fotogramétricos. Se presta una gran atención a la exactitud de la situación de los accidentes ya que, en algunos casos, estos mapas tienen la validez de un documento legal. Estos son típicos productos de grandes agencias cartográficas nacionales y pueden ser considerados la base, sobre la que se construyen otros mapas o estudios relacionados.

Los mapas generales son fundamentales para organizar y planificar el desarrollo nacional y regional. Están considerados como un recurso básico nacional y son la base para el desarrollo futuro, los principales tipos de mapas generales son los siguientes:

Mapas planimétricos:

Estos muestran la situación horizontal de rasgos seleccionados, sin incluir las elevaciones o las profundidades del agua. Frecuentemente son utilizados como mapas básicos sobre los que se compilan datos para la construcción de mapas especiales o temáticos (figura 1.1a).

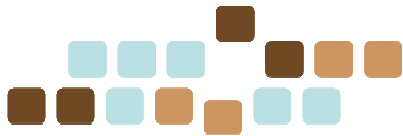
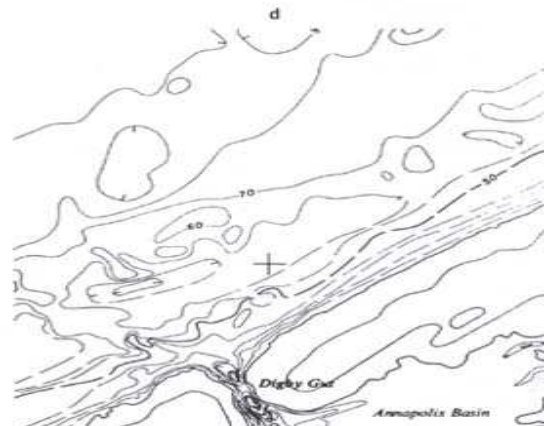
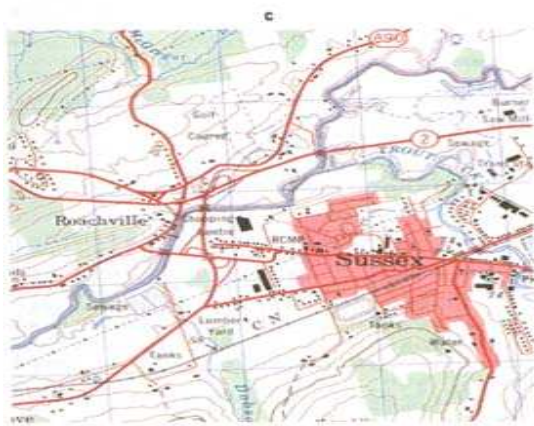
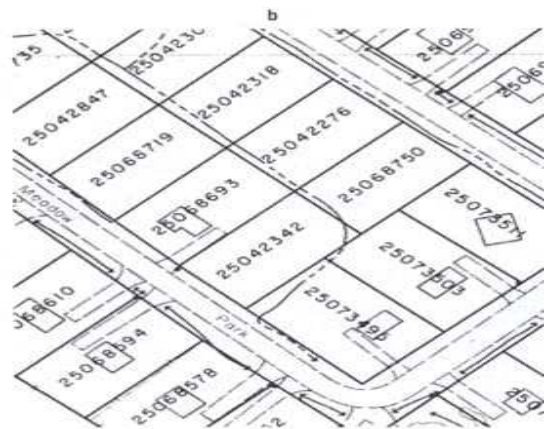
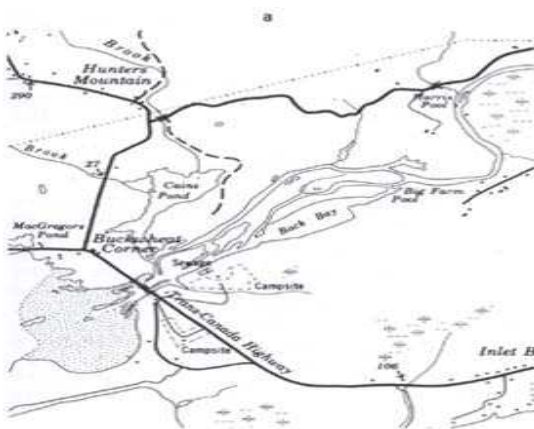
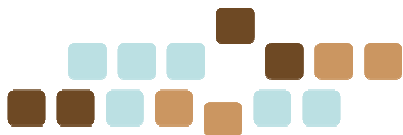


Figura 1.1 Ejemplos de mapas generales (referencia): (a) Planimétrico; (b) catastral; (c) topográfico; (d) batimétrico.





Mapas catastrales:

Estos muestran los lindes de las subdivisiones de la tierra, con marcaciones y mediciones, y son utilizados para registrar la titularidad de las propiedades (Figura 1.1b).

Mapas topográficos (mapas hipsométricos):

Además de los detalles planimétricos de los accidentes culturales y físicos que han sido seleccionados, estos mapas reflejan la forma y la elevación del terreno. Esto se hace frecuentemente mediante perfiles, isolíneas, sombras, gradientes de color o normales. Las series cartográficas nacionales están compuestas normalmente por mapas topográficos.

Los mapas topográficos se usan ampliamente para múltiples propósitos, que incluyen la selección de emplazamientos industriales, la planificación de autopistas ó colonias, el recorrido de líneas eléctricas y telefónicas ó de tuberías, la selección de emplazamientos para embalses, la planificación militar, la caza, la pesca, el excursionismo y la acampada. Ellos son, por lo tanto, verdaderos instrumentos de uso general y se les considera fundamentales para el desarrollo económico y de los recursos de una región. Además, los mapas topográficos se usan frecuentemente como mapas básicos para estudios específicos, debido a que muchas veces constituyen la única cartografía exacta disponible de una región (Figura 1.1c). Los problemas potenciales de este uso en particular se discutirán en la sección 7 de este manual.

Mapas batimétricos:



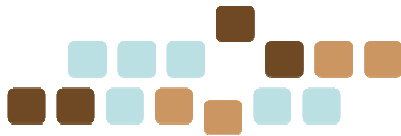
Estas muestran las profundidades del agua y la topografía submarina. Las profundidades uniformes, a intervalos de profundidad específicos, están generalmente unidas por líneas continuas denominadas isobatas (Figura 1.1d).

Mapas especiales o temáticos.

Esta segunda y amplia categoría incluye todas las variantes de mapas diseñados para satisfacer un objetivo específico, que pueda ser claramente identificado de antemano. Los mapas especiales constituyen el segmento de mayor crecimiento del campo de la cartografía por su importancia para las actividades del desarrollo. Esta es el área donde se requiere un amplio conocimiento del diseño, tecnología y, en particular, del futuro usuario y empleo del mapa.

Los mapas temáticos se componen de dos elementos principales: el fondo, o mapa de base, y la información específica que se presenta. El mapa de base se prepara utilizando directa o indirectamente la información tomada de mapas generales o de referencia. La información de base adicional y los datos temáticos se derivan del trabajo de campo, análisis de imágenes, estudios científicos, estadísticas publicadas o de mapas existentes. Esta se dibuja sobre el mapa de base utilizando las técnicas cartográficas apropiadas. Normalmente la creación de un mapa temático implica un proceso de recopilación, que incluye la recogida y manipulación de datos de diversas fuentes, para elaborar un nuevo producto.

Los mapas temáticos también se denominan mapas de distribución. Son una clase de "ensayo geográfico" que resalta un solo o múltiples temas tales como geología, oceanografía, climatología, vegetación, suelos, cosechas o aspectos sociales y culturales de la población. Los cartógrafos usan mucho estos mapas para señalar,



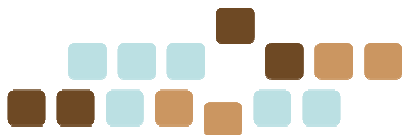
por ejemplo, detalles tales como instalaciones portuarias, fuentes de contaminación, variaciones climáticas y distribuciones de peces y esquemas de migración. Estas distribuciones se pueden mostrar por muchos métodos diferentes (ver Sección 9).

Los mapas de transporte constituyen el mayor subgrupo dentro de la categoría temática e incluyen las cartas náuticas y aeronáuticas, los mapas de carreteras y los mapas turísticos y de recreo. La mayoría de estos son formas especializadas de cartografía topográfica, y han sido rediseñados para servir a un fin más específico.

Cartas náuticas:

Estas se publican en primer lugar para los marinos, aunque sirven de muchas formas relacionadas para un público más amplio. Estas cartas están diseñadas para proporcionar toda la información disponible para una navegación marina segura, e incluyen sondas e isobatas, obstáculos, peligros, marcas prominentes en tierra y ayudas a la navegación tales como boyas y faros. La exactitud de estas cartas es de gran importancia en las regiones costeras debido el potencial existente de accidentes marinos. Las cartas son continuamente actualizadas para mantener al día los cambios naturales o los realizados por el hombre (Figura 1.2 a).

Las variedades de estas cartas incluyen: cartas para pequeñas embarcaciones - diseñadas para usos de recreo en aguas interiores y de los puertos; portulanos - detalles de las zonas de fondeo, los puertos y pequeños canales; cartas de canales - detalles de los canales y de los sistemas acuáticos navegables; cartas costeras - diseñadas para la navegación costera; cartas de navegación - utilizadas primordialmente por los navegantes para fijar las situaciones cuando se aproximan a la costa desde alta mar.



Cartas aeronáuticas:

Estas están diseñadas para la navegación aérea, de aquí que se dé importancia a rasgos de la mayor significación aeronáutica. Los mayores esfuerzos se hacen para localizar marcas prominentes en tierra, que incluyen centros de población, marcas en tierra natural y culturalmente distintivas, vías de ferrocarril y carreteras principales. La información topográfica se muestra frecuentemente mediante elevaciones puntuales, isolíneas y capas de colores, siendo esta última práctica cada vez más común, de forma que la información sobre el relieve puede apreciarse de un vistazo. La información aeronáutica se expone generalmente en tamaño resaltado y con símbolos coloreados en magenta, para dar énfasis a este aspecto crítico de la carta. Al igual que con la información náutica, la información aeronáutica cartografiada requiere frecuentes revisiones, de aquí que la fecha de compilación deba ser cuidadosamente observada (Figura 1.2 b).

Mapas de carreteras:

Estos son generalmente publicados por las autoridades nacionales, provinciales o regionales, para facilitar el transporte a lo largo de distancias relativamente grandes. Los mapas de carreteras indican la dirección, la distancia y la calidad de las autopistas. Algunos dan información relacionada con el transporte tal como las vías férreas y los aeropuertos. La información del mapa es altamente selectiva y, en algunas formas, el mapa mismo se vuelve más esquemático que planimetricamente exacto (Figura 1.2 c).



Mapas turísticos y de recreo:

El gran mercado de productos cartográficos, que se ha generado por el número creciente de turistas y viajeros, ha fomentado la competencia entre productores de mapas tanto privados como gubernamentales. Muchos de los productos resultantes son mapas topográficos o planimétricos modificados.

Estos muestran sistemas mejorados de la clasificación de las carreteras además de ubicaciones de hoteles, hostales, campamentos, lugares históricos, playas, museos, cabinas de refugio de montaña, telesillas, transbordadores, etc. Algunos mapas usan el sombreado de colinas y el coloreado de capas para acentuar los lugares para escalada, acampada, esquí, caminatas y de vistas panorámicas. Los mapas de grandes ciudades pueden ser esquemáticos y, para auxiliar al usuario, echan mano de fotografías y dibujos de lugares significativos (Figura 1.2 d).

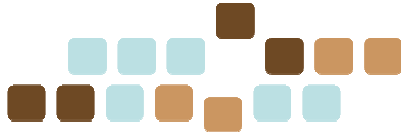
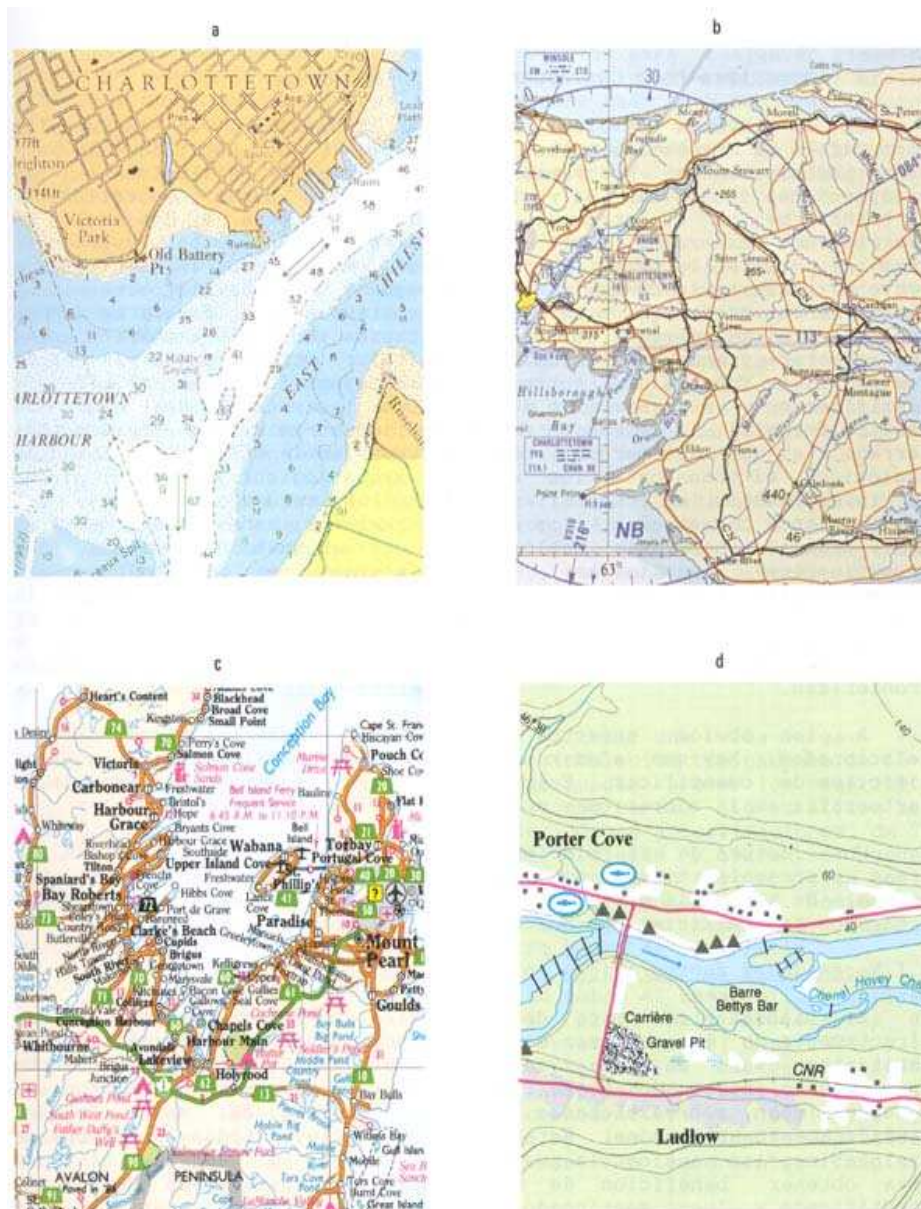


Figura 1.2 Ejemplos de mapas especiales (temáticos): (a) náutico; (b) aeronáutico; (c) carretera; (d) turístico y de recreo.



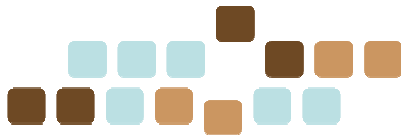


El concepto de escala

Todos los mapas, fotografías aéreas e imágenes de satélites son una pequeña representación de una porción de la superficie de la Tierra. Su tamaño, inferior al de la realidad, es el responsable de su conveniencia como método para ilustrar el mundo. Para que estos productos sean útiles tiene que conocerse la relación entre el tamaño del gráfico y el tamaño real de la misma región de la tierra. Este concepto fundamental, conocido como escala, es una de las más importantes consideraciones del diseño en el campo de la cartografía.

El establecer la escala para un mapa es una importante decisión de diseño. La escala controla, entre otros aspectos, los siguientes temas:

- I) la cantidad de datos o el detalle que puede mostrarse;
- II) el tamaño del gráfico y su comodidad para la producción usando los materiales y el equipo disponible;
- III) el coste de reproducción;
- IV) la legibilidad de cualquier producto que es una ampliación o reducción de un mapa existente;
- V) la extensión regional de la información presentada;



- VI) el grado y naturaleza de la generalización llevada a cabo (ver Sección 7);
- VII) la idoneidad de una base disponible para un fin específico;
- VIII) la facilidad de uso por el mercado al que se dirige;
- IX) la cantidad de tiempo que un cartógrafo tiene que invertir en un proyecto.

Concretamente, la escala es la razón entre la distancia en el mapa y la distancia sobre el terreno, y su elección depende principalmente del propósito del mapa. El cartógrafo tiene también que considerar conveniencia y economía, acordando un equilibrio entre el área cubierta, el tamaño del mapa y la magnitud del detalle requerido. Las escalas son frecuentemente un compromiso.

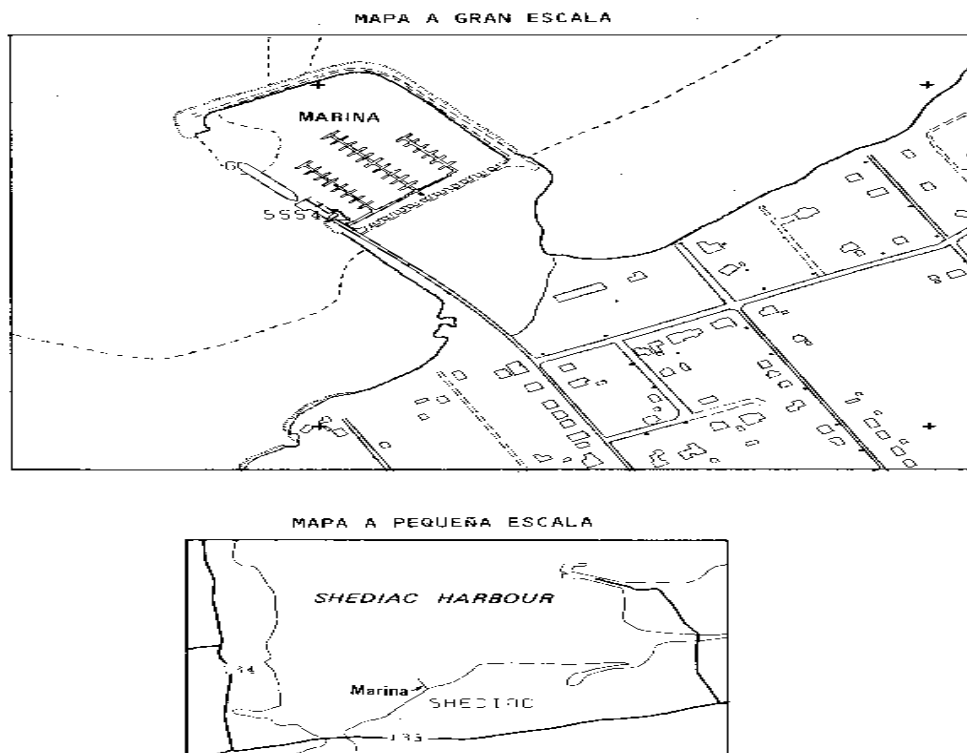
El empleo de los términos relativos gran escala y pequeña escala puede producir una considerable confusión y tienen que ser cuidadosamente tratados. Para comprender claramente el concepto, compare dos mapas de la misma área pero de escalas significativamente diferentes. Elija un rasgo común tal como un aeropuerto, una bahía o una isla. El mapa que muestre el rasgo dibujado relativamente grande es el mapa a gran escala. Por contraste, el mapa que muestra el mismo rasgo distintivamente pequeño es, por definición, el mapa a pequeña escala (Figura 3.1).

Los mapas a pequeña escala cubren amplias áreas con poco detalle, mientras que



los mapas a gran escala muestran un gran detalle y solamente cubren un área pequeña. La mayoría de los mapas constituirán un compromiso entre el detalle requerido y el área de cobertura. En ocasiones las necesidades son incompatibles, tal como cuando una gran área tiene que ser cubierta pero algunas partes requieren un gran detalle. Esto se puede solucionar produciendo más de un mapa o utilizando partes del mapa como inserciones a mayores escalas. Esta última solución permite una variación en las escalas y un mayor detalle en áreas críticas.

Figura 3.1 Una comparación de un mapa a gran y a pequeña escala.





Las formas de escala

Generalmente, una vez que ha sido calculada, la escala de un mapa puede presentarse en tres formas normalizadas distintas. Estas son la escala numérica, la expresión verbal y la escala gráfica o lineal. En ocasiones se usan otras variantes de escala, además de las formas normalizadas.

Escala numérica

Las escalas numéricas (E), también conocidas como razones de escala, relacionan el tamaño del mapa, o una parte de él, con su tamaño real sobre el terreno. Así, una E de 1:10.000 significa que una unidad sobre el mapa es equivalente a 10.000 unidades sobre el terreno. Una importante ventaja de este sistema es que no está ligado a un sistema de medidas específico; la fracción trabaja tan bien en unidades métricas, como en inglesas, o en cualquier otra unidad conveniente de medida.

Comparativamente, los pequeños valores detrás de los dos puntos se asocian con mapas a gran escala, mientras que los grandes números detrás de los dos puntos están relacionados con mapas a pequeña escala. La Asociación Cartográfica Internacional, en un intento de normalizar la terminología, ha sugerido lo siguiente:



- I) E. mayor que 1:25.000, p.e. números inferiores a 25.000: mapas a gran escala;
- II) 1:50.000 a 1:100.000: mapas a media escala
- III) E. inferior a 1:200.000, p.e. números mayores que 200.000: mapas a pequeña escala.

Expresión de escala

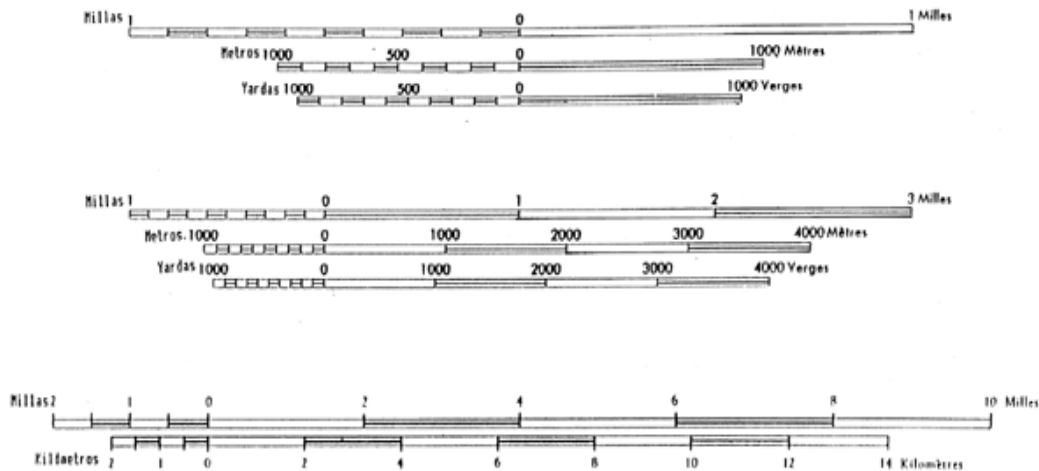
Esta es una expresión escrita de la distancia en el mapa en relación con la distancia en la Tierra, por ejemplo, 1 pulgada igual a 1 milla, o 1 centímetro igual a 1 kilómetro. Una E. podría ser también considerada una expresión de escala desde que, por ejemplo, 1:1.000.000 podría ser escrito como 1 centímetro igual a 10 kilómetros o 1 milímetro igual a 1 kilómetro. Si se elige esta versión de una escala, evite la confusión no mezclando unidades métricas e inglesas en una expresión.

Escala gráfica o lineal

Este instrumento es el método más común y más útil de representar una escala sobre un mapa o una carta. Consiste en uno o más segmentos subdivididos en unidades de la distancia del terreno, o en otra cualquiera que la escala deba mostrar (Figura 3.2). Tiene la considerable ventaja de permanecer exacta incluso si el mapa se amplía o reduce, lo que no es cierto para los otros tipos de escala, la E. y la expresión de escala.



Figura 3.2 Ejemplos de escalas gráficas o lineales.



El cartógrafo tiene que recordar que la escala tiene que ser diseñada para el usuario y no para la conveniencia del cartógrafo. Las unidades de subdivisión tienen que ser elegidas tan iguales y útiles como sea posible, cualquiera que sea la E. Por ejemplo, la escala común de los viejos mapas de 1 pulgada igual a 1 milla, con una E. de 1:63.360 debe ser convertida por el cartógrafo si se desea una escala métrica. Al tomar las unidades originales de la escala de 1 pulgada y dibujarlas de acuerdo con su escala métrica equivalente, cada subdivisión de 1 milla representaría unos incómodos 1609,35 metros. En este caso, una unidad de subdivisión básica de 1.000 metros, o 1 kilómetro, podría estimarse apropiada. Un cálculo revela que cada unidad representando 1.000 metros será de 1,578 centímetros de longitud. Esto es difícil de dibujar, pero es el esfuerzo que tiene que hacer el cartógrafo para elaborar un producto útil y profesional.



Variaciones de la escala gráfica

La mayoría de las escalas gráficas o lineales están diseñadas en medidas tradicionales lineales tales como pies, millas, millas náuticas, metros y kilómetros. No obstante, muchos sistemas de subdivisión de la Tierra se llevaron a cabo en varas, cadenas, estadios y leguas. Análogamente, tanto las longitudes de cable británica y americana, e incluso las brazas, han sido utilizadas y ocasionalmente pueden ser apropiadas.

En ocasiones, las escalas de lectura directa en unidades que no son puramente lineales son útiles. Por ejemplo, muchos mapas turísticos incorporan escalas de paseo calculadas sobre pasos medios de una persona en unidades de cinco o más minutos. Los mapas militares han presentado escalas en términos de la distancia que una tropa de hombres en marcha cubrirá en un periodo de tiempo dado. Los mapas de autopista pueden mostrar el tiempo transcurrido viajando a una velocidad dada. Los mapas biológicos han mostrado a qué distancia viajará en un tiempo determinado un ave migratoria, un animal o un pez. Estas escalas son en ocasiones más útiles que los formatos normalizados de escalas.

Retículados

Las retículas son un sistema de líneas de referencias verticales y horizontales, dibujadas sobre muchos mapas, que permiten a un punto ser identificado por una coordenada o un número de referencia (ver Sección 4).

No obstante, las retículas también pueden ser utilizadas como un indicador de escala en varios gráficos. Un reticulado de cuadrados con lados de longitud conocida, tales como un kilómetro o una milla, extendido sobre un dibujo permite



una fácil identificación del tamaño, área, etc. En una serie de mapas relacionados, semejante retícula proporciona un método efectivo de comparación e identificación. Un reticulado tiene que ser dibujado con líneas finas o dominará el dibujo, debido a su naturaleza geométrica y, en consecuencia, visible.

Formas comparativas

En algunos productos cartográficos que ilustran un área geográfica desconocida o poco familiar, un instrumento útil para la escala es la inclusión de inserciones de una región más familiar y del área de estudio en una misma escala más pequeña. Los mapas de viaje han utilizado desde hace tiempo este método, por ejemplo "Londres a la misma escala" sobre un mapa de Tokyo.

Separación de paralelos

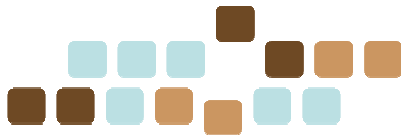
Los paralelos de latitud son un conjunto de líneas que corren de Este a Oeste paralelas al Ecuador. Son una constante geográfica que siempre puede ser traducida en medidas de kilómetros o millas.

En latitud:

I) $10^{\circ} = 1111,111 \text{ kilómetros} = 600 \text{ millas náuticas} = 691,72 \text{ millas legales};$

II) $1^{\circ} = 111,11 \text{ kilómetros}^* = 60 \text{ millas náuticas} = 69,172 \text{ millas legales};$

III) $1' = 1852 \text{ metros} = 1 \text{ milla náutica} = 1,15 \text{ milla legal}.$



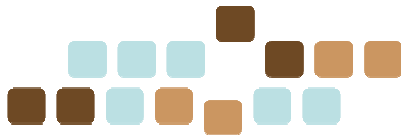
Así, una diferencia de 4° en latitud tiene que tener la misma longitud en cualquier región del globo (240 millas náuticas) y, a menos que se necesite una máxima exactitud, puede ser utilizada como un indicador de escala o base para cálculos.

*Este es un valor medio conveniente que corresponde a 45° de latitud. Varía de 110,57 kilómetros en el Ecuador a 111,699 kilómetros en el Polo.

Factor de escala

Dado que la Tierra es esencialmente esférica, el único método consistentemente exacto para mostrar una gran región, consiste en construir un globo al que entonces se le puede dar una única escala. Para transferir la forma del globo a un mapa sobre una superficie plana, se requiere un método organizado y consistente de control de las distorsiones inevitables. Estas técnicas matemáticas y gráficas son conocidas como proyecciones cartográficas y se tratan mas adelante en esta sección. No obstante, el uso de alguna proyección cartográfica tiene como consecuencia el que la escala varía en distintos lugares sobre el mismo mapa.

La escala numérica (E) rotulada sobre el mapa se refiere a la escala principal, mientras que la escala local originada por el efecto distorsionante de la proyección es conocida como la escala verdadera y variará de lugar a lugar. El factor de escala (F.E.) es una razón de una sobre la otra, así:



$$\text{Factor de escala} = \frac{\text{Escala verdadera}}{\text{Escala principal}}$$

El factor de escala es 1,0 sobre una esfera, esto es que la escala verdadera es igual a la escala principal, y en la mayoría de los mapas a gran escala es próximo a esta cifra. Sobre mapas a pequeña escala puede variar fácilmente de 0,5 a 2,0; esto se traduce en una gama de escalas de 1:5.000.000 a 1:20.000.000 sobre un mapa cuya escala declarada es 1:10.000.000. En la ampliamente utilizada proyección Transversal Mercator, el F.E. de una zona de 6° de longitud varía solo de 0,99960 a 1,00158. Análogamente, en el proyección Mercator, muy empleada para cartografía, el F.E. está limitado a 1,016 en la zona comprendida entre 10° Norte y Sur del Ecuador.

El factor de escala (F.E.) se expresa raramente en un mapa, si es que se hace alguna vez, pero puede tener efectos significativos. El control del factor de escala es, por lo tanto, importante en la elección de la proyección cartográfica adecuada.

Escala de superficie

En ocasiones es necesario construir un mapa de tal forma que todas las proporciones de superficie estén correctamente representadas. Por ejemplo, una unidad de superficie en el mapa (centímetro cuadrado, pulgada cuadrada, etc.) representa un número determinado de las mismas unidades superficiales sobre la Tierra. Aquí de nuevo el cartógrafo tiene que seleccionar primero una proyección cartográfica adecuada que permita esta función. Para evitar confusiones, las escalas



de superficies se expresan gráficamente más que numéricamente. Así la explicación incluirá un cuadrado que representa un número expresado de kilómetros o millas cuadradas, acres, etc.

Escala variable

Como se indicó anteriormente, ningún mapa plano puede mostrar simultáneamente las distancias verdaderas desde todos los puntos y en todas direcciones. En algunas proyecciones cartográficas la distorsión de la distancia es sistemática y se pueden construir escalas variables para permitir la toma de medidas exactas. Esto es particularmente cierto sobre aquellos mapas que contienen la proyección Mercator, tales como algunas cartas náuticas y aeronáuticas. Ello permite la determinación de la escala en latitud o longitud, a pesar del amplio rango en la distorsión de la escala.

Otras escalas

Las escalas de fracción, nominal, ordinal, intervalo, valor y logarítmica se tratan en la Sección 9. La escala de las fotografías aéreas se describe en la Sección 8.

Cambio de escala

Cuando un mapa se reduce o amplía, la escala cambiará proporcionalmente. Si un dibujo a una escala de 1:100.000 es reducido al 50% de su tamaño original, la escala cambiará a 1:200.000. Análogamente, si se amplía al 200 del tamaño original, el gráfico 1:100.000 tendrá ahora una escala de 1:50.000. Todas las escalas, y especialmente una expresión de escala o una E. tienen que ser cuidadosamente calculadas y etiquetadas para la escala de reproducción. La



cantidad de reducción o ampliación tiene que ser conocida, en caso necesario, con precisión en la fase de diseño. Por esta razón el cartógrafo tiene que trabajar estrechamente tanto con el autor como con el impresor, al tomar las decisiones preliminares de diseño.

Las ilustraciones cartográficas pueden ser reproducidas fotográficamente, al 100%, reducidas o ampliadas. El cambio de escala tiene que ser claramente identificado si se requieren ampliaciones o reducciones. Lo mejor es utilizar las especificaciones incorporadas en la mayoría de las cámaras de procesamiento, los aparatos que se usan para hacer la reproducción. En estos instrumentos, una reproducción al mismo tamaño se indica como 100%. Para obtener una reducción del 25% en tamaño, la cámara hay que ponerla al 75%, y es esto último lo que hay que especificar. "Reduce al 75% del original" evita el error obvio de colocar la cámara al 25% y obtener un dibujo donde cada línea sea 1/4 de su tamaño original.

Análogamente, para ampliar hay que especificar el porcentaje en el ajuste de la cámara. Así, si se requiere un dibujo donde cada dimensión sea el doble de la del original, debe anotarse la expresión "Ampliar a 200% del original" y no "Ampliación 100%".

Si aún hay una posibilidad de confusión, proporcione al operador una simple escala lineal para colocarla sobre la cámara. Incluya sobre el dibujo dos líneas (segmentos AB y AC) de medidas cuidadosamente realizadas. La instrucción debe leerse "Reducir (o ampliar) exactamente AB a AC". Ello evita cualquier confusión y permite al operador comprobar físicamente la ampliación o reducción.



Geodesia - La forma de la Tierra

El hecho de que la Tierra no sea ni plana ni redonda ha planteado históricamente un problema a los cartógrafos, especialmente al producir grandes series de mapas o cartas, a gran o pequeña escala, que cubran amplias áreas geográficas. La forma exacta de la Tierra se convierte entonces en un aspecto principal. No obstante, para mapas individuales a gran escala, especialmente aquellos de naturaleza temática, las variaciones no son significativas.

Las imágenes de satélites han asegurado que la forma aproximadamente esférica de la Tierra sea aceptada por la mayoría de la gente y que no sea más un tema de discusión. No obstante, la forma exacta es aún de cierto interés y aún está activamente bajo estudio. Como es bien conocido, la Tierra se ha vuelto ligeramente aplanada en los polos debido a los efectos de su rotación. La distorsión no es obvia - si la Tierra fuera reducida a un globo de 1 metro de diámetro, la magnitud del aplanamiento de los polos sería solamente de unos 3,5 milímetros.

Los topógrafos también tienen que luchar con el hecho de que la masa de la Tierra no está uniformemente distribuida. Esto crea variaciones en la fuerza y la dirección de la gravedad, que controla las superficies horizontales y verticales locales con las que el topógrafo tiene que trabajar. Así, los científicos han postulado en teoría una forma esférica irregular, que tiene en cuenta las variaciones de la gravedad; se denomina el geoide. Como se aprecia en la Figura 3.3, la forma del geoide es más acusada bajo los continentes debido a la presencia de una gran masa rocosa por encima del nivel del mar.

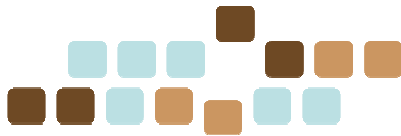
El geoide se describe frecuentemente como una superficie hipotética a la que se adaptaría el océano (por ejemplo, el nivel del mar), si fuera libre para ajustarse a la



atracción gravitatoria de la Tierra y a las fuerzas de rotación centrífuga. Los estudios de gravedad utilizando satélites han revelado ahora que el campo gravitatorio de la Tierra tiene algunos salientes y depresiones inequívocos. La mayor joroba está cerca de Nueva Guinea, teniendo unos 81 metros de altura, mientras que la mayor depresión, al sur de la India, profundiza 110 metros bajo la superficie de referencia.

A los efectos de la cartografía una superficie irregular es muy poco deseable, por lo que la información tiene que ser transferida a una forma geométrica regular, que puede ser calculada, y que se aproxima mucho al geoide. Esta forma es conocida como el elipsoide y es una superficie tridimensional de referencia (Figura 3.3). No existe un elipsoide que sea considerado adaptable a todos los estudios y cartografías a lo largo de todo el mundo. Por razones históricas y políticas están actualmente en uso un cierto número de diversas figuras de la Tierra (Tabla 3.1).

Recientemente, la Asociación Internacional de Geodesia ha aprobado nuevas dimensiones para un elipsoide de referencia, llamado el Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS80). Este es la base para un nuevo sistema cartográfico de referencia, el North American Datum 1983 (NAD83).

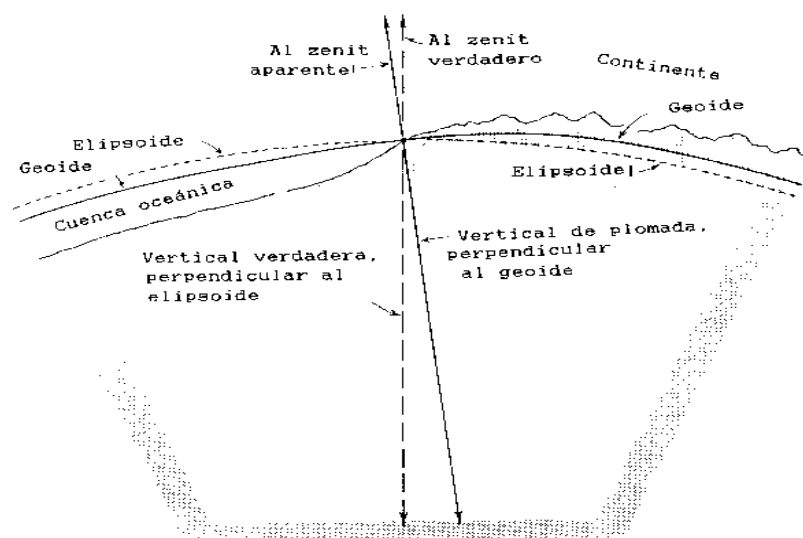


Las proyecciones cartográficas

El cartógrafo utiliza las proyecciones cartográficas, para presentar la naturaleza tridimensional de la superficie de la Tierra en las dos dimensiones disponibles en un mapa o una carta. Como se comentó anteriormente, a los fines de los gráficos a media y pequeña escala, se puede asumir que la forma básica de la Tierra es esférica. Un área pequeña de un mapa o una carta a gran escala se puede dibujar sin cometer un error apreciable, pero para aquellos productos que muestran grandes áreas, y particularmente para cartografiar en serie, es vital un sistema de proyección.

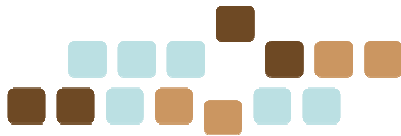
Las proyecciones se pueden crear sólo gráficamente mediante la proyección de la superficie curvada de la Tierra sobre superficies planas o superficies desarrollables, tales como conos o cilindros, que pueden ser aplanados. También pueden crearse matemáticamente o por una combinación de los dos métodos.

Figura 3.3 La relación entre la superficie del elipsoide regular y la superficie del geoide regular bajo los continentes y sobre las cuencas oceánicas. (según W.A. Heiskanen, 1958).



La proyección ideal debería proporcionar formas correctas, áreas correctas, escalas correctas, rumbos correctos, un buen "ajuste" general y facilidad de construcción. Es imposible conseguir todas o incluso la mayoría de estas propiedades, por lo que el cartógrafo tiene que seleccionar qué aspecto es el más importante para un mapa en particular o elegir una proyección de compromiso, una de las denominadas del tipo, del "mínimo error".

La forma correcta es una característica de las proyecciones conformes (ortomórficas). Debe advertirse que solo es posible conservar superficies correctas sobre pequeñas áreas. Las proyecciones conformes conservan ángulos verdaderos y una escala constante, en todas las direcciones alrededor de un punto dado, porque los paralelos y meridianos se entrecruzan en ángulos rectos. Esta es una característica esencial de las cartas de navegación. Tanto la Mercator como la Cónica Conforme de Lambert son proyecciones conformes y son ampliamente utilizadas tanto en cartografía para la navegación marítima como la aérea. Dado que estas proyecciones conservan los ángulos localmente, también pueden ser



empleadas para gráficos que presenten datos basados en medidas angulares. Estos pueden incluir corrientes de marea, líneas de gravedad y magnéticas, dirección de corrientes acuáticas superficiales, migraciones y batimetría. La cartografía para la navegación que utiliza las proyecciones conformes se ha realizado desde hace siglos, proporcionando una fuente efectiva de datos para su uso como información básica de mapas. Esto simplifica la labor del cartógrafo.

La igualdad de área también se conoce como equivalencia. Esta propiedad se puede conservar sobre un mapa construido a partir de una proyección como la de Bonne, pero solo a costa de formas distorsionadas. Esta proyección puede ser de gran valor para mostrar relaciones espaciales y distribuciones. Cuando una simbolización cartográfica requiere un símbolo de superficie o cuantitativo, tal como el movimiento de un volumen de agua, se necesita una proyección de igualdad de área.

El alcanzar, por ejemplo, la equidistancia total, la conservación de la escala en todos los puntos sobre una proyección, es imposible. En cualquier proyección la escala real varía continuamente; puede variar de punto a punto y puede también cambiar en distintas direcciones. No obstante, es posible mantener una escala correcta donde una superficie de proyección encuentra a la esfera de donde se deriva. La selección cuidadosa de esos puntos puede reducir al mínimo los errores de escala. La equidistancia se puede conservar en proyecciones cenitales. Las proyecciones equidistantes constituyen un compromiso útil entre las proyecciones conformes y equiáreas, y se emplean frecuentemente para gráficos generales de referencia. Los cambios de escala de superficie sobre las proyecciones de equidistancia son menos dramáticos que sobre las proyecciones conformes y los errores angulares son inferiores que los de una proyección equiárea.



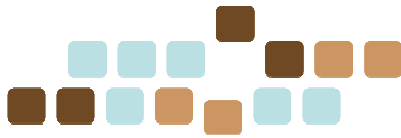
Representación e interpretación del Relieve

La mayoría de la gente piensa en la situación solo en términos horizontales, no cayendo en la cuenta de la importante tercera dimensión de nuestro medio ambiente - la vertical. Para ciertas aplicaciones, la dimensión vertical es un factor importante, y en ocasiones crítico, que los cartógrafos tienen que reflejar dentro de sus gráficos bidimensionales. En el medio marino, buques enormes y pesados tienen que maniobrar a escasos metros sobre un fondo invisible y potencialmente letal. Una carta náutica actualizada mostrará al navegante la topografía del fondo del océano, de tal forma que pueda navegar con seguridad por los valles y crestas submarinos.

Valores puntuales

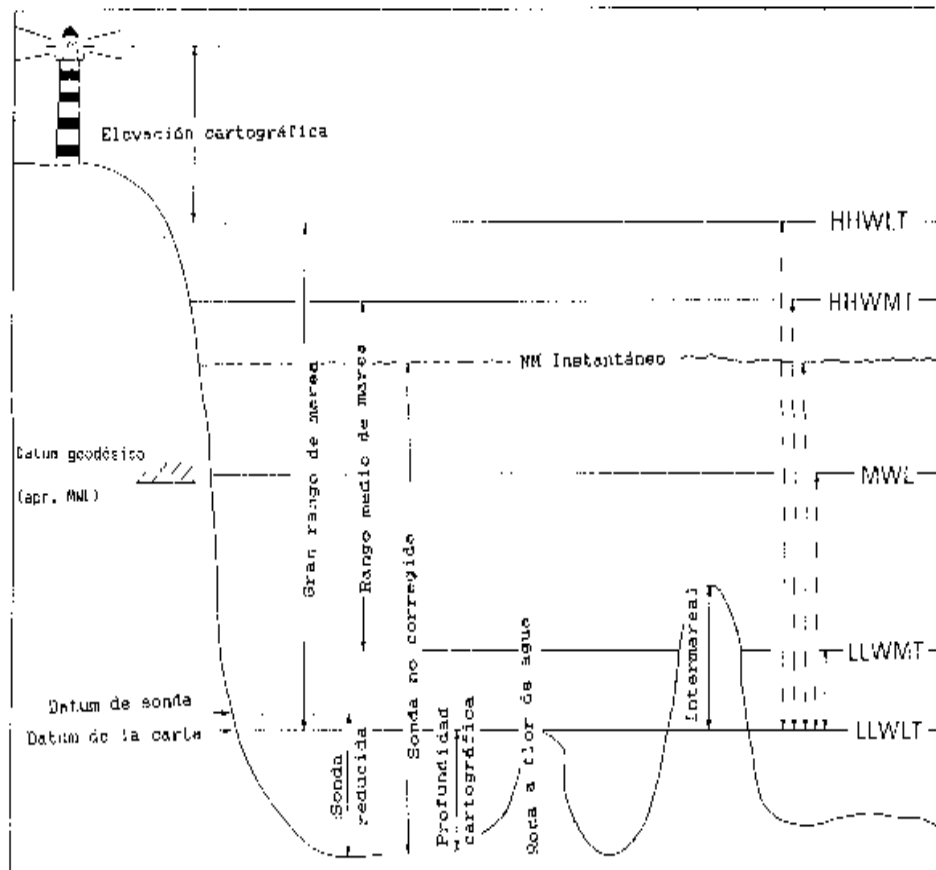
La representación más sencilla de la elevación del terreno es el empleo de valores puntuales para indicar la medida de la altura o de la profundidad que corresponde a ese punto en particular. El lugar se representa mediante un pequeño símbolo puntual con un número a su lado que indica la altura o la profundidad por encima o por debajo de un valor de referencia o plano de referencia. En planos topográficos y cartas aeronáuticas la medida de la altura está relacionada con el Nivel Medio del Mar; sobre cartas marinas, las elevaciones y profundidades están en relación con el plano de referencia de la carta.

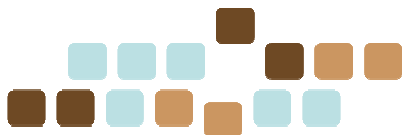
Sobre los mapas topográficos, los valores puntuales conocidos como cotas, se muestran mediante puntos topográficos físicamente contruidos sobre el terreno. A otros accidentes significativos tales como cimas de colinas, pasos de montaña e intersecciones de carreteras también se les coloca cotas (Figura 4.9). Sobre las cartas náuticas, las sondas son valores puntuales que muestran la profundidad del



agua (Figura 4.10). Las cotas y las sondas son muy simples y exactas para el punto específico elegido. No obstante, no proporcionan un efecto gráfico de forma, ni indican los valores situados entre los puntos. Debido a esta limitación, el observador del mapa no puede visualizar fácilmente las características de la superficie que se está mostrando. Las cotas y las sondas se utilizan más frecuentemente como un suplemento de información a alguna otra técnica para mostrar el relieve.

Figura 4.8 Relación entre superficies de marea, datum cartográficos y características físicas.(Según W.D. Forrester, 1983)





- HWL - Nivel medio del mar - la media de todos los niveles horarios del mar sobre el periodo de registros disponible.
- HHWT - Mayor pleamar, grandes mareas - media de las mayores pleamares, una para cada 19 años de predicción.
- HHWMT - Mayor pleamar, mareas medias - media de todas las mayores pleamares en 19 años de predicciones.
- LLWMT - Mayor bajamar, grandes mareas - media de las mayores bajamares, una para cada 19 años de predicción.
- LNT - Bajamar más baja - en el presente es sinónima de LLWLT, pero en las cartas antiguas puede referirse a diversos datum cartográficos de bajamar.

Las cartas náuticas han mostrado tradicionalmente un gran número de sondas, además de las isolíneas o isobatas, para indicar al marino la fiabilidad de la información de la cual se deriva la carta. No obstante, con la creciente exactitud de los detalles de las modernas prospecciones marinas, muchas organizaciones cartográficas marítimas han abandonado esta práctica, lo que simplifica tanto la producción como el uso de estos productos visualmente más atractivos.



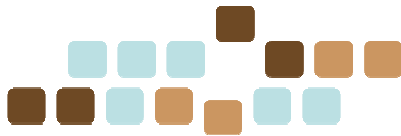
Isolíneas

Las curvas de nivel, o isolíneas, son con mucho el método más ampliamente utilizado para reflejar el relieve o las profundidades sobre mapas y cartas (Figura 4.9). Pueden definirse como líneas de elevación o profundidad constantes; son imaginarias pero aparecen en el mapa como líneas reales.

Las curvas de nivel pueden obtenerse de diversas maneras, incluyendo:

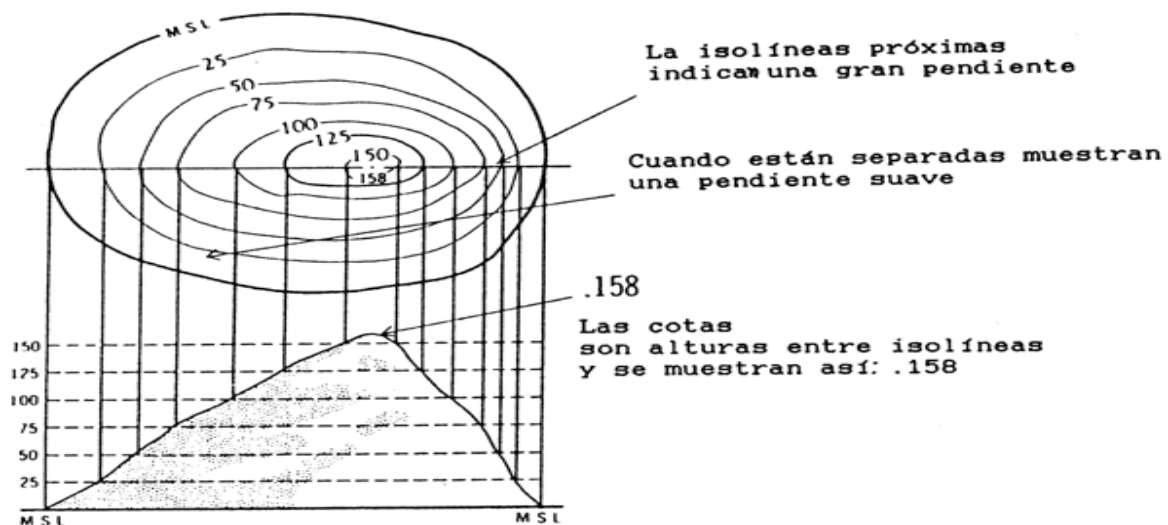
- I) técnicas tradicionales de prospección;
- II) prospecciones hidrográficas;
- III) interpolación a partir de cotas o sondas;
- IV) trazado fotogramétrico;
- V) técnicas de plomada en ortofotoproducción;
- VI) Conversión a partir de otros mapas.

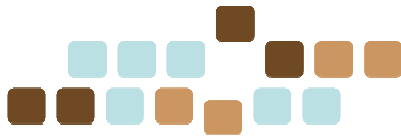
Desafortunadamente, en raras ocasiones es posible determinar el origen y la naturaleza de las curvas de nivel sobre un mapa dado. En particular, la fiabilidad de las curvas de nivel interpoladas o dibujadas variará de mapa y con la pericia del cartógrafo. Las curvas de nivel de muchos mapas viejos deben ser tratadas con



precaución, a menos que proporcionen detalles sobre la exactitud. El obtener isolíneas exactas por medio de métodos tradicionales de prospección es tedioso y frecuentemente duplicará el coste de una prospección dada. De aquí que muchas curvas de nivel han sido interpoladas a partir de un mínimo de datos de prospección. En general, las isolíneas modernas dibujadas fotogramétricamente están delineadas con un gran detalle y, por ello, su exactitud revelará frecuentemente los errores existentes en mapas más antiguos.

Figura 4.9 El relieve retratado por las curvas de nivel. (Según Department of Energy, Mines and Resources, Canadá, n.d.)

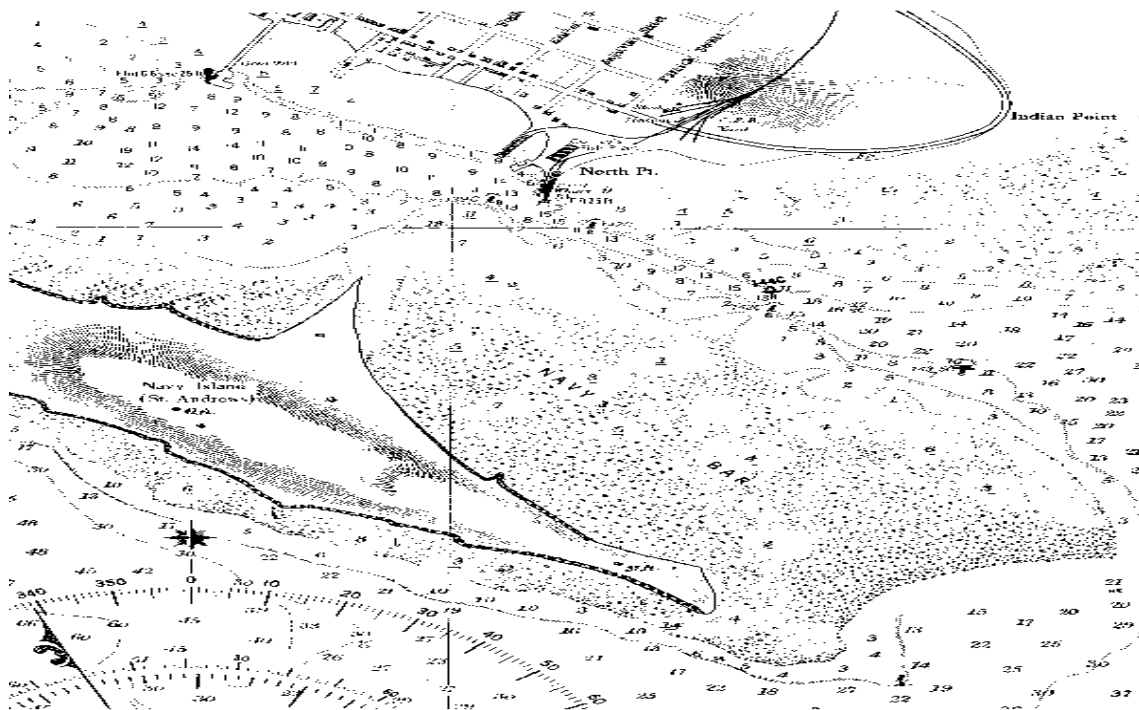




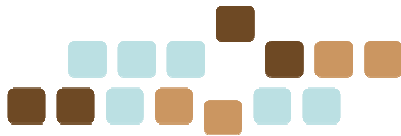
Isobatas

La prospección del fondo del océano está aún sujeta a una considerable dificultad, ya que los barcos y la superficie del agua están normalmente en movimiento durante la prospección. La exactitud de las situaciones en el mar, hasta la llegada de los satélites, dependía de la distancia a tierra. La situación en alta mar dependió históricamente de las observaciones astronómicas utilizando sextantes, que no se destacaban por su exactitud.

Figura 4.10 Carta náutica mostrando las profundidades. (Canadian Hydrographic service, Chart no. 4332)



Las medidas de profundidad se toman en relación con un plano de referencia artificial, debido a que el nivel real del mar está continuamente fluctuando. Hay



también varios otros planos de referencia en uso, por ejemplo, aquellos que utilizan Gran Bretaña y Francia varían en 0.6 metros. Por razones de seguridad, los franceses utilizan el Nivel Aproximado de Máxima Bajamar, mientras que Gran Bretaña ha empleado uno que está 0.6 metros por debajo de la Media de la Bajamar Equinoccial de Primavera.

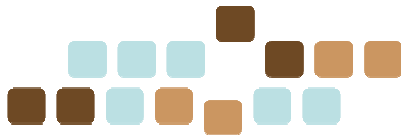
La mayoría de las cartas náuticas se destacan por la densidad de las sondas, pero estas no están uniformemente distribuidas, concentrándose a lo largo de las rutas de navegación, desembocaduras de ríos y aguas someras (Figura 4.10).

Es importante señalar que las cartas hidrográficas, diseñadas para la navegación, y las cartas batimétricas, diseñadas para representar la topografía marina, se perfilarán diferentemente utilizando los mismos datos. Las cartas hidrográficas destacan las zonas de aguas poco profundas, como un factor deliberado de seguridad. Las cartas batimétricas son el equivalente marino de los mapas topográficos; la interpolación de isolíneas está basada estrictamente en las sondas locales y la distancia entre ellas.

Las normas de exactitud para la cartografía marina son aún más variables que las de las cartografías terrestres. En general, las plataformas continentales del mundo. En Canadá, por ejemplo, sólo el 50% de aquellas áreas que soportan el tráfico marítimo comercial están de acuerdo con normas modernas de cartografía, y en aguas Árticas es inferior al 20%

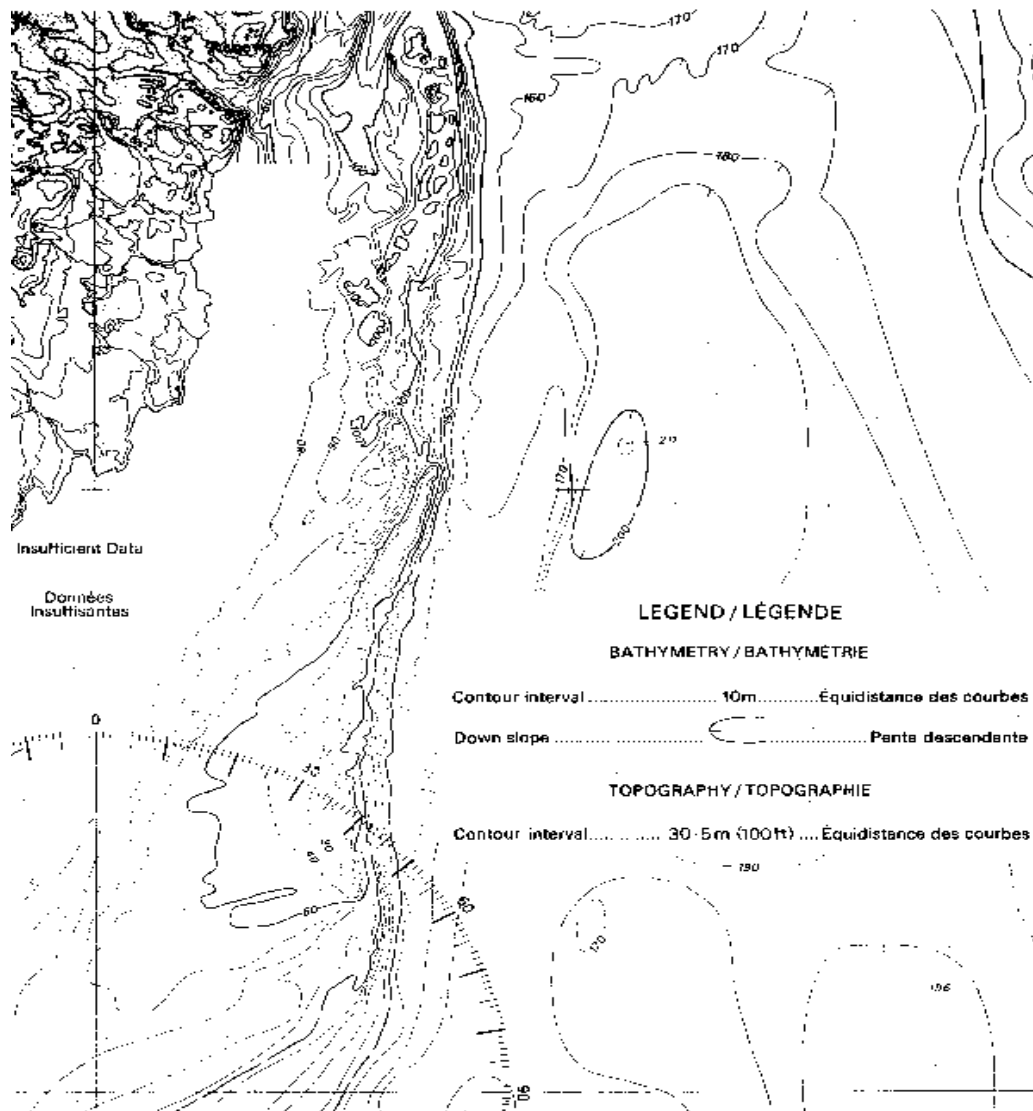
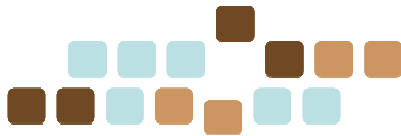
Separación vertical o de isolíneas:

Esta es la distancia vertical entre dos isolíneas adyacentes. Esta es generalmente



una unidad constante sobre los mapas topográficos mientras que muchas cartas hidrográficas utilizan un cierto número de intervalos diversos. Este último sistema ayuda mucho al usuario del mapa, debido a que es el intervalo vertical quién con mucho controla la efectividad de las isolíneas en la representación del terreno. Cualquier accidente, cuya altura es inferior al intervalo vertical, no será probablemente identificado por la forma de las isolíneas, de aquí que una gran cantidad de información de "microrelieve", que puede ser de interés para algunas personas, se pierda sobre la cartografía topográfica normalizada. La selección de una separación más pequeña de isolíneas en áreas de bajo relieve, es una solución obvia que no se utiliza suficientemente en estos días de presentaciones normalizadas. A la inversa, en regiones montañosas, la separación de isolíneas debe mantenerse mayor para evitar la aglomeración. Puesto que los intervalos variables de isolíneas pueden conducir a problemas de consistencia en series de mapas, es necesario un sistema para seleccionar la separación de isolíneas para las diversas escalas de mapas. El sistema más extenso para este fin fue desarrollado por el destacado cartógrafo alemán Eduard Imhof. Ver Tabla 4.2.

Figura 4.11 Ejemplos de isobatas. (Canadian Hydrographic Service, Chart no 15062)



A: RELIEVE ESCARPADO (Pendientes hasta de 45°)

1. Menor intervalo de curvas para facilitar el trazado.
2. Intervalo vertical más comúnmente utilizado.



3. Intervalo teórico de curvas basadas en una fórmula empírica.
4. Intervalo recomendado para las curvas principales.
5. Intervalo recomendado para curvas de nivel intermedias, donde son necesarias para resaltar accidentes que normalmente son omitidos.

B: RELIEVE MEDIO (Pendientes hasta de 26°)

6. Intervalo recomendado.

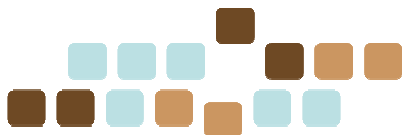
C: RELIEVE BAJO (Pendientes hasta de 9°)

7. Intervalo recomendado.

Las isolíneas intermedias o auxiliares son una solución para el problema arriba enunciado. Se insertan entre isolíneas de separación vertical normalizada, a fin de ilustrar accidentes menores significativos. Para asegurar que su naturaleza no normalizada no confunda al lector, se dibujan con líneas de trazos o puntos o, en ocasiones, en otro color.

Una isolínea es de poca utilidad para un lector de mapas, a menos que su valor pueda ser fácilmente identificado. Los valores numéricos se colocan en cortas interrupciones de la línea adecuada y se alinean con la orientación local de dicha línea. Se han desarrollado dos sistemas convencionales diferentes para numerar las curvas de nivel:

- I) la parte superior del número señalando la dirección ascendente (inclinación hacia arriba);



II) números colocados de tal forma que puedan ser fácilmente legibles, normalmente desde el punto de vista de la base del mapa (en sentido vertical).

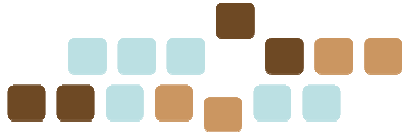
No existe una regla que regule la cantidad de números de isolíneas sobre un mapa. La única orientación es que el usuario del mapa tiene que ser capaz de obtener la información de relevancia exacta, requerida con un mínimo esfuerzo. La frecuencia de la ubicación de los números debe ser elegida en consecuencia. Se debe evitar el efecto de escalera visual creado por largas cadenas de números, debido a que es altamente desorganizativo. Por el contrario, la colocación totalmente aleatoria de los números es difícil de interpretar para los lectores de mapas.

Líneas indicativas:

Muchos mapas tienen una alta densidad de isolíneas complejas o curvas de nivel. Sin una ayuda visual, el lector puede desorientarse e interpretar erróneamente la información. Convencionalmente se dibuja la cuarta o quinta línea visiblemente más ancha para ayudar en la interpretación. La elección de la cuarta o quinta línea como índice depende del intervalo de las curvas de nivel. Se debe elegir el intervalo de isolíneas más redondeado y adecuado. Por ejemplo, un mapa con separaciones de curva de nivel de 25 metros mostraría como índice la cuarta línea o los 100 metros.

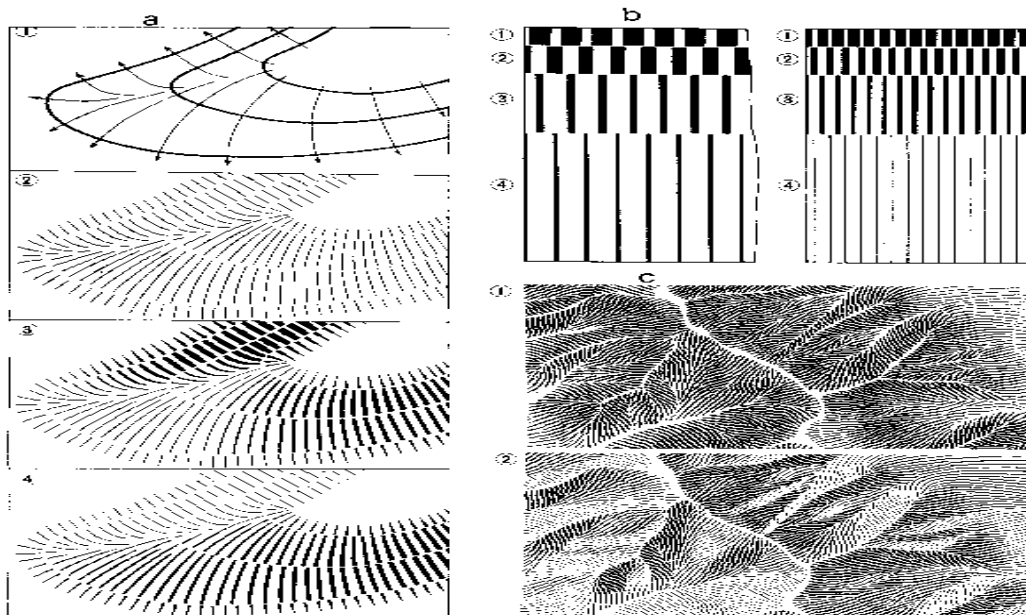
Exactitud de la isolínea:

Como se indicó anteriormente, esta no es fácil de evaluar. Las isolíneas más fidedignas son normalmente aquellas obtenidas fotogrametricamente, aunque sus normalizaciones pueden variar ampliamente. En América del Norte, la norma de exactitud absoluta especifica que las isolíneas tienen que estar situadas dentro de



una banda, que represente la mitad de la separación entre isolíneas, por encima y por debajo de la verdadera elevación. Esto es adecuado para la mayoría de los objetivos de la ingeniería, pero las curvas de nivel no puedan mostrar la verdadera inclinación o variación en el terreno, a menos que el intervalo sea mucho menor que el estándar de exactitud absoluto. No se deben interpolar isolíneas intermedias entre las curvas de nivel de un mapa topográfico existente debido a que, entre dos isolíneas el terreno no se inclinará necesariamente de una manera uniforme.

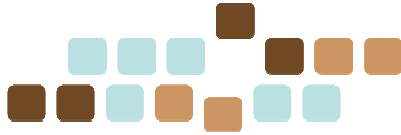
Figura 4.12 Construcción de normales. (Según International Cartographic Association)



Características de las isolíneas:

La siguiente es una relación de características de las curvas de nivel:

- I) Las curvas de nivel son siempre horizontales a la caída del terreno,

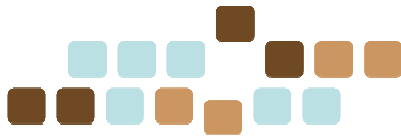


por ejemplo, la dirección por la que correría el agua en aquel lugar;

- II) Todas las curvas de nivel son líneas cerradas, a menos que sean cortadas por los bordes del mapa;
- III) Las curvas de nivel se aproximan a medida que la inclinación del terreno se acentúa;
- IV) Sobre ríos que cruzan, las curvas de nivel señalan corriente arriba, excepto en unas pocas bifurcaciones fluviales;
- V) Si la separación entre curvas de nivel es demasiado grande, los pequeños relieves no quedarán registrados;
- VI) Las curvas de nivel vecinas no se cruzan ni se tocan entre ellas, a excepción de los acantilados y salientes.

Normales

Las normales han sido históricamente un método muy importante y común para mostrar el relieve y las pendientes (Figura 4.12). Consisten en líneas cortas (frecuentemente finas) ordenadas de tal forma que se orientan "ladera abajo". Cada



línea normal está en la dirección de la mayor pendiente. En declives pronunciados son cortas pero se juntan, y en laderas menos pronunciadas son más largas pero más separadas. También pueden dibujarse con diversas anchuras de trazos, indicando las líneas más pronunciadas las mayores pendientes.

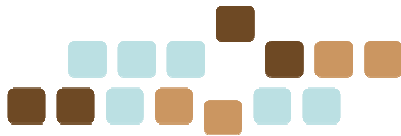
Estas técnicas pueden ser bastantes precisas y producir una buena impresión visual del relieve. No obstante, su dibujo consume mucho tiempo, y el cartógrafo necesita una considerable práctica para utilizar esta técnica con efectividad. Las líneas normales negras sobre un mapa tienden también a ocultar otros detalles. Para la mayoría de las aplicaciones, el coste y tiempo que implica producir estos símbolos son prohibitivos, especialmente al existir mejores métodos para mostrar el relieve.

Otras técnicas para mostrar el relieve

Hay una creciente diversidad de técnicas de sombreado, tales como curvas de nivel iluminadas, sombreado de colinas y sombreado de laderas, que están reemplazando las normales como medios para mostrar el relieve. Los terrenos complejos también pueden ser reflejados mediante técnicas de ilustraciones, por ejemplo, dibujos de rocas y el uso de símbolos fisiográficos y de la forma del terreno.

CURVAS DE NIVEL

Se denominan curvas de nivel a las líneas que marcadas sobre el terreno desarrollan una trayectoria que es horizontal. Por lo tanto podemos definir que una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el terreno. En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia.



Esta diferencia de altura entre curvas recibe la denominación de "equidistancia"

De la definición de las curvas podemos citar las siguientes características:

1. Las curvas de nivel no se cruzan entre si.
2. Deben ser líneas cerradas, aunque esto no suceda dentro de las líneas del dibujo.
3. Cuando se acercan entre si indican un declive más pronunciado y viceversa.
4. La dirección de máxima pendiente del terreno queda en el ángulo recto con la curva de nivel

TIPOS DE CURVA DE NIVEL.

Curva clinográfica: Diagrama de curvas que representa el valor medio de las pendientes en los diferentes puntos de un terreno en función de las alturas correspondientes.

Curva de configuración: Cada una de las líneas utilizadas para dar una idea aproximada de las formas del relieve sin indicación numérica de altitud ya que no tienen el soporte de las medidas precisas.

Curva de depresión: Curva de nivel que mediante líneas discontinuas o pequeñas normales es utilizada para señalar las áreas de depresión topográfica.

Curva de nivel: Línea que, en un mapa o plano, une todos los puntos de igual distancia vertical, altitud o cota. Sinónimo: isohipsa.

Curva de pendiente general: Diagrama de curvas que representa la inclinación de un terreno a partir de las distancias entre las curvas de nivel.



Curva hipsométrica: Diagrama de curvas utilizado para indicar la proporción de superficie con relación a la altitud. Sinónimo complementario: curva hipsográfica. Nota: El eje vertical representa las altitudes y el eje horizontal las superficies o sus porcentajes de superficie.

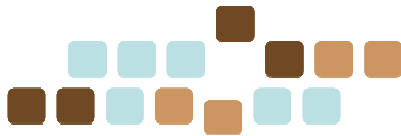
Curva intercalada: Curva de nivel que se añade entre dos curvas de nivel normales cuando la separación entre éstas es muy grande para una representación cartográfica clara. Nota: Se suele representar con una línea más fina o discontinua.

Curva maestra: Curva de nivel en la que las cotas de la misma son múltiples de la equidistancia.

MARCACIÓN DE UNA CURVA DE NIVEL

El relieve de la superficie terrestre se suele representar métricamente sobre un plano a través de las curvas de nivel, unas isolíneas que unen puntos situados a la misma altitud y que se trazan generalmente con un intervalo determinado y equidistante para todo el terreno a cartografiar. Una de cada cuatro o cinco curvas se dibuja con un mayor grosor y se rotula su altitud correspondiente; son las llamadas curvas maestras y, entre ellas, se describen las curvas de nivel intermedias. Actualmente, las curvas se trazan a partir de las fotografías aéreas, consiguiendo una precisión mucho mayor que cuando tenían que delinearse en el campo con la ayuda de una red de cotas. A pesar de que las curvas de nivel no proporcionan una imagen visual del relieve tan clara como la técnica del sombreado, su análisis facilita tal cantidad de información que hace que sea el método más útil de representación del relieve en los mapas topográficos.

Curvas de nivel, líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con



la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno. Las curvas de nivel son uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional. En los modernos mapas topográficos es muy frecuente su utilización, ya que proporcionan información cuantitativa sobre el relieve. Sin embargo, a menudo se combinan con métodos más cualitativos como el colorear zonas o sombrear colinas para facilitar la lectura del mapa. El espaciado de las curvas de nivel depende del intervalo de curvas de nivel seleccionado y de la pendiente del terreno: cuanto más empinada sea la pendiente, más próximas entre sí aparecerán las curvas de nivel en cualquier intervalo de curvas o escala del mapa. De este modo, los mapas con curvas de nivel proporcionan una impresión gráfica de la forma, inclinación y altitud del terreno. Las curvas de nivel pueden construirse interpolando una serie de puntos de altitud conocida o a partir de la medición en el terreno, utilizando la técnica de la nivelación. Sin embargo, los mapas de curvas de nivel más modernos se realizan utilizando la fotogrametría aérea, la ciencia con la que se pueden obtener mediciones a partir de pares estereoscópicos de fotografías aéreas. El término *isolínea* puede utilizarse cuando el principio de las curvas de nivel se aplica a la realización de mapas de otros tipos de datos cuantitativos, distribuidos de forma continua, pero, en estos casos, suele preferirse utilizar términos más especializados con el prefijo *iso-* (que significa igual), como *isobatas* para curvas de nivel submarinas, o *isobaras* para las líneas que unen puntos que tienen la misma presión atmosférica.



4. LAS TÉCNICAS DE DIBUJO TÉCNICO DE PERSPECTIVAS, SECCIONES Y ESTRUCTURA.

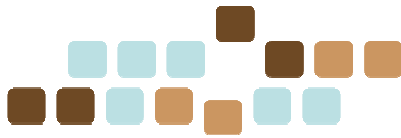
1. Vistas

Cuando elaboramos planos tenemos que representar objetos de la vida real; los objetos de la vida real tienen tres dimensiones mientras que en el papel solo disponemos de dos. Las **vistas** son proyecciones perpendiculares u ortogonales de una pieza sobre planos de proyección. Una vez proyectadas las vistas, desplegamos los planos, el inferior hacia abajo del posterior y los perfiles hacia la izquierda y la derecha del posterior. En este apartado y en los siguientes consideraremos el sistema europeo de representación de vistas. Todas las piezas y objetos tienen seis vistas diferentes: **Alzado** (figura vista de frente). **Planta** (figura vista desde arriba), Lateral o **perfil** derecho, Lateral o perfil izquierdo, Vista posterior (figura vista desde la parte de atrás) y Vista inferior (figura vista desde abajo). Aunque generalmente no es necesario dibujar todas las vistas para definir completamente la pieza.

2. Perspectivas

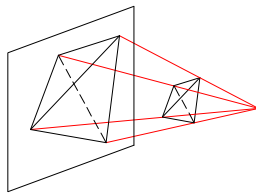
Ya conocemos una de las estrategias, dibujar vistas, de forma que en cada vista solo representamos dos de las tres dimensiones. Otras de las formas de hacerlo es dibujar en perspectiva, empleando líneas oblicuas para una o varias de las dimensiones. La representación de las piezas en el sistema diédrico, por sus vistas de frente, superior, lateral, etc. Es lo más usual en Dibujo Técnico. Pero no todas las personas son capaces de comprender e interpretar un dibujo estudiando las vistas que se emplean corrientemente. Por ello, en ocasiones, interesa mostrar en un solo dibujo la forma general de la pieza, por lo que conviene en este caso acudir a un sistema de representación especial denominados dibujos de perspectivas.

Digamos antes de proseguir, qué es una **perspectiva**. Es el modo de representar

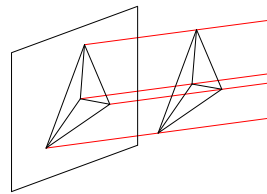


en una superficie plana, los objetos de tres dimensiones. También se dice que es el aspecto que ofrecen los objetos a la vista del observador. Las perspectivas se obtienen por la proyección sobre un solo plano (el del dibujo) del cuerpo, previa la colocación de éste en una posición especial.

Podemos diferenciar dos tipos de proyecciones. Cuando los rayos proyectantes convergen en un punto, estamos ante perspectivas cónicas. Si los rayos proyectantes son paralelos a una dirección, se trata de una proyección paralela.



Proyección cónica

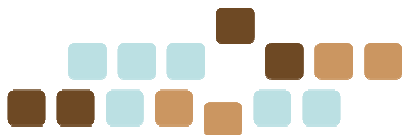


proyección paralela

Según como sea la inclinación de los rayos proyectantes sobre el plano de proyección, tenemos dos grupos de perspectivas. Las axonométricas, que son las que los rayos proyectantes son perpendiculares al plano de proyección y las oblicuas en las que los rayos proyectantes forman un ángulo cualquiera con el plano de proyección.

La más difundida de estas es **la perspectiva caballera**.

En las **perspectivas axonométricas**, las aristas verticales se representan también verticales y con sus medidas reales. Se entiende que por tratarse de representaciones ideales, podemos adoptar infinitas soluciones para la reducción de



las aristas horizontales y de las perpendiculares al papel. Lo mismo con respecto a las inclinaciones respecto a la horizontal.

Por ello se consideran tres tipos de proyecciones axonométricas:

- a) Proyección isométrica, es la que tiene iguales los ángulos formados entre las aristas del cubo.
- b) Proyección dimétrica, es la que tiene dos ángulos iguales y el otro, no.
- c) Proyección trimétrica, es la que tiene iguales los tres ángulos diferentes.

Perspectiva caballera

Es la perspectiva oblicua en la que los rayos proyectantes forman un ángulo de 45° con el plano de proyección.

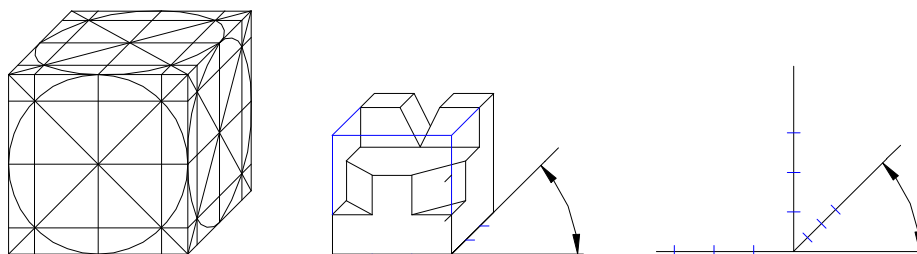


Fig. 3 Perspectiva caballera

En la figura 3 vemos la representación de un cubo, en perspectiva caballera, el que tiene dibujada en sus caras una circunferencia inscrita. Las aristas verticales y horizontales se representan en su verdadera magnitud. Las perpendiculares al plano del dibujo, se trazan con una inclinación de 45° y reducidas a la mitad de su dimensión. Esto es para evitar el efecto de excesiva profundidad, tan desagradable



en este tipo de perspectiva. Esta es una idealización, ya que no es posible ver una de las caras en verdadera magnitud y al mismo tiempo ver las otras dos.

Perspectiva isométrica

Es la perspectiva que se obtiene cuando las dimensiones del cuerpo en las tres dimensiones principales se dibujan utilizando la misma escala. La figura 4, nos muestra un ejemplo de cómo se ve un cubo en esta representación. Para lograr que el efecto deformatorio, producido por la proyección, sea el mismo para las tres direcciones, se requiere una posición especial del cuerpo con relación al plano de proyección.

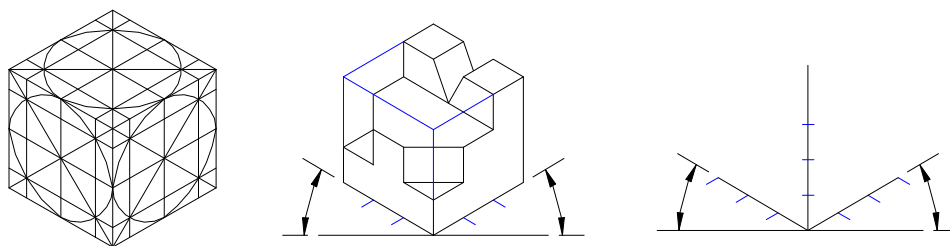
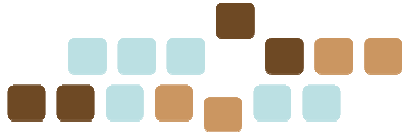


Fig. 4. Perspectiva Isométrica.

Perspectiva dimétrica

Se denomina perspectiva dimétrica, cuando se emplean dos escalas diferentes para el dibujo de las dimensiones en las tres direcciones principales del cuerpo. Lo que se



usa, es dibujar a la misma escala las dimensiones principales y la tercera dirección a escala mitad de la anterior.

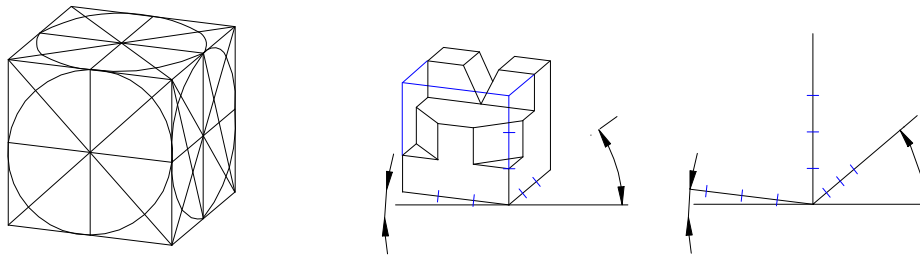


Fig. 5. Perspectiva simétrica



Perspectiva trimétrica

Tiene un procedimiento constructivo semejante al visto en la perspectiva dimétrica.

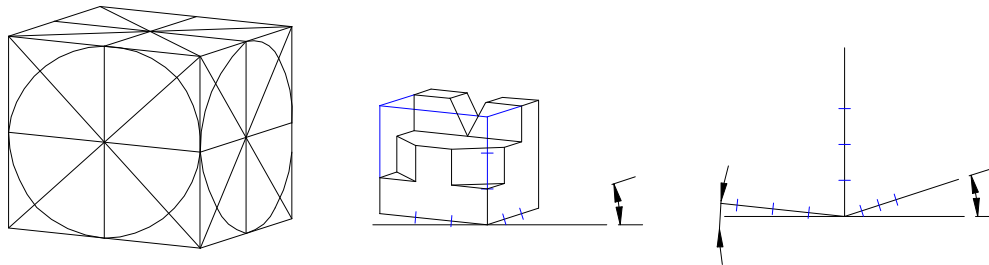
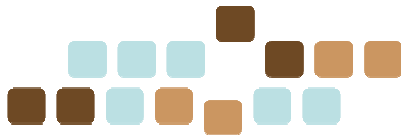


Fig.6. Perspectiva trimétrica

Las proyecciones de las aristas (perpendiculares entre sí en el espacio) formando ángulos de 60° , 90° y 180° . En este tipo de perspectiva, se utiliza una escala diferente para cada uno de los ejes principales. Tomamos para las dimensiones verticales la escala natural, para la dimensión horizontal $9/10$ y para la profundidad (perpendicular al papel) $1/2$ como en proyección dimétrica. Este tipo de perspectiva, nos da una imagen menos deformada del objeto que las antes comentadas. De todos modos, todas ellas son transgresiones a la verdadera imagen de la pieza, pues al alejarse de nuestra vista, unos puntos del objeto más que otros, las aristas ya no pueden ser paralelas.

La proyección que ofrece menos dificultades para su dibujo es la caballera, aunque es la que más deforma al cuerpo. Luego le sigue la isométrica con una menor distorsión, luego la dimétrica con algo menos de deformación y por último la trimétrica.

1. Cortes, Secciones y roturas.



Si disponemos de una pieza con una serie de mecanizados interiores (taladros, vaciados, etc.), nos es imposible penetrar con la mirada en su interior y conocer cuál es su configuración, qué formas presentan, qué posiciones relativas guardan unos con otros, etc. La propia materia del cuerpo nos impide ver lo que alberga en su interior. La utilización de líneas discontinuas de trazos permite representar aristas y contornos que quedan ocultos según un determinado punto de vista.

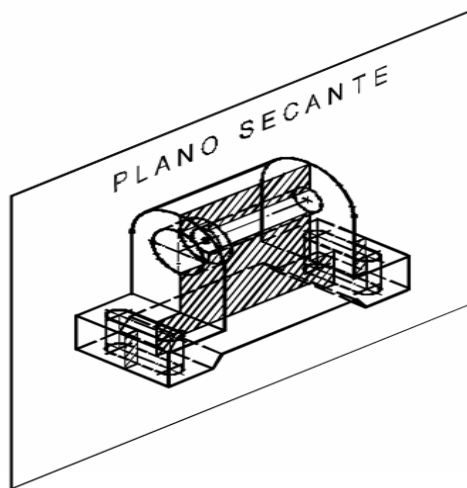
Se podría representar la configuración interior de una pieza aceptando el artificio de utilizar líneas discontinuas de trazos para representar las aristas y contornos ocultos desde el punto de vista que produce la proyección, y de este modo, bastaría con una serie de vistas para que quedara geométricamente definida la pieza. Sin embargo, esto chocaría con la idea que ha de presidir como característica fundamental el dibujo industrial: claridad de expresión y sencillez de ejecución.

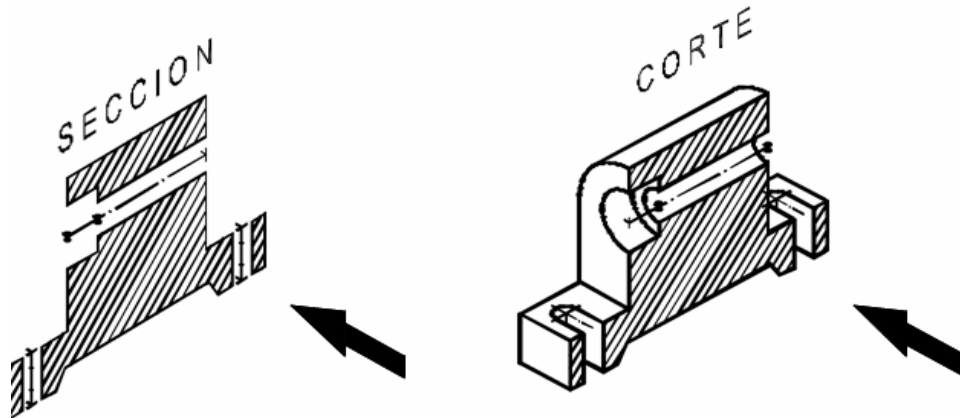
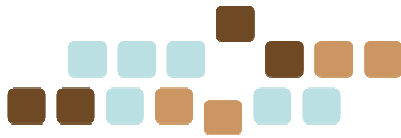
Se plantea, pues, la necesidad de arbitrar un medio que facilite conocer la configuración interior de una pieza y que proporcione una manera de expresarla de forma clara, inequívoca y sencilla. Así surge la adopción de un nuevo convencionalismo, aceptado universalmente, cual es el corte de los cuerpos para que al hacer aflorar al exterior su configuración interior, sean de aplicación los convencionalismos establecidos para representar los cuerpos en general.

Cuando una pieza se corta por un plano secante, la superficie así obtenida se



denomina **sección**; es decir, una sección es la superficie resultante de la intersección entre el plano secante y el material de la pieza. En cambio, cuando se suprime la parte de la pieza situada entre el observador y el plano secante, representando únicamente la sección y la parte posterior de la pieza situada detrás de dicho plano, la representación así obtenida se denomina **corte**, es decir, un corte es una sección a la que se le añaden las superficies posteriores de la pieza situadas detrás del plano secante.



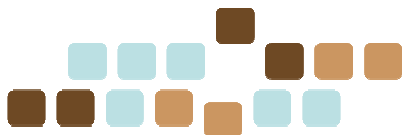


Según lo indicado en la introducción, el objeto de los cortes en la representación gráfica de todo tipo de componentes mecánicos (piezas), es proporcionar el exacto conocimiento de aquellas partes internas de los mismos que resultan ocultas por la propia materia que los constituyen, al efectuar su proyección sobre un plano. La sencillez que supone el trazado de los cortes en el dibujo industrial, junto con la claridad y expresividad de los mismos, han hecho de ellos un elemento auxiliar imprescindible y de extraordinario valor.

Los cortes, secciones y roturas pueden ser de diferentes tipos:

CORTES:

- Totales- Corte por un plano secante, corte por varios planos secantes independientes entre si, corte por varios planos secantes sucesivos paralelos, corte por varios planos secantes sucesivos no paralelos, corte auxiliar.
- Parciales- Medio corte, corte parcial.



SECCIONES:

- Sección transversal sin desplazamiento.
- Sección transversal con desplazamiento

ROTURAS

- Rotura parcial.



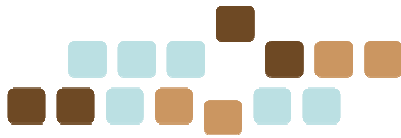
5. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR

El término diseño procede del vocablo italiano 'disegno'. En nuestro contexto se utiliza para caracterizar 'la representación gráfica, de acuerdo con una idea creativa previa, de un objeto artístico o funcional, de un dispositivo mecánico, o de la estructura o funcionamiento de un sistema o proceso'. En este tema veremos el proceso de diseño y como los sistemas informáticos pueden incidir en este proceso. Se planteará la estructura general de una aplicación CAD, destacando el papel del modelo geométrico.

5.1 Proceso de diseño

Tradicionalmente el proceso de diseño sigue los siguientes pasos:

- Definición. Consiste en especificar las propiedades y cualidades relevantes del sistema a diseñar.
- Concepción de un modelo. Es el núcleo del proceso de diseño. El ingeniero concibe un modelo de sistema que satisface las especificaciones. El modelo deberá documentarse.
- Dibujo de detalle. La mayor parte de las cosas que se fabrican tienen algún tipo de representación gráfica natural, que se utiliza como descripción 'formal' del elemento a construir¹. Por ese motivo, antes de pasar al proceso de construcción se deben generar gran cantidad de 'planos' (o descripciones gráficas en general). El conjunto de documentos generados debe ser suficiente para describir el modelo, con el suficiente detalle como para permitir la fabricación de prototipos, con los que validar el diseño. Este paso



puede requerir hasta un 50% del esfuerzo de diseño.

- Construcción de prototipos. Para elementos que se van a someter a un proceso de fabricación en cadena, es normal fabricar previamente prototipos, fuera de la cadena de montaje. Los prototipos se fabrican con el propósito de detectar posibles errores en el modelo o la especificación, y en caso contrario, servir de validación del modelo. Los prototipos no tienen que ser necesariamente un ejemplar completo del elemento a fabricar, pudiendo utilizarse para validar tan solo determinadas propiedades.

A veces se utilizan prototipos con elementos que no se fabrican en serie, como en ingeniería civil o arquitectura. En esta situación cabe destacar las maquetas para estudios de resistencia de materiales, o comportamiento aerodinámico, y las maquetas de arquitectura.

- Realización de ensayos. Tras la realización de ensayos sobre el prototipo se pueden descubrir deficiencias en el modelo o en la propia definición del sistema, lo que obligará a volver atrás en el proceso, revisando el diseño. Debe observarse que el dibujo de detalle está, en principio, dentro de este ciclo de revisión.
- Documentación. Una vez validado el diseño se pasa a documentarlo. La documentación debe contener la información suficiente como para poder abordar la construcción del sistema. La documentación puede estar formada por información muy diversa: descripción del sistema y de sus componentes, esquemas de montaje, lista de componentes, etc.



El proceso de diseño sigue un esquema iterativo, en el que el diseñador trata de encontrar un diseño que satisfaga unos determinados requerimientos, explorando posibilidades, siguiendo un ciclo de propuesta - valoración.

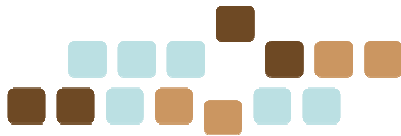
5.2 - Concepto de sistema CAD

En un sentido amplio, podemos entender el Diseño Asistido por ordenador (CAD) como la "aplicación de la informática al proceso de diseño" Puntualizando la definición, entenderemos por Sistema CAD, un sistema informático que automatiza el proceso de diseño de algún tipo de ente, para descartar, como sistemas CAD las aplicaciones que incidan tan solo en algún aspecto concreto del proceso de diseño.

Los medios informáticos se pueden usar en la mayor parte de las tareas del proceso, siendo el dibujo el punto en el que más profusamente se ha utilizado. Una herramienta CAD es un sistema software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de ente.

El éxito en la utilización de sistemas CAD radica en la reducción de tiempo invertido en los ciclos de exploración. Fundamentalmente por el uso de sistemas gráficos interactivos, que permiten realizar las modificaciones en el modelo y observar inmediatamente los cambios producidos en el diseño.

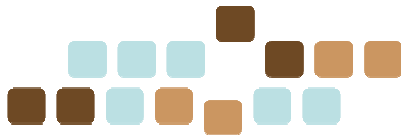
El desarrollo de un sistema CAD se basa en la representación computacional del modelo. Esto permite realizar automáticamente el dibujo de detalle y la documentación del diseño, y posibilita la utilización de métodos numéricos para realizar simulaciones sobre el modelo, como una alternativa a la construcción de prototipos.



El ciclo de diseño utilizando un sistema CAD se ve afectado, tan solo, por la inclusión de una etapa de simulación entre la creación del modelo y la generación de bocetos. Esta simple modificación supone un ahorro importante en la duración del proceso de diseño, ya que permite adelantar el momento en que se detectan algunos errores de diseño.

Tan solo las etapas de definición y ensayo con prototipos quedan fuera del ámbito del sistema CAD. El resto de las tareas se realizan utilizando el sistema CAD. La importancia de la realización de ensayos con prototipos dependerá de la naturaleza del ente a diseñar, y de la posibilidad de sustituirlos por simulaciones numéricas. Cuando no hay un proceso de fabricación en serie la construcción de prototipos no suele realizarse.

Otro aspecto importante de la automatización del diseño es la posibilidad de utilizar la información del modelo como base para un proceso de fabricación asistida por ordenador (CAM).



6. INTRODUCCIÓN AL DIBUJO CARTOGRAFICO

La definición de dibujo cartográfico es la representación plana de la superficie terrestre, tomando en cuenta su curvatura. La cartografía es la ciencia, arte y tecnología de elaborar mapas, junto con sus estudios.

Elementos de un mapa

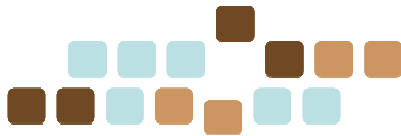
Escala:

La escala es la relación entre el tamaño real del objeto y el tamaño del dibujo. Así una escala de 1/100 significa que un centímetro del dibujo representa un metro de medida real. Las escalas pueden ser reales, de reducción o de ampliación.

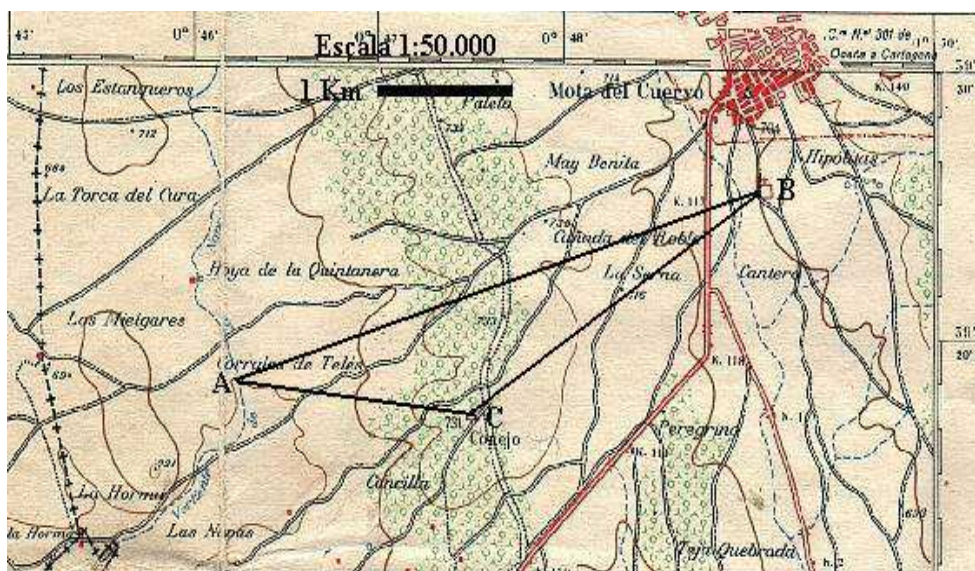
Signos convencionales:

En el mapa se utilizan una serie de pequeños que sirven para expresar e indicar los elementos naturales y culturales del terreno, con la ayuda de estos símbolos, denominados símbolos convencionales, el mapa es simplificado y se tiene la posibilidad de hacer distinción entre los diferentes detalles del mismo. Estos símbolos deben ser sencillos, reconocibles, pequeños y fáciles de dibujar. En cartografía se utilizan tres tipos de símbolos.

- Símbolo de punto, usado para indicar objetos discretos o puntuales.
- Símbolo de línea, para indicar detalles continuos, tales como curvas de nivel, ríos, carreteras, etc.
- Símbolo de área, para indicar bosques, lagos, etc.



Todos los símbolos del mapa deben de ser estandarizados y ser explicados en la información marginal (Nombre o título, código numérico, ubicación relativa, escala del mapa, fecha de publicación o edición, restricciones de uso y copiado del mapa, historia del mapa, convergencia de meridianos y declinación magnética, datos horizontales y verticales, leyendas de símbolos convencionales), para su interpretación y comprensión.

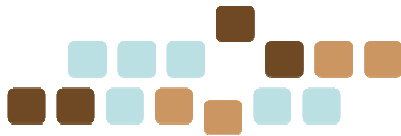




Colores convencionales

Al igual que la simbología, los colores utilizados en un mapa deben obedecer a una convención que permite su mejor uso y no presenten confusiones a la hora de evaluar la información contenida en el mismo. Los colores convencionales utilizados en los mapas son los siguientes:

- Azul, En sus diferentes tonalidades sirve para indicar océanos, mares, lagos, lagunas y ríos.
- Marrón o Sepia, Para indicar las diversas formas de relieve, las curvas de nivel, tanto para las líneas como para los números correspondientes.
- Rojo, para representar la red de vías de la región representada, en sus diferentes categorías.
- Negro, Sirve para representar algunos elementos culturales, como ciudades, pueblos, cuadrícula, escala, etc.
- Verde, en sus diversos tonos se utiliza para representar la vegetación.
- Amarillo, Para representar las zonas arenosas o cualquier otra forma de acumulación.



Toponimia, Textos y letreros.

La Toponimia se refiere a los nombres geográficos de los pueblos, ciudades y otros elementos naturales y culturales del paisaje.

Para interpretar un mapa debe contener nombres y números. La calidad de esta información es vital para un manejo eficiente. El texto y el letrero dependen de varios factores.

- El estilo de letra, se refiere al tipo de letra y su intensidad. Los estilos de letras son muchos, pero la utilización de ellos en la cartografía es
- limitada. En el mapa lo importante no es lo ornamental de la letra, si no la claridad y sencillez.
- Tamaño de la letra, la cual no debe ser menor que 1.44 mm. La variación del tamaño de la letra sirve para indicar la relativa importancia del detalle.
- Ubicación de nombres y números, de manera tal que evite la duda sobre cual detalle se refiere y que permita la máxima facilidad de lectura.
- Espacio entre letras, debe ser igual entre ellas.
- Color de las letras y su fondo, debe existir contraste entre el color de la letra y su fondo. Letras de un mismo tamaño sobre fondos diferentes se pueden presentar al ojo humano como si fueran de diferentes tamaños. Por ejemplo utilizar letreros blancos sobre fondo negro aparentan ser mas pequeños que letreros negros sobre fondo blanco, aunque sean del



mismo tamaño.

- Deletreo de los textos y nombres, debe ser correcto para evitar errores en la toponimia.

El mapa es usualmente elaborado sobre una hoja de papel con unas dimensiones definidas, es hoja de papel generalmente es subdividida en partes, que tienen una finalidad específica, siendo las principales la denominada área del mapa (que es donde se realiza la representación del terreno) y la información marginal (donde se incluye la información que permitirá identificar al mapa para poder interpretarlo).



7. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA(SIG)

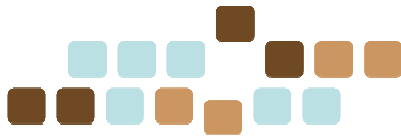
Un Sistema de Información Geográfico(SIG) particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra.

A parte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si es medible y tiene localización.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georeferenciada.

La mayor utilidad de un Sistema de Información Geográfico esta íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis.

La construcción de modelos de simulación se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder establecer los diferentes factores influyentes.



DEFINICIÓN DE UN SIG.

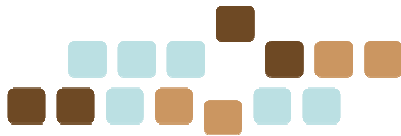
Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es: Un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre.

Un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis de información. La información debe tener una referencia espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre la topología y representación.

En general un SIG debe tener la capacidad de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Dónde está el objeto A?
- ¿Dónde está A con relación a B?
- ¿Cuántas ocurrencias del tipo A hay en una distancia D de B?
- ¿Cuál es el valor que toma la función Z en la posición X?
- ¿Cuál es la dimensión de B (Frecuencia, perímetro, área, volumen)?
- ¿Cuál es el resultado de la intersección de diferentes tipos de información

- ¿Cuál es el camino más corto (menor resistencia o menor costo) sobre el terreno desde un punto (X1, Y1) a lo largo de un corredor P hasta un punto (X2,Y2)?



- ¿Qué hay en el punto (X, Y)?
- ¿Qué objetos están próximos a aquellos objetos que tienen una combinación de características?
- ¿Cuál es el resultado de clasificar los siguientes conjuntos de información espacial?
- Utilizando el modelo definido del mundo real, simule el efecto del proceso P en un tiempo T dado un escenario S.

Dentro de las **funciones básicas** de un sistema de información podemos describir la captura de la información, esta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos aerofotogramétricos, entre otros.

Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede realizar con los datos gráficos y no gráficos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa.

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a



condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios.

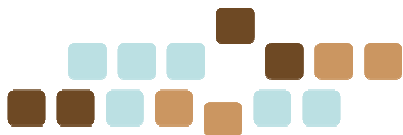
La definición formal del **concepto categoría o cobertura**, queda determinado como una unidad básica de agrupación de varios mapas que comparten algunas características comunes en forma de temas relacionados con los objetos contenidos en los mapas. Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), estos poseen atributos, y éstos últimos pueden ser de tipo gráfico o de tipo alfanumérico.

A un conjunto de mapas relacionados se le denomina entonces categoría, a un conjunto de categorías se les denomina un tema y al conjunto de temas dispuesto sobre un área específica de estudio se agrupa en forma de índices temáticos o geoíndice del proyecto SIG. De tal suerte que la arquitectura jerárquica de un proyecto queda expuesta por el concepto de índice, categoría, objetos y atributos.

DEFINICIÓN DE BASE DE DATOS GEOGRÁFICA.

La esencia de un SIG está constituida por una base de datos geográfica. Esta es, una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración.

La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de



los elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos línea están almacenados en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Los formatos estándar para un archivo de diseño son el formato celular o **RASTER** y el formato tipo **VECTOR**, en el primero de ellos se define una grilla o una malla de rectángulos o cuadrados a los que se les denomina células o retículas, cada retícula posee información alfanumérica asociada que representa las características de la zona o superficie geográfica que cubre, como ejemplos de este formato se pueden citar la salida de un proceso de fotografía satelital, la fotografía aérea es otro buen ejemplo.

De otro lado, el formato vectorial representa la información por medio de pares ordenados de coordenadas, este ordenamiento da lugar a las entidades universales con las que se representan los objetos gráficos, así: un punto se representa mediante un par de coordenadas, una línea con dos pares de coordenadas, un polígono como una serie de líneas y una área como un polígono cerrado. A las diversas entidades universales, se les puede asignar



atributos y almacenar éstos en una base de datos descriptiva o alfanumérica para tales propósitos.

Formato RASTER

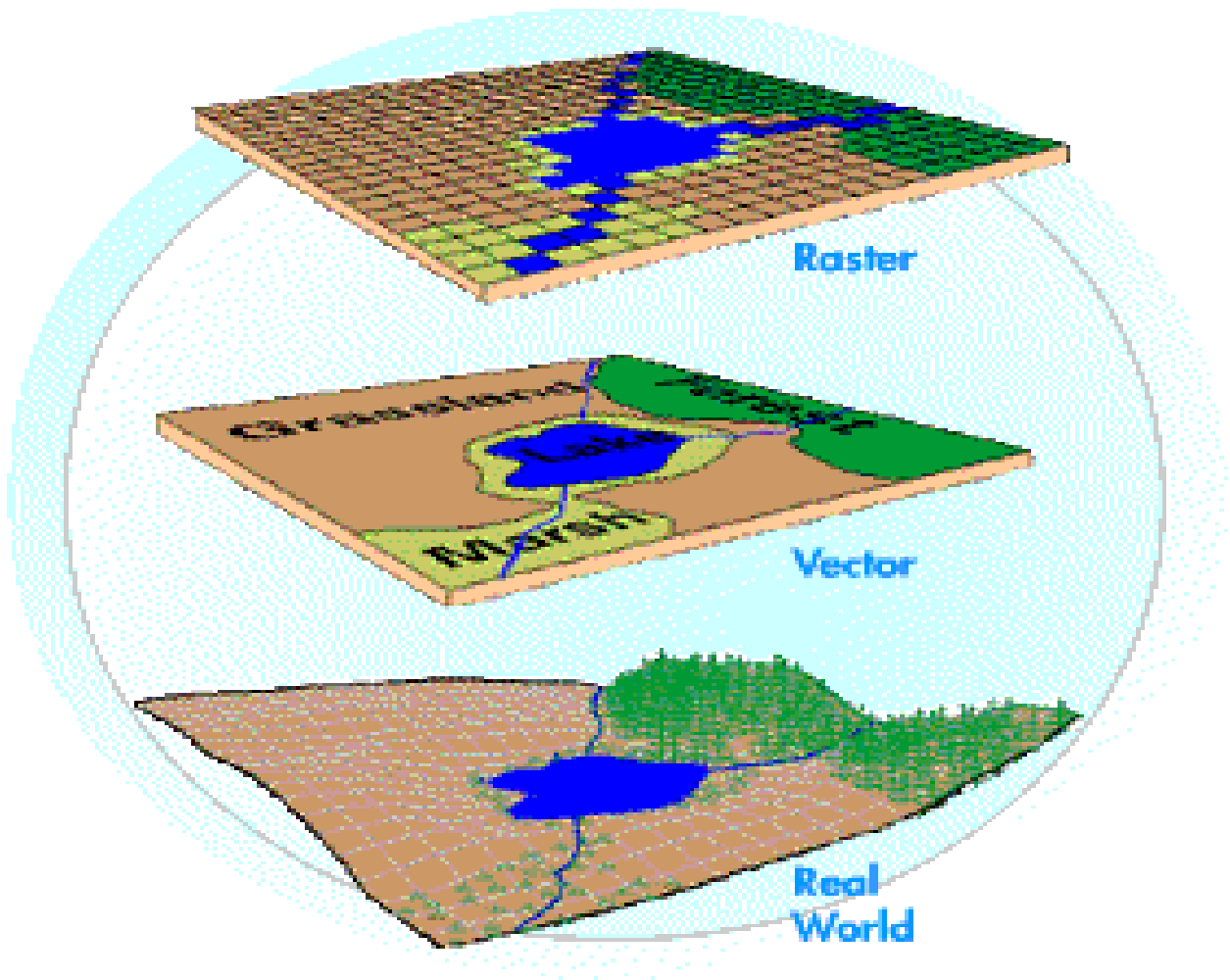
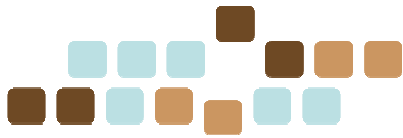
El formato raster se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información.

La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros.

Formato VECTORIAL

La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies.

La captura de la información en el formato vectorial se hace por medio de: mesas digitalizadoras, convertidores de formato raster a formato vectorial, sistemas de geoposicionamiento global (GPS), entrada de datos alfanumérica, entre otros.





8. LA SIMBOLOGIA NORMALIZADA. NORMALIZACIÓN: NORMAS FUNDAMENTALES UNE, UNE-EN-ISO

Una Norma es una forma especificada para llevar a cabo una actividad o desarrollar un proceso.

De acuerdo con la ISO la normalización es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, Político o económico.

Relación de términos y definiciones de la ISO 19111

La siguiente relación sigue un orden alfabético:

- **Altitud;** h , H : Distancia a un punto desde una superficie de referencia elegida a lo largo de una normal a esa superficie.

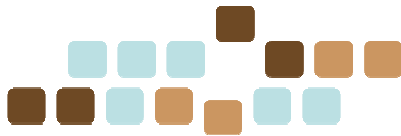
NOTA 1.- Véase altitud elipsóidica y altitud relacionada con la gravedad.

NOTA 2.- La altitud de un punto de fuera de la superficie se trata como positiva, a la altitud negativa también se la llama profundidad.

- **Altitud elipsóidica; altitud geodésica;** h ; Distancia a un punto desde el **elipsoide** medida a lo largo de la normal al **elipsoide** por este punto positiva si es ascendente o el punto está fuera del **elipsoide**.

NOTA.-Solo se usa como parte de un sistema de coordenadas geodésicas tridimensional y nunca en sí misma.

- **Altitud relacionada con la gravedad;** H : **Altitud** que depende del campo de gravedad terrestre.



NOTA.- En particular, altitud ortométrica o altitud normal, que son ambas

aproximaciones de la distancia de un punto al nivel medio del mar.

- **Aplanamiento;** f : Razón de la diferencia entre el **semieje mayor** (a) y el **semieje menor** (b) de un elipsoide al **semieje mayor**: $f = (a-b)/a$.

NOTA.- A veces se proporciona la inversa del aplanamiento $1/f = a/(a-b)$ en lugar del aplanamiento; $1/f$ es también conocida como aplanamiento recíproco.

- **Conversión de coordenadas:** Cambio de **coordenadas** basado en una relación uno a uno, desde un **sistema de coordenadas** a otro basado en el mismo **datum**.

EJEMPLO Entre sistemas de coordenadas geodésicas y cartesianas, o entre coordenadas geodésicas y coordenadas proyectadas, o cambios de unidades tales como de radianes a grados o de pies a metros.

NOTA.- Una conversión de coordenadas usa parámetros que tienen valores constantes.

- **Coordenada:** Cualquiera de los n números de una secuencia que designa la posición de un punto en un sistema n dimensional.

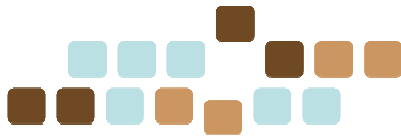
NOTA 1.- En un sistema de referencia de coordenadas, los números deben ser dados con unidades.

NOTA 2.- Una operación con coordenadas se realiza con las coordenadas en un sistema fuente que produce las coordenadas en el sistema objetivo.

- **Datum:** Parámetro o conjunto de parámetros que sirven como referencia o base para el cálculo de otros parámetros.

NOTA.- Un datum define la posición del origen, la escala y la orientación de los ejes del sistema de coordenadas.

- **Datum geodésico:** Datum que describe la relación de un **sistema de**



coordenadas con la Tierra.

NOTA.- En la mayoría de los casos, el datum geodésico incluye una definición de elipsoide.

- **Datum para ingeniería; datum local: Datum** que describe la relación de un **sistema de coordenadas** con una referencia local.

NOTA.- Los datums para ingeniería excluyen tanto los datums geodésicos como los verticales.

EJEMPLO Un sistema para identificar posiciones relativas a pocos kilómetros del punto de referencia, por ejemplo, de una obra civil.

- **Datum vertical: Datum** que describe la relación de las **altitudes** relacionadas con la gravedad con la Tierra.

NOTA.- En la mayoría de los casos los datums verticales estarán referidos a un nivel medio del mar basado en observaciones del nivel de agua en un largo periodo de tiempo.

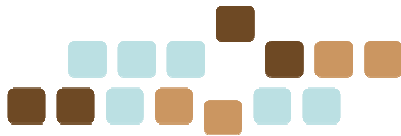
Las altitudes elipsóidicas son tratadas como relativas a un sistema de coordenadas elipsóidico tridimensional referido a un datum geodésico. Los datums verticales incluyen datums de sondeos (usados para fines hidrográficos), en cuyo caso las altitudes pueden ser negativas o profundidades.

- **Elipsoide:** Superficie engendrada por la rotación de una elipse alrededor de un eje principal.

NOTA.- En esta norma internacional, los elipsoides son siempre achatados en el polo, esto significa que el eje de rotación es siempre el eje menor.

- **Este; E:** Distancia en un **sistema de coordenadas**, hacia el este (positivo) o hacia el oeste (negativo) desde una línea norte-sur de referencia.

- **Geoide:** Superficie de nivel que mejor ajusta el nivel medio del mar local o



globalmente.

NOTA.- "Superficie de nivel" significa una superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que es perpendicular en todos sus puntos a la dirección de la gravedad.

- **Latitud geodésica; latitud elipsóidica; j:** Ángulo que forma el plano ecuatorial con la perpendicular al **elipsoide** desde un punto dado, se toma positiva hacia el norte.

- **Longitud geodésica; longitud elipsóidica; l:** Ángulo que forma el plano **meridiano** principal con el plano **meridiano** de un punto dado, se toma positiva hacia el este.

- **Meridiano:** Intersección de un **elipsoide** por un plano que contiene el **semieje menor** del **elipsoide**.

NOTA.- Este término se usa a menudo para el arco que va de un polo al otro polo más que la figura completa cerrada.

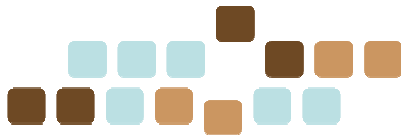
- **Meridiano de Greenwich: Meridiano** que pasa por la posición del Círculo Meridiano de Airy en el Real Observatorio de Greenwich, Reino Unido.

NOTA.- Muchos datums geodésicos usan el meridiano de Greenwich como meridiano principal. Su posición precisa difiere poco entre distintos datums.

- **Meridiano principal; meridiano cero: Meridiano** desde el cual se cuantifican las longitudes de los otros **meridianos**.

- **Nivel medio del mar:** Nivel medio de la superficie del mar sobre todos los periodos de marea y variaciones estacionales.

NOTA.- Nivel del mar en un contexto local normalmente significa el nivel medio del maren la región, calculado a partir de las observaciones en uno o más puntos en un periodo de tiempo dado. El nivel medio del mar en un contexto global difiere del



geoide pero aproximadamente no más de 2 m.

- **Norte; N :** Distancia en un **sistema de coordenadas**, hacia el norte (positivo) o hacia el sur (negativo) desde una línea de referencia este-oeste.

- **Operación de coordenadas:** Cambio de **coordenadas**, basado en una relación uno a uno, desde un **sistema de referencia de coordenadas** a otro.

NOTA.- Supertipo de transformación de coordenadas y conversión de coordenadas.

- **Proyección cartográfica: Conversión de coordenadas** desde un **sistema de coordenadas geodésicas** a uno plano.

- **Referencia espacial:** Descripción de la posición en el mundo real.

NOTA.- Esto puede tomar la forma de una etiqueta, código o conjunto de coordenadas.

- **Semieje mayor; a :** Radio más largo de un **elipsoide de revolución de dos ejes**.

NOTA.- Para un elipsoide que represente a la Tierra, este es el radio del ecuador.

- **Semieje menor; b :** Radio más corto de un **elipsoide de revolución de dos ejes**.

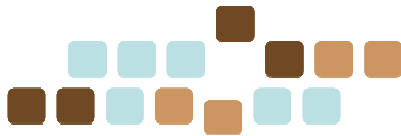
NOTA.- Para un elipsoide que represente a la Tierra, es la distancia desde el centro del elipsoide a cualquiera de los polos.

- **Sistema de coordenadas:** Conjunto de reglas matemáticas que especifican cómo las **coordenadas** tienen que asignarse a los puntos.

- **Sistema de coordenadas cartesianas:** Sistema de coordenadas que da la posición de puntos respecto de n ejes mutuamente perpendiculares.

NOTA n es 1, 2 ó 3 para los fines de esta norma internacional.

- **Sistema de coordenadas de una proyección:** Sistema de coordenadas bi-dimensional resultante de una **proyección cartográfica**.



- **Sistema de coordenadas geodésicas; sistema de coordenadas elipsóidicas:** Sistema de coordenadas en el que la posición es especificada, por la **latitud geodésica**, la **longitud geodésica** y (en los casos tridimensionales) la **altitud elipsóidica**.

- **Sistema de coordenadas polares:** Sistema de coordenadas en el que la posición está definida por la dirección y la distancia desde el origen.

NOTA:- En tres dimensiones también se llama sistema de coordenadas esféricas.

- **Sistema de referencia de coordenadas:** Sistema de coordenadas que está referido al mundo real a través de un **datum**.

NOTA.- Para datums geodésicos y verticales, estarán referidos a la Tierra.

- **Sistema de referencia de coordenadas compuesto:** Sistema de referencia de coordenadas que usa otros dos sistemas de referencia de coordenadas independientes para describir una posición.

EJEMPLO: Un sistema de referencia de coordenadas basado en sistemas de coordenadas bi o tri-dimensionales y otro sistema de referencia de coordenadas basado en un sistema de altitudes relacionado con a la gravedad.

- **Transformación de coordenadas:** Cambio de **coordenadas** desde un **sistema de referencia de coordenadas** a otro **sistema de referencia de coordenadas** basado en un **datum** diferente a través de una relación uno a uno.

NOTA-. Una transformación de coordenadas usa parámetros obtenidos empíricamente a partir de un conjunto de puntos con coordenadas conocidas en ambos sistemas de referencia de coordenadas.



Relación de acrónimos

CRS.- de Coordinate Reference System

CCRS.- de Compound Coordinate Reference System

GRS.- de Geodetic Reference System

GNSS.- de Global Navigation Satellite System

SGBD.- Sistema Gestor de Base de Datos

BD.- Base de Datos

XML, de eXtensible Markup Language

HTML, de HyperText Markup Language

EPSG, de European Petroleum Survey Group

OGC, de Open Geospatial Consortium

CERCO, Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle

UTM, de Universal Transverse Mercator

ED50, de European Datum 1950

ETRS89, de European Terrestrial Reference System 1989

SIG, de Sistema de Información Geográfico

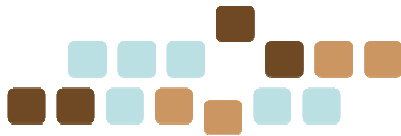
CAD, de Computer Aided Design

WMS, de Web Map Service

CSW, de Catalogue Services for Web

WFS, de Web Feature Service

WCS, de Web Cobertura Service



9. LOS INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.

INTRODUCCIÓN

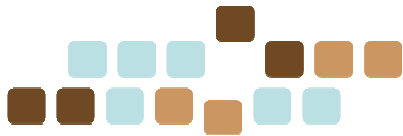
Los instrumentos topográficos tienen múltiples aplicaciones en la topografía, la topografía tiene por objeto medir extensiones de tierras, usando los instrumentos que nos permiten realizar nuestro trabajo con más precisión, entonces tomando los datos necesarios para poder representar sobre un plano, a escala, su forma y accidentes.

El arte de medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medir ángulos entre líneas terrestres.

El procedimiento a seguir en un levantamiento topográfico comprende tres etapas:

- Trabajo de campo: Que consiste en tomar y registrar medidas en el campo.
- Trabajo de gabinete: Que consiste en hacer los cálculos necesarios determinar posiciones, áreas y volúmenes.
- Dibujo: Que consiste en dibujar a escala las medidas y planos.

9.1. Instrumentos topográficos



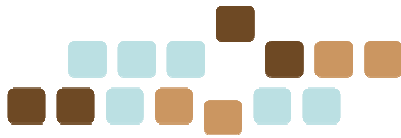
A. CINTA METRICA

Es flexible, sirve para medir distancias, puede ser de lona o metálica, su graduación esta en sistema métrico y al reverso en sistema ingles “pulgada y pies” hechos de fibra sintético que esta cubierto con un estuche de vinilo y en el inicio de la cinta con una argolla metálica; son comúnmente de 20-30-50 metros de longitud.



B. AGUJAS O PIQUETES

Son unas varillas de acero, terminadas en punta, de unos 30cm. De longitud, para ir señalando el extremo de la cinta métrica a medida que esta se va extendiendo sucesivamente sobre el terreno para determinar una distancia.



C. PLOMADA

Es una pesa metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, la cuerda sigue la dirección de la gravedad terrestre y sirve para determinar la vertical que pasa por uno de sus puntos.



D. NIVEL DE MANO

Es un instrumento que se sostiene en la mano y consta de un tubo y nivel de burbuja.





E. NIVEL O ANTEOJO

Compuesto por un anteojo que lleva unido un nivel tubular de alcohol, cuyo conjunto puede girar alrededor de un eje vertical, y que va montado sobre un trípode. Se emplea para determinar diferencias de alturas (desniveles) y esta operación se llama nivelación.



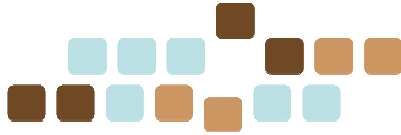
F. MIRA

Es una regla graduada de madera, que en unión con el nivel sirve para hacer nivelaciones. La mira esta generalmente graduada en decímetros. Puede ser de una sola pieza, de dos piezas articulares o de dos o mas enchufadas unas en otras. La longitud más corriente de la mira es de 3 a 4 m.

G. BRUJULA

Es un instrumento magnético provisto de visor, sirve para determinar el rumbo de las alineaciones, pueden agruparse en tres clases:

- **Brújula de bolsillo.**- Usualmente se sostiene con la mano para hacer las



observaciones.

- **Brújula de agrimensor.-** Va montado sobre un trípode y algunos modelos de un bastón de 1.50 m. de altura; actualmente su uso esta muy restringida, solo se usa en levantamientos de poca precisión:
- **Declinatoria.-** Es una brújula análoga a la de agrimensor, pero de mucho menor tamaño, montado en la plataforma de los teodolitos.

Este equipo esta compuesta de una caja de latón y con un circulo graduado de 0° - 360° en las que pueden medir un acimut; un circulo subdividido en cuatro cuadrantes de 90° , cada uno para definir los rumbos.

H. JALON

Es una barra larga. Metálica o de madera pintada en bandas alternadas blancas y rojas. Se emplea como mira para mediciones lineales o angulares.

I. TEODOLITO

Es el instrumento universal y se emplea principalmente para la medición de ángulos horizontales y verticales, para medir distancias con estadía y para prolongar alineaciones. El teodolito lleva un anteojo capaz de girar alrededor de un eje vertical y de otro horizontal. Ordinariamente esta previsto de una brújula magnética y va montado en un trípode.

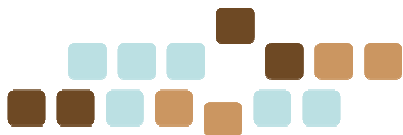


J. PLANCHETA

Consiste en un tablero de dibujo montado sobre un trípode y con alidada o anteojo que puede moverse alrededor del tablero. La plancheta se usa para medir directamente planos topográficos.

K. CLICIMETRO

También denominado clinómetro posee un círculo vertical de doble graduación, una en grados sexagesimales de 0° - 90° y otro en porcentaje de 0%-45%. Es utilizado para conocer el Angulo de inclinación o el porcentaje de pendiente.



9.2. Instrumentos de batimetría.

Originalmente, **batimetría** se refería a la medida de la profundidad oceánica. Las primeras técnicas usaban segmentos de longitud conocida de cable o cuerda pesada, descolgadas por el lateral de un barco. La mayor limitación de esta técnica es que mide la profundidad en un solo punto cada vez, por lo que es muy ineficiente. También es muy imprecisa, ya que está sujeta a los movimientos del barco, las mareas, y las corrientes que puedan afectar al cable.

Actualmente las mediciones son realizadas por GPS diferencial para una posición exacta, y con **sondadores** hidrográficos mono o multihaz para determinar la profundidad exacta, todo ello se va procesando en un ordenador de abordo para confeccionar la carta batimétrica.

Una Carta batimétrica es un mapa que representa la forma del fondo de un cuerpo de agua, normalmente por medio de líneas de profundidad, llamadas isobatas, que son las líneas que unen una misma profundidad, las líneas isibáticas son los veriles que nos indican la profundidad en las cartas de navegación.

Tipos de Sonar

Existen dos tipos de Sonar: el activo y el pasivo.

Se llama **Sonar Activo** al equipo que emplea para detectar objetos bajo el agua el eco que devuelve dicho objeto al incidir sobre él las ondas acústicas emitidas por un transmisor. El Sonar Activo es por tanto similar al radar. Empleando el Sonar Activo se emite un tren de ondas acústicas con una determinada potencia al agua. Un objeto sumergido sobre el que incidan estas ondas, reflejará parte de ellas que



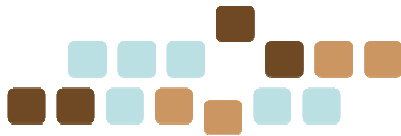
volverán hacia el foco emisor. La energía recibida proveniente del objeto es solo una muy pequeña parte de la que se emitió y el camino que recorren las ondas es el doble de la distancia entre el emisor y el objeto.

El **Sonar Pasivo** se limita a escuchar el sonido que proviene de los objetos que se encuentran sumergidos. Estos dispositivos reciben directamente el ruido producido por el objeto y el camino que recorre la onda es la distancia existente entre el objeto y el receptor del ruido.

El alcance está limitado por un gran número de factores de factores siendo los más importantes la frecuencia de la onda y la efectividad del medio en el que se propaga la energía. Cuanto más baja es la frecuencia, mayor es el alcance que se obtiene.

Con ambos tipos es posible determinar la dirección en la que se encuentra el objeto, pero el sonar activo posibilita obtener la distancia midiendo el tiempo que transcurre entre el momento en que se emite la radiación y el instante en que se recibe el eco si se conoce la velocidad a la que el sonido se propaga en el agua. El sonar pasivo no contempla esa posibilidad, aunque en la actualidad existen medios para obtener la distancia a un objeto midiendo la diferencia de fase en la que las ondas llegan a varios receptores separados entre sí, pero son más complejos y menos fiables.

En general el sonar activo y el pasivo se complementan para efectuar la detección y el análisis de objetos sumergidos y tanto los submarinos como los buques de superficie con capacidad antisubmarina emplean ambos tipos de forma conjunta.



Usos del Sonar

El uso principal de los dispositivos **SONAR** es de carácter militar y naval por excelencia. Las modernas unidades de las Marinas Militares con capacidad antisubmarina de todos los países desarrollados disponen de equipos tanto activos como pasivos para realizar la detección, clasificación, seguimiento y ataque de submarinos. Estos a su vez disponen de equipos para la detección de buques de superficie y de contramedidas para evitar o retardar su detección por dichas unidades. Los dragaminas mecánicos se reemplazan por modernos cazaminas dotados de equipos SONAR de gran precisión y resolución capaces de localizar objetos sumergidos y visualizar su forma o estructura para determinar si se trata de una mina.

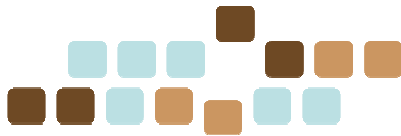
El incesante avance de la electrónica y de la informática aplicada a la acústica submarina ha hecho extender las capacidades de los equipos al análisis del ruido radiado por los barcos, obteniendo así la denominada "firma acústica" que permite identificar cada unidad de forma unívoca al igual que una huella dactilar identifica a una persona; pero a diferencia de las huellas dactilares que son invariables, las firmas acústicas cambian con el tiempo. Esto es debido a que dichas "firmas" proceden en su mayor parte del ruido radiado por la maquinaria a bordo de los buques y dicho ruido varía a su vez con las modificaciones, reparaciones y fatiga de las piezas que la componen. Esto obliga a mantener una información actualizada de inteligencia de unidades navales.

Gran parte de la tecnología se ha transferido a usos civiles. Es bastante común el uso de sonadores en barcos de todo tipo, medidores de espesor de capas de hielo y otros dispositivos de ayuda a la navegación que usan el sonido o ultrasonido.



Otra aportación significativa son los detectores de pesca que permiten la localización de bancos de peces. Los buscadores de tesoros poseen poderosos equipos para la localización de barcos hundidos.

Sensores de ultrasonidos se aplican para sistemas de alarma y para realizar mediciones precisas y máquinas de ecografía se emplean a diario para ayuda al diagnóstico en medicina.



10. LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR COORDENADAS (UTM, WGS84)

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

Proyección de Mercator, proyección geográfica tipo cilíndrica, inventada por Gerardus Mercator en 1569. Es famosa en todo el mundo y es muy utilizada en la navegación por la facilidad de trazar rutas de rumbo constante loxodrómicas (línea que une dos puntos cualesquiera de la superficie terrestre cortando a todos los meridianos con el mismo ángulo)

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

Esta proyección presenta una buena exactitud en su zona central, pero las zonas superior e inferior correspondientes a norte y sur presentan grandes deformaciones.

Los meridianos se proyectan sobre el plano con una separación proporcional a la del



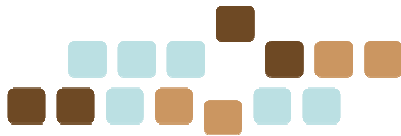
modelo, así hay equidistancia entre ellos. Sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Es por ello que solo se representa la región entre los paralelos 80°N y 84°S . Además es una proyección compuesta; la esfera se representa en trozos, no entera. Para ello se divide la Tierra en husos de 6° de longitud cada uno.

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

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

Husos UTM

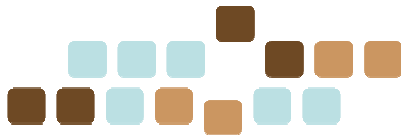
Se divide la Tierra en 60 husos de 6° de longitud, la zona de proyección de la UTM se define entre los paralelos 80°S y 84°N . Cada Huso se numera con un número entre el **1** y el **60**, estando el primer huso limitado entre las longitudes **180°** y **174°W** y centrado en el meridiano **177°W** . 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 Península Ibérica está situada en los Husos 31 al 29, y Canarias está situada en el huso 28. En el sistema de coordenadas geográfico, las longitudes se representan



tradicionalmente con valores que van desde los -180° hasta casi 180° (intervalo $[-180^\circ, 180)$); 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° .

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 (o -80° latitud) hasta 72° S (o -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".



Posicionamiento por coordenadas WGS84

Es el sistema de referencia terrestre adoptado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para el posicionamiento GPS. WGS84 es un sistema de coordenadas geocéntrico global basado originariamente en observaciones Doppler del sistema de satélites TRANSIT.

Estas efemérides fueron usadas para dar posición mediante el efecto Doppler, a las coordenadas de las 10 estaciones de monitoreo GPS. Los datos GPS tomados desde estas estaciones se emplearon hasta no hace mucho para generar las órbitas GPS transmitidas, fijando las coordenadas derivadas de Doppler sin considerar el movimiento de placas tectónicas.

El elipsoide de referencia de WGS '84 es esencialmente el del Sistema Geodésico de referencia 1980 (GRS 80), de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, con cambios menores, sólo en su aplastamiento. Los parámetros del elipsoide WGS '84 son:

Los parámetros que definen el elipsoide de referencia en el sistema WGS 84 son:

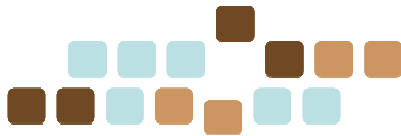
$a = 6378137$ metros

$a = 0.00335281066474$ (aplanamiento)

$b = 356752.3$ metros

$v = 7292115 \cdot 10^{-11}$ radianes/segundo (velocidad de rotación)

Este sistema de coordenadas fue establecido determinando un conjunto de coordenadas para una red mundial de estaciones del U.S. Navy Navigation Satellite System. Conjuntamente, la ocupación de los mismos sitios por estaciones Doppler



con estaciones VLBI o SLR reveló que el sistema de coordenadas Doppler tenía un error del orden de 1 metro. Se descubrió también que el origen del sistema de coordenadas estaba alrededor de 4,5 metros sobre el centro de masa. Así las coordenadas de las estaciones Doppler deben ser modificadas en origen, escala y orientación.

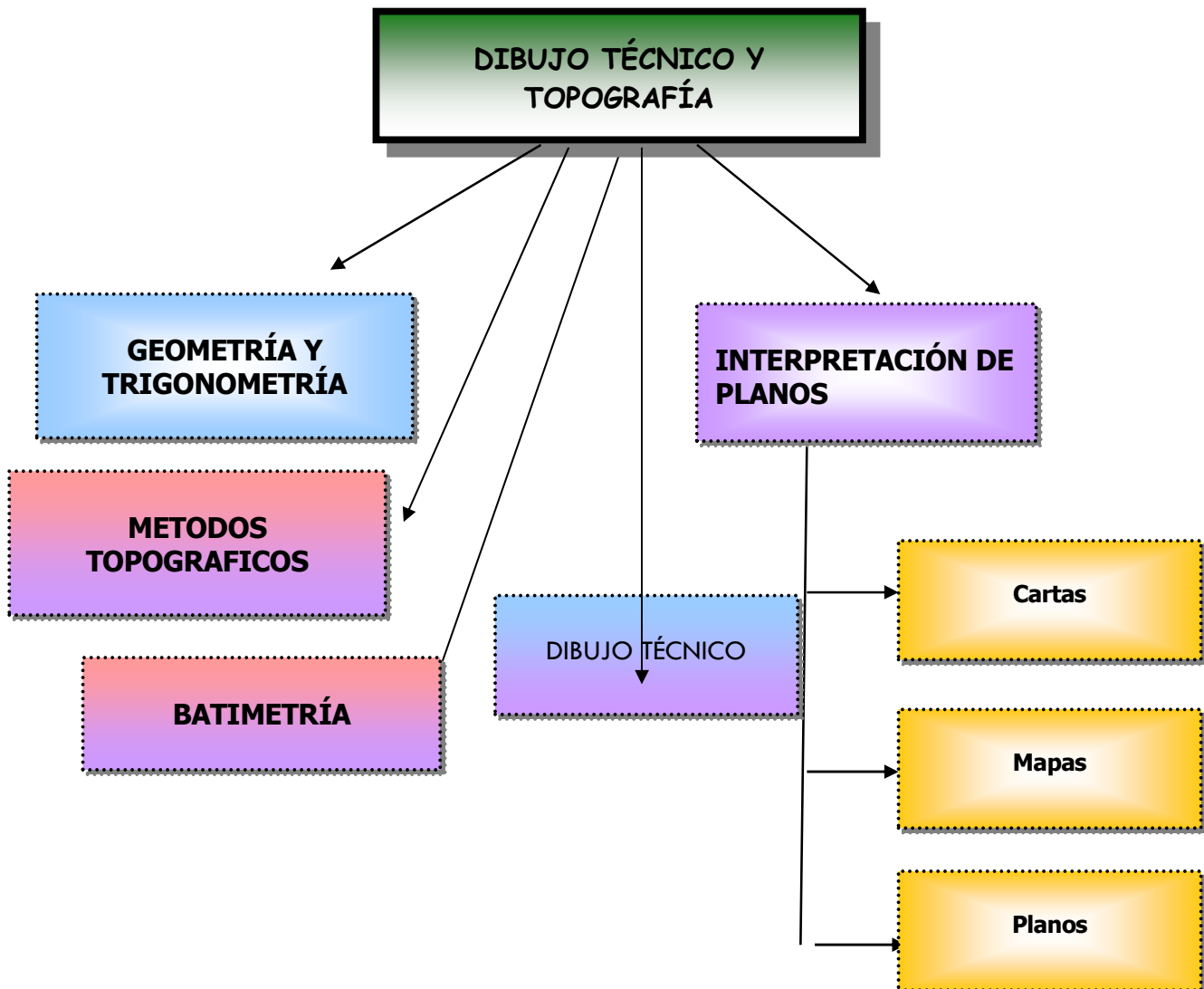
En el intento de aproximar WGS84 con el mas preciso ITRF, el departamento de defensa recalculó las coordenadas de estas estaciones y un subgrupo de estaciones de rastreo IGS, cuyas coordenadas ITRF91 se mantuvieron fijas en el proceso. Este mejoramiento del marco 228 WGS84 se ha denominado WGS84(G730). La "G" deriva de GPS y "730" es el número de semana GPS, cuando la DMA implementó esa modificación en el procesamiento de las órbitas (el primer día de esa semana corresponde al 2 de enero de 1994). Además el valor original WGS84 GM fue reemplazado por el valor de los standard del IERS 1992 de $3986004,418 \times 10^8$ m³/s³, para remover un desplazamiento en el ajuste de órbitas del departamento de defensa.

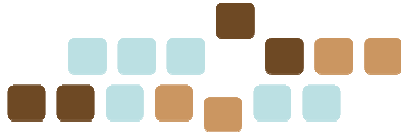
El AFSC (Air Force Space Command) implementó las coordenadas WGS84 (G730) el 29 de junio de 1994, con planes de implementar el nuevo valor de GM.

Por último, en 1996 se agregaron dos estaciones de control al sistema y se recalcularon las coordenadas. Se refirió el ajuste a coordenadas ITRS de varias estaciones teniendo en cuenta los movimientos de las mismas por la deriva continental. Los cambios fueron adoptados en enero de 1997 con el nombre de WGS84(G873). La consistencia entre WGS84(G873) e ITRF es del orden de 5 cm.



11. MAPA CONCEPTUAL





12. BIBLIOGRAFÍA

- Jesús Félez Mindán; José María Mascaraque Sanz; María Luisa Martínez "Dibujo Técnico". Ed. Síntesis
- Ferrer Torio, Rafael Piña Paton, Benjamín "Introducción a la topografía".
- Basilio Ramos Barbero y Esteban García Maté. "Dibujo Técnico (2ª edición)". Ediciones AENOR
- Smith. "Álgebra, trigonometría y geometría analítica".
- Carlos Tomás Romeo. "Técnicas de topografía y topografía informática".



Puertos del Estado

