

NOTAS CURSO CARTOGRAFIA
ELABORO: MC. JOSÉ ALFREDO OCHOA GRANILLO Y
DR. JAUN JOSÉ PALAFOX REYES

Topografía esta disciplina se a definido tradicionalmente como la ciencia, el arte y la tecnología de encontrar o determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Sin embargo, en un sentido más general, la topografía se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir, procesar y difundir la información acerca de la tierra y nuestro medio ambiente.

La topografía ha tenido gran importancia desde el principio de la civilización. Sus primeras aplicaciones fueron medir y marcar límites de derechos de propiedad.

A través de los años su importancia ha ido en aumento al haber una mayor demanda de diversos mapas y planos, y la necesidad de establecer líneas y niveles mas precisos como una guía para las operaciones de construcción.

La historia de la topografía.- Los registros históricos más antiguos sobre topografía que existen en nuestros días, afirman que esta ciencia se origino en Egipto. Heródoto manifestó que Sesostri (al redor del año 1400 ac) divido Egipto en lotes para el pago de impuestos. Las inundaciones anuales del río Nilo arrastraron partes de estos lotes y se designaron topógrafos para redefinir los linderos. A estos topógrafos antiguos se les llamaba estira cuerdas, debido a que sus medidas se hacían con cuerdas que tenían marcas unitarias a determinada distancias.

Como consecuencia de este trabajo, los primeros pensadores griegos idearon la ciencia de la geometría. Sin embargo, su progreso fue más bien en la dirección de la ciencia pura. Heron sobre salió por haber aplicado la ciencia a la topografía acreedor del año 120 a.C. Fue el autor de varios tratados importantes que interesaron a los topografos, uno de los cuales fue la Dioptra, en el cual relaciono los métodos de medición de un terreno, el dibujo de un plano y los cálculos respectivos. También describió uno de los primeros aparatos tipógrafos: la Dioptra. Durante muchos años, el trabajo de Herón fue el de mayor prestigio entre los tipógrafos griegos y egipcios.

Los romanos, gracias a su mente practica, utilizaron ampliamente el arte de la topografía; uno de sus escritos mas conocidos sobre el tema fue el de Frontinus, y aunque el manuscrito Original se perdió, se han conservado partes copiadas de su trabajo. Este noble ingeniero y topógrafo romano, que vivo en el primer siglo de la era cristiana, fue un pionero en la materia y su tratado permaneció como norma durante muchos años.

Durante la Edad Media la ciencia de los griegos y los romanos se mantuvo viva gracias a los árabes. El arte de la topografía tuvo pocos adelantos y los únicos escritos relativos a ésta fueron llamados "geometría practica". Las primeras civilizaciones creían que la tierra era una superficie plana, pero cuando notaron la sombra circular de la tierra sobre la luna durante los eclipses, y cuando

observaron que los barcos desaparecían gradualmente al navegar hacia el horizonte, dedujeron poco a poco el planeta en realidad era curvo en todas direcciones.

Donde y cuando se utiliza?

La topografía es una de las artesas antiguas e importantes porque, se observado, desde los tiempos más remotos ha sido necesario marcar límites y dividir terrenos. En la era moderna, la topografía se ha vuelto indispensable. Los resultados de los levantamientos topográficos de nuestros días se emplean para 1.- elaborar mapas de la superficie terrestre, 2.- trazar cartas de navegación área, terrestre y marítima; 3.- deslindar propiedades privadas y publicas; 4.- crear bancos de datos con información sobre recursos naturales y utilización de la tierra, para ayudar a la mejor administración y aprovechamiento de nuestro ambiente físico, 5.- evaluar datos sobre tamaño, la forma, gravedad campo magnético de la tierra; y 6.- preparar mapas de la luna y de los planetas.

La topografía desempeña un papel importante en muchas ramas de la ingeniería. Por ejemplo, los levantamientos topográficos son indispensables para planear, construir y mantener carreras, vías ferroviarias, sistemas viales de transito rápido, edificios, puentes, bases de lanzamiento de cohetes y estaciones astronáuticas, estaciones de rastreo, túneles, canales, zangas de irrigación, presas, obras de drenaje, fraccionamiento de terreros urbanos sistemas de aprovisionamiento de agua potable y iluminación de aguas negras, tuberías y tiros de mina.

Los métodos topográficos se emplean comúnmente en la instalación de líneas de ensamble industrial y otros dispositivos de fabricación, para el armado y montaje de equipo y maquinaria de gran tamaño, para determinar el control de la aerofotografía, y en muchas actividades relacionadas con la agronomía, la arqueología, la astronomía, la selvicultura, la geografía, la geología, la geofísica, la arquitectura del paisaje, la meteorología, la paleontología y la sismología, pero sobretodo en obras de ingeniería civil y militar.

El alineamiento óptico es una aplicación de la topografía en trabajos de ingeniería mecánica y de talleres (instalación de maquinaria, fabricación de aeroplanos, barcos, etc.).

Sistemas de coordenadas

La mayoría de los levantamientos de áreas pequeñas se basan en el supuesto que la superficie de la tierra es plana. En los levantamientos de grandes áreas es necesario considerar la cobertura de la tierra. Esto se hace calculando las posiciones horizontales de estaciones muy separadas entre si, en términos de latitudes y longitudes geodésicas. Distancia y acimut, a partir de las mediciones hechas en los levantamientos.

El sistema de coordenadas planas ortogonales proporciona una base común de referencia (plano datum) para el control horizontal de los levantamientos en una extensa zona.

Como funciona el sistema GPS, en cinco pasos lógicos

1. **Triangulación**. La base del GPS es la "triangulación" desde los satélites
2. **Distancias**. Para "triangular", el receptor de GPS mide distancias utilizando el tiempo de viaje de señales de radio.
3. **Tiempo**. Para medir el tiempo de viaje de estas señales, el GPS necesita un control muy estricto del tiempo y lo logra con ciertos trucos.
4. **Posición**. Además de la distancia, el GPS necesita conocer exactamente donde se encuentran los satélites en el espacio. Orbitas de mucha altura y cuidadoso monitoreo, le permiten hacerlo.
5. **Corrección**. Finalmente el GPS debe corregir cualquier demora en el tiempo de viaje de la señal que esta pueda sufrir mientras atraviesa la atmósfera.

Veamos cada uno de estos puntos en detalle.

La Triangulación desde los satélites

Aunque pueda parecer improbable, la idea general detrás del GPS es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicaciones aquí en la tierra.

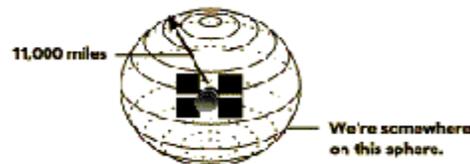
Esto se logra mediante una muy, pero muy exacta, medición de nuestra distancia hacia al menos tres satélites, lo que nos permite "triangular" nuestra posición en cualquier parte de la tierra.

Olvidémonos por un instante sobre cómo mide nuestro GPS dicha distancia. Lo veremos luego. Consideremos primero como la medición de esas distancias nos permite ubicarnos en cualquier punto de la tierra.

La gran idea, Geométricamente, es:

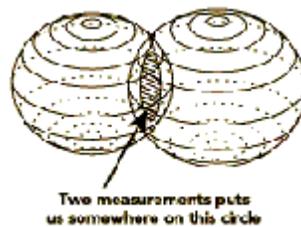
Supongamos que medimos nuestra distancia al primer satélite y resulta ser de 11.000 millas (20.000 Km)

Sabiendo que estamos a 11.000 millas de un satélite determinado, no podemos por lo tanto estar en cualquier punto del universo sino que esto limita nuestra posición a la superficie de una esfera que tiene como centro dicho satélite y cuyo radio es de 11.000 millas.

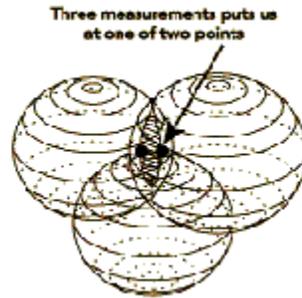


A continuación medimos nuestra distancia a un segundo satélite y descubrimos que estamos a 12.000 millas del mismo.

Esto nos dice que no estamos solamente en la primera esfera, correspondiente al primer satélite, sino también sobre otra esfera que se encuentra a 12.000 millas del segundo satélite. En otras palabras, estamos en algún lugar de la circunferencia que resulta de la intersección de las dos esferas.



Si ahora medimos nuestra distancia a un tercer satélite y descubrimos que estamos a 13.000 millas del mismo, esto limita nuestra posición aún más, a los dos puntos en los cuales la esfera de 13.000 millas corta la circunferencia que resulta de la intersección de las dos primeras esferas.



O sea, que midiendo nuestra distancia a tres satélites limitamos nuestro posicionamiento a solo dos puntos posibles.

Para decidir cual de ellos es nuestra posición verdadera, podríamos efectuar una nueva medición a un cuarto satélite. Pero normalmente uno de los dos puntos posibles resulta ser muy improbable por su ubicación demasiado lejana de la superficie terrestre y puede ser descartado sin necesidad de mediciones posteriores.

Una cuarta medición, de todos modos es muy conveniente por otra razón que veremos mas adelante.

Veamos ahora como el sistema mide las distancias a los satélites.

Triangulación

1. Nuestra posición se calcula en base a la medición de las distancias a los satélites
2. Matemáticamente se necesitan cuatro mediciones de distancia a los satélites para determinar la posición exacta
3. En la práctica se resuelve nuestra posición con solo tres mediciones si podemos descartar respuestas ridículas o utilizamos ciertos trucos.
4. Se requiere de todos modos una cuarta medición por razones técnicas que luego veremos.

Midiendo las distancias a los satélites

Sabemos ahora que nuestra posición se calcula a partir de la medición de la distancia hasta por lo menos tres satélites. Pero, ¿cómo podemos medir la distancia hacia algo que está flotando en algún lugar en el espacio?. Lo hacemos midiendo el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar hasta nuestro receptor de GPS.

La gran idea, Matemáticamente, es:

Toda la idea bulle alrededor de aquellos problemas sobre la velocidad que resolvíamos en la secundaria, Recordemos que "Si un auto viaja a 60 kilómetros por hora durante dos horas, ¿qué distancia recorrió?

Velocidad (60 km/h) x Tiempo (2 horas) = Distancia (120 km)

En el caso del GPS estamos midiendo una señal de radio, que sabemos que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000 km por segundo.

Nos queda el problema de medir el tiempo de viaje de la señal (Que, obviamente, viene muy rápido)

Sincronicemos nuestros relojes

El problema de la medición de ese tiempo es complicado. Los tiempos son extremadamente cortos. Si el satélite estuviera justo sobre nuestras cabezas, a unos 20.000 km de altura, el tiempo total de viaje de la señal hacia nosotros sería de algo mas de 0.06 segundos. Estamos necesitando relojes muy precisos. Ya veremos como lo resolvemos.

Pero, aún admitiendo que tenemos relojes con la suficiente precisión, ¿cómo medimos el tiempo de viaje de la señal?

Supongamos que nuestro GPS, por un lado, y el satélite, por otro, generan una señal auditiva en el mismo instante exacto. Supongamos también que nosotros, parados al lado de nuestro receptor de GPS, podamos oír ambas señales (Obviamente es imposible "oír" esas señales porque el sonido no se propaga en el vacío).

Oiríamos dos versiones de la señal. Una de ellas inmediatamente, la generada por nuestro receptor GPS y la otra con cierto atraso, la proveniente del satélite, porque tuvo que recorrer alrededor de 20.000 km para llegar hasta nosotros. Podemos decir que ambas señales no están sincronizadas.

Si quisiéramos saber cual es la magnitud de la demora de la señal proveniente del satélite podemos retardar la emisión de la señal de nuestro GPS hasta lograr la perfecta sincronización con la señal que viene del satélite.

El tiempo de retardo necesario para sincronizar ambas señales es igual al tiempo de viaje de la señal proveniente del satélite. Supongamos que sea de 0.06 segundos. Conociendo este tiempo, lo multiplicamos por la velocidad de la luz y ya obtenemos la distancia hasta el satélite.

Tiempo de retardo (0.06 seg) x Vel. de la luz (300.000 km/seg) = Dist. (18.000 km)

Así es, básicamente, como funciona el GPS.

La señal emitida por nuestro GPS y por el satélite es algo llamado "Código Pseudo Aleatorio" (Pseudo Random Code). La palabra "Aleatorio" significa algo generado por el azar.

¿Un Código Aleatorio?

Este Código Pseudo Aleatorio es una parte fundamental del GPS. Físicamente solo se trata de una secuencia o código digital muy complicado. O sea una señal que contiene una sucesión muy complicada de pulsos "on" y "off", como se pueden ver:



La señal es tan complicada que casi parece un ruido eléctrico generado por el azar. De allí su denominación de "Seudo-Aleatorio".

Hay varias y muy buenas razones para tal complejidad. La complejidad del código ayuda a asegurarnos que el receptor de GPS no se sintonice accidentalmente con alguna otra señal. Siendo el modelo tan complejo es altamente improbable que una señal cualquiera pueda tener exactamente la misma secuencia.

Dado que cada uno de los satélites tiene su propio y único Código Seudo Aleatorio, esta complejidad también garantiza que el receptor no se confunda accidentalmente de satélite. De esa manera, también es posible que todos los satélites transmitan en la misma frecuencia sin interferirse mutuamente. Esto también complica a cualquiera que intente interferir el sistema desde el exterior al mismo. El Código Seudo Aleatorio le da la posibilidad al Departamento de Defensa de EEUU de controlar el acceso al sistema GPS.

Pero hay otra razón para la complejidad del Código Seudo Aleatorio, una razón que es crucial para conseguir un sistema GPS económico.

El código permite el uso de la "teoría de la información" para amplificar las señales de GPS. Por esa razón las débiles señales emitidas por los satélites pueden ser captadas por los receptores de GPS sin el uso de grandes antenas.

Cuando comenzamos a explicar el mecanismo de emisión de las señales por el GPS y el satélite, asumimos que ambos comenzaban la emisión de la señal exactamente al mismo tiempo.

Midiendo la distancia

1. La distancia al satélite se determina midiendo el tiempo que tarda una señal de radio, emitida por el mismo, en alcanzar nuestro receptor de GPS.
2. Para efectuar dicha medición asumimos que ambos, nuestro receptor GPS y el satélite, están generando el mismo Código Seudo Aleatorio en exactamente el mismo momento.
3. Comparando cuanto retardo existe entre la llegada del Código Seudo Aleatorio proveniente del satélite y la generación del código de nuestro receptor de GPS, podemos determinar cuanto tiempo le llevó a dicha señal llegar hasta nosotros.
4. Multiplicamos dicho tiempo de viaje por la velocidad de la luz y obtenemos la distancia al satélite.

Control perfecto del tiempo

Si la medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el GPS, los relojes que empleamos deben ser exactísimos, dado que si miden con un desvío de un milésimo de segundo, a la velocidad de la luz, ello se traduce en un error de 300 km!

Por el lado de los satélites, el timing es casi perfecto porque llevan a bordo relojes atómicos de increíble precisión.

¿Pero que pasa con nuestros receptores GPS, aquí en la tierra?

Recordemos que ambos, el satélite y el receptor GPS, deben ser capaces de sincronizar sus Códigos Seudo Aleatorios para que el sistema funcione.

Si nuestros receptores GPS tuvieran que alojar relojes atómico la tecnología resultaría demasiado costosa y nadie podría acceder a ellos.

Por suerte los diseñadores del sistema GPS encontraron una brillante solución que nos permite resolver el problema con relojes mucho menos precisos en nuestros GPS. Esta solución es uno de los elementos clave del sistema GPS y, como beneficio adicional, significa que cada receptor de GPS es en esencia un reloj atómico por su precisión.

El secreto para obtener un timing tan perfecto es efectuar una medición satelital **adicional**.

Resulta que si **tres mediciones perfectas** pueden posicionar un punto en un espacio tridimensional, **cuatro mediciones imperfectas** pueden lograr lo mismo.

Esta idea es fundamental para el funcionamiento del sistema GPS, pero su explicación detallada excede los alcances de la presente exposición. De todos modos, aquí va un resumen somero:

Una medición adicional remedia el desfasaje del timing.

Si todo fuera perfecto (es decir que los relojes de nuestros receptores GPS lo fueran), entonces todos los rangos (distancias) a los satélites se interceptarían en un único punto (que indica nuestra posición). Pero con relojes imperfectos, una cuarta medición, efectuada como control cruzado, NO interceptará con los tres primeros.

De esa manera la computadora de nuestro GPS detectará la discrepancia y atribuirá la diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal.

Dado que cualquier discrepancia con la hora universal afectará a las cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que siendo aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos coincidan en un solo punto.

Dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esa manera tenemos un reloj atómico en la palma de nuestra mano!

Una vez que el receptor de GPS aplica dicha corrección al resto de sus mediciones, obtenemos un posicionamiento preciso.

Una consecuencia de este principio es que cualquier GPS decente debe ser capaz de sintonizar al menos cuatro satélites de manera simultánea. En la práctica, casi todos los GPS en venta actualmente, acceden a más de 6, y hasta a 12, satélites simultáneamente.

Ahora bien, con el Código Seudo Aleatorio como un pulso confiable para asegurar la medición correcta del tiempo de la señal y la medición adicional como elemento de sincronización con la hora universal, tenemos todo lo necesario para medir nuestra distancia a un satélite en el espacio.

Pero, para que la triangulación funcione necesitamos conocer no sólo la distancia sino que debemos conocer dónde están los satélites con toda exactitud.

Obtener un Timing Perfecto

1. Un timing muy preciso es clave para medir la distancia a los satélites
2. Los satélites son exactos porque llevan un reloj atómico a bordo.
3. Los relojes de los receptores GPS no necesitan ser tan exactos porque la medición de un rango a un satélite adicional permite corregir los errores de medición.

Conocer dónde está los satélites en el espacio

A lo largo de este trabajo hemos estado asumiendo que conocemos dónde están los satélites en sus órbitas y de esa manera podemos utilizarlos como puntos de referencia.

¿Pero, cómo podemos saber donde están exactamente? Todos ellos están flotando a unos 20.000 Km. de altura en el espacio.

Un satélite a gran altura se mantiene estable

La altura de 20.000 Km. es en realidad un gran beneficio para este caso, porque algo que está a esa altura está bien despejado de la atmósfera. Eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas.

La Fuerza Aérea de los EEUU colocó cada satélite de GPS en una órbita muy precisa, de acuerdo al Plan Maestro de GPS.

En tierra, todos los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento.

El Control Constante agrega precisión

Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites de GPS son monitoreados de manera constante por el Departamento de Defensa.



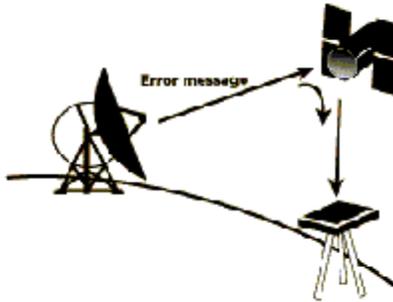
Ellos utilizan radares muy precisos para controlar constantemente la exacta altura, posición y velocidad de cada satélite.

Los errores que ellos controlan son los llamados errores de efemérides, o sea evolución orbital de los satélites. Estos errores se generan por influencias gravitacionales del sol y de la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites.

Estos errores son generalmente muy sutiles pero si queremos una gran exactitud debemos tenerlos en cuenta.

Corrigiendo el mensaje

Una vez que el Departamento de Defensa ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite. De esa manera el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS.



Esto significa que la señal que recibe un receptor de GPS no es solamente un Código Seudo Aleatorio con fines de timing. También contiene un mensaje de navegación con información sobre la órbita exacta del satélite

Con un timing perfecto y la posición exacta del satélite podríamos pensar que estamos en condiciones de efectuar cálculos perfectos de posicionamiento. Sin embargo debemos resolver otros problemas.

Posicionamiento de los Satélites

1. Para utilizar los satélites como puntos de referencia debemos conocer exactamente donde están en cada momento.
2. Los satélites de GPS se ubican a tal altura que sus órbitas son muy predecibles.
3. El Departamento de Defensa controla y mide variaciones menores en sus órbitas.
4. La información sobre errores es enviada a los satélites para que estos a su vez retransmitan su posición corregida junto con sus señales de timing.

Corrigiendo Errores

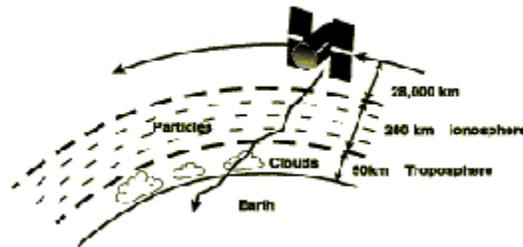
Hasta ahora hemos estado tratando los cálculos del sistema GPS de manera muy abstracta, como si todo el proceso ocurriera en el vacío. Pero en el mundo real hay muchas cosas que le pueden suceder a una señal de GPS para transformarla en algo menos que matemáticamente perfecta.

Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema un buen receptor de GPS debe tener en cuenta una amplia variedad de errores posibles. Veamos que es lo que debemos enfrentar.

Un Rudo Viaje a través de la atmósfera

En primer lugar, una de las presunciones básicas que hemos estado usando a lo largo de este trabajo no es exactamente cierta. Hemos estado afirmando que podemos calcular la distancia a un satélite multiplicando el tiempo de viaje de su señal por la velocidad de la luz. Pero la velocidad de la luz sólo es constante en el vacío.

Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionosfera y luego al pasar a través de vapor de agua en la troposfera pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes.



Hay un par de maneras de minimizar este tipo de error. Por un lado, podríamos predecir cual sería el error tipo de un día promedio. A esto se lo llama modelación y nos puede ayudar pero, por supuesto, las condiciones atmosféricas raramente se ajustan exactamente el promedio previsto.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes. Esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

Un Rudo Viaje sobre la tierra

Los problemas para la señal de GPS no terminan cuando llega a la tierra. La señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por nuestro receptor GPS.



Este error es similar al de las señales fantasma que podemos ver en la recepción de televisión. Los buenos receptores GPS utilizan sofisticados sistemas de rechazo para minimizar este problema.

Problemas en el satélite

Aún siendo los satélites muy sofisticados no tienen en cuenta minúsculos errores en el sistema.

Los relojes atómicos que utilizan son muy, pero muy, precisos, pero no son perfectos. Pueden ocurrir minúsculas discrepancias que se transforman en errores de medición del tiempo de viaje de las señales.

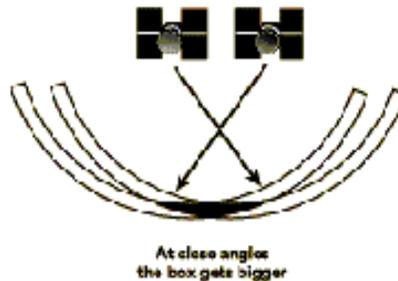
Y, aunque la posición de los satélites es controlada permanentemente, tampoco pueden ser controlados a cada segundo. De esa manera pequeñas variaciones de posición o de efemérides pueden ocurrir entre los tiempos de monitoreo.

Algunos ángulos son mejores que otros

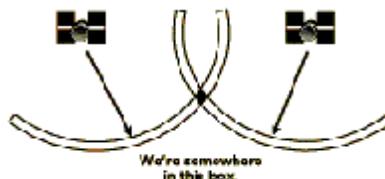
La geometría básica por sí misma puede magnificar estos errores mediante un principio denominado "Dilación Geométrica de la Precisión", o DGDP

En la realidad suele haber más satélites disponibles que los que el receptor GPS necesita para fijar una posición, de manera que el receptor toma algunos e ignora al resto.

Si el receptor toma satélites que están muy juntos en el cielo, las circunferencias de intersección que definen la posición se cruzarán a ángulos con muy escasa diferencia entre sí. Esto incrementa el área gris o margen de error acerca de una posición.



Si el receptor toma satélites que están ampliamente separados, las circunferencias intersecan a ángulos prácticamente rectos y ello minimiza el margen de error.



Los buenos receptores son capaces de determinar cuales son los satélites que dan el menor error por Dilución Geométrica de la Precisión.

¡Errores Intencionales!

Aunque resulte difícil de creer, el mismo Gobierno que pudo gastar 12.000 Millones de dólares para desarrollar el sistema de navegación más exacto del mundo, está degradando intencionalmente su exactitud. Dicha política se denomina "Disponibilidad Selectiva" y pretende asegurar que ninguna fuerza hostil o grupo terrorista pueda utilizar el GPS para fabricar armas certeras.

Básicamente, el Departamento de Defensa introduce cierto "ruido" en los datos del reloj satelital, lo que a su vez se traduce en errores en los cálculos de posición. El Departamento de Defensa también puede enviar datos orbitales ligeramente erróneos a los satélites que estos reenvían a los receptores GPS como parte de la señal que emiten.

Estos errores en su conjunto son la mayor fuente unitaria de error del sistema GPS. Los receptores de uso militar utilizan una clave en criptaza para eliminar la Disponibilidad Selectiva y son, por ello, mucho más exactos.

La línea final

Afortunadamente todos esos errores no suman demasiado error total. Existe una forma de GPS, denominada GPS Diferencial, que reduce significativamente estos problemas.

Corrección de Errores

1. La ionosfera y la troposfera causan demoras en la señal de GPS que se traducen en errores de posicionamiento.
2. Algunos errores se pueden corregir mediante modelación y correcciones matemáticas.
3. La configuración de los satélites en el cielo puede magnificar otros errores
4. El GPS Diferencial puede eliminar casi todos los errores

Resumen de las fuentes de error del sistema GPS

Errores típicos, en Metros (Por cada satélite)

Fuentes de Error	GPS Standard	GPS Diferencial
Reloj del Satélite	1.5	0
Errores Orbitales	2.5	0
Ionosfera	5.0	0.4
Troposfera	0.5	0.2
Ruido en el Receptor	0.3	0.3
Señal Fantasma	0.6	0.6
Disponibilidad Selectiva	30	0
Exactitud Promedio de Posición		
Horizontal	50	1.3
Vertical	78	2.0
3-D	93	2.8

¿CÓMO FUNCIONA EL GPS?

Saber que una señal electromagnética viaja a la velocidad de la luz ($C = 300,000 \text{ km/s}$) en el vacío es la clave para comprender el funcionamiento del GPS. Determinando cuánto tiempo

(Δt) toma a la señal viajar desde el satélite al receptor, puede calcularse la distancia (d) que existe entre ambos. La posición del receptor en un sistema cartesiano X,Y podría calcularse por intersección cuando se tengan calculadas las distancias precisas hacia por lo menos tres satélites de posición conocida. En realidad el posicionamiento GPS no es tan sencillo, pero el planteamiento anterior anticipa la base teórica del sistema.

LECTURA DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

¿Qué es una carta?

Una carta es la representación gráfica de una porción determinada del terreno, en la cual se indican por medio de signos convencionales (que generalmente se asemejan a lo que representan) los diferentes accidentes del mismo.

Diferentes tipos de cartas.

Las cartas se dividen según la magnitud de la porción que representan, o bien para lo que son creadas y así, tenemos:

- A) Cartas Geográficas.
- B) Cartas Topográficas.
- C) Cartas de Comunicaciones
- D) Cartas Orográficas
- E) Cartas Militares.

Las primeras, son aquellas en que para su construcción se ha tomado en cuenta la curvatura de la tierra; en las segundas, es decir; en las topográficas, la tierra se considera como un plano, pues por la magnitud de la porción que representan, la curvatura puede no tomarse en cuenta sin cometer error sensible. Las últimas; indican el fin principal para lo que fueron creadas; así las comunicaciones se refieren principalmente a éstas, las orográficas a las alturas y las últimas para usos militares.



UTILIDAD DE LAS CARTAS

En la vida civil, un forastero puede orientarse en una ciudad o pueblo con sólo preguntar las direcciones. Cualquier policía o alguna persona servicial, nativa del sitio, puede proporcionarle la información necesaria para que encuentre la calle o el edificio que busca. Posiblemente tendrá que pasar por sobre direcciones erróneas que le hayan sido mezcladas con las buenas, pero lo mas seguro es que siempre encontrará el camino.

En tiempo de guerra, un ejército se halla con frecuencia en territorio desconocido, o no encontrará gente dispuesta o preparada para ayudarle a orientarse. Los miembros del ejército se verán obligados, con mucha frecuencia, a hacer preguntas para orientarse y en caso de no haber quien las conteste, éstas se las harán a la carta. Si el soldado está preparado para leerla, su carta tiene todas las respuestas.

Cuando se opera en servicio de patrullas habrá momentos en que se estará completamente solo y entonces solamente su carta ayudará al soldado a no extraviarse.

No es bueno que un vehículo se desvíe de su ruta, pero si sus conductores cuentan con una carta y la saben leer, lo más probable es que llegue con todo éxito al lugar de su destino.

Cualquier persona oriunda de un lugar, nos podrá decir muchas cosas que nos puedan ser útiles, pero primero necesitamos conocer su idioma y entenderle (esto sucede frecuentemente en nuestro país, donde grandes grupos de gente hablan diferentes lenguas y dialectos, desconociendo el español); así mismo, una carta tiene un lenguaje especial que necesitamos aprender a leer y comprender. Es un lenguaje sencillo y claro, fácil de interpretar por todo miembro del ejército.

ESCALAS Y DISTANCIAS

RELACION DE LAS DISTANCIAS:

Las distancias del terreno pueden conocerse utilizando una carta; la razón es, como hemos dicho, que una carta es la representación fiel del terreno.

ESCALAS.

Asimismo, la misma carta indica siempre, por medio de un número que aparece en la parte inferior de la misma, cuantas veces es más pequeña en relación con el terreno; a este número se le llama escala.

TIPOS DE ESCALAS Y FORMAS DE USARLOS.

Existen diferentes tipos de escalas, pero las principales son: escalas numéricas y escalas gráficas.

A) Escalas Numéricas

Son escalas numéricas aquellas en las que la proporción que existe entre la carta y el terreno, es decir, las veces que la carta es más chica que la parte del terreno que representa se indican por medio de un número, por ejemplo: 1:1000; esto indica que la carta es mil veces más chica que el terreno; La misma escala puede también indicarse por medio de un quebrado y así, la anterior se escribiría $1/1,000$ que también quiere decir que la carta es mil veces más chica que esa misma parte del terreno.

B) Escalas Gráficas.

Otro método de calcular las distancias es por medio de la escala gráfica; este es aún más fácil de emplear que el que acabamos de exponer; para emplearlo se utiliza una especie de línea o regla graduada que aparece en las cartas inmediatamente debajo de la anotación de la escala numérica; la figura 15 nos indica una escala gráfica.

Modo de usar la escala gráfica:

En primer término colocamos en nuestra carta una tira de papel con borde recto y la aplicamos uniendo dos puntos de nuestra carta, después marcamos en el papel los dos extremos de la distancia que queremos conocer; el mismo papel marcado lo trasladamos sobre la escala gráfica de la carta y ésta nos indica la distancia real en el terreno. Hay que hacer notar en relación con esta escala que consta de dos partes, del cero hacia la derecha tiene cifras grandes y del cero hacia la izquierda se descompone en otras pequeñas; esto sirve para leer con mayor facilidad las fracciones. Por lo que hemos visto, la escala gráfica es una regla especial, hecha a propósito para cada carta.

MEDIDAS DE CURVAS O LINEAS IRREGULARES.

Para medir una línea curva o irregular, una parte del camino por ejemplo, dividimos la línea curva del camino en cuestión en secciones pequeñas y rectas, entonces colocamos el borde de una tira de papel a lo largo de las marcas hechas, añadiendo sucesivamente cada sección a la que ya hemos marcado; al terminar tenemos una tira de papel que en línea recta arroja el largo total del camino curvo con la cual podemos medirlo en la escala gráfica.

ESCALA MAYOR.

Importa estar seguro de cual es la escala mayor: una carta de 1/20,000 o una de 1/50,000. La respuesta es que una carta de 1/20,000 es de una escala mayor que la de 1/50,000, porque el numero es una fracción veinte mil veces mas chica que el entero y una fracción veinte mil veces menor que el entero, es mas grande que otra fracción cincuenta mil veces mas chica que el mismo entero; Esto nos indica como regla que mientras más grande es la cifra de la escala, mas pequeña resulta la escala.

DESNIVELES

IMPORTANCIA DE CONOCER LOS DESNIVELES.

Hasta ahora todo lo que aparece en nuestra carta es plano. Debemos buscar la forma de aprender algo sobre los diferentes desniveles del terreno. Desde luego que es importante saber dónde se encuentra una colina o un cerro, pero no menos importante es conocer su altura y forma.

La representación en una carta de una colina, viéndose desde arriba no nos puede indicar su altura, sin embargo, hay un medio por el que nuestra carta puede suministrar esa información.

Todos sabemos que una colina o una altura cualquiera es más ancha en su base que en su parte superior; vamos a escoger un objeto que se parezca a una colina, un cono por ejemplo y veamos lo que podemos hacer con una ilustración del mismo hecha desde arriba para que nos revele su altura.

ALTURA.

Supongamos en primer término que hay una roca y un árbol en un lado del cono. Como estamos viendo el cono desde arriba, no podemos saber a que altura están del mismo ni el árbol ni la roca.

Supongamos ahora que empezamos a subir por el cono hasta que nos colocamos a una altura de 10 metros a contar de su base.

Caminemos ahora alrededor del cono manteniéndonos siempre a la misma altura de 10 metros. Si mientras caminábamos hubiésemos llevado con nosotros un saco de harina o de cal con un escape por debajo, habríamos dejado en la colina o cono una marca.

Ahora bien, la marca que hemos dejado con la harina nos revela que todas las cosas que estén debajo de ella estarán a menos de 10 metros de altura y todas las que aparezcan sobre ella estarán a 10 metros de altura exactamente; Si esta marca pasara por donde está la roca sabremos que ésta a 10 metros de altura.

Vamos a continuar subiendo por el cono otros 10 metros y hagamos lo mismo que hicimos en los primeros 10 metros recorriendo con un saco de harina el contorno del cono a esa altura;

el resultado desde luego es otra línea de harina que nos indicará que todo lo que hay entre ella y la primera línea está entre 10 y 20 metros de altura. Si el árbol quedara en medio de las dos líneas, podremos determinar que está a 15 metros de altura.

De esta manera se puede calcular la altura de los objetos.

FORMA.

Las líneas a que hemos hecho mención nos revelan todavía otra cosa y ella es la forma del objeto, se ve claramente que el cono es redondo en su base; si no lo fuera estas líneas también nos lo revelarían.

Supongamos por ejemplo que estiramos un lado del cono, si repetimos la maniobra con el saco de harina las líneas se verían de un lado más juntas que de otro (lado estirado).

Asimismo, si al cono se le oprime por diferentes lados y le volvemos a hacer nuestras marcas, y la vemos desde arriba se vería muy semejante a las curvas de nivel de nuestras cartas.

Por lo anterior notamos que estas líneas nos revelan dos cosas: altura y forma.

SU REPRESENTACION.

Las cartas contienen muchas líneas de este tipo y si se entiende su significado son fáciles de leer y muy útiles. En las cartas estas líneas se denominan contornos o curvas de nivel y se dibujan generalmente con color sepia.

ALTURA REAL.

Para conocer la altura real de una colina, cada curva debería tener su altura, pero como esto recargaría con números y datos las cartas, cada cinco curvas aparece una más gruesa que tiene un número, el que nos indica la altura a que se encuentra.

EQUIDISTANCIA.

La distancia vertical, es decir, la diferencia en altura que existe entre dos curvas sucesivas, se llama equidistancia. Las cartas lo indican en una nota que aparece en la parte inferior, por ejemplo: en nuestra carta aparece una nota que dice: EQUIDISTANCIA VERTICAL 10 METROS, lo que quiere decir que en dicha carta existe entre dos curvas sucesivas una diferencia en altura de 10 metros; finalmente, en la parte superior de cada altura aparece un número, que corresponde a la altura máxima del vértice.

PLANO DE COMPARACION:

Si estamos parados en un terreno conocido, o bien, si conociendo una región de la carta vemos que ésta nos indica para una colina una altura muy superior a la que conocemos, por ejemplo 1,500 metros y nosotros a simple vista o por haberla escalado sabemos que esa altura es excesiva, podríamos desconfiar de los datos que nos proporciona nuestra carta; sin embargo, la altura que nos ha dado es exacta. La razón es que los 1,500 metros que aparecen en la carta se refieren a su elevación con relación al nivel medio del mar. En otras palabras, en todas las partes la altura del terreno la comparamos en relación con el nivel promedio del mar.

MODO DE CONOCER LAS FORMAS DEL TERRENO.

Esta claro que es muy útil contar con las curvas de nivel para conocer la altura del terreno, pero además estas nos muestran, como ya lo hemos indicado, las diferentes formas del mismo.

A).- Acantilado.

Supongamos por ejemplo que hay una porción de tierra alta que se quiebra de repente y forma un acantilado. Estando en tierra es fácil notarlo; examinando las curvas de nivel de la carta también lo es. Cuando una colina o acantilado es empinado, las curvas de nivel aparecen bien juntas, pero si las líneas están graduadas igualmente y bastante separadas quiere decir que la colina asciende gradualmente y con uniformidad.

C).- Cursos de agua. (Valles)

Un curso de agua hace un valle de forma especial, y las curvas generalmente están espaciadas con igualdad; forman Vs donde cruzan el río y hay que fijarse que los vértices de todas estas Vs apuntan en dirección contraria a la que siguen las aguas. Por lo anterior nos damos cuenta que los contornos de las curvas pueden revelarnos multitud de cosas referentes a los ríos, por ejemplo, por donde corre un curso de agua; asimismo, de la separación de las curvas podemos deducir si éste tendrá una corriente rápida o no.

D).- Lagos.

Frente a un lago rodeado de montañas, con el primer vistazo a las curvas de nivel podríamos suponer que se trata de una colina; sin embargo, si se observan los números de las curvas de nivel, notamos que éstos disminuyen a medida que se van acercando al centro. Sabemos por lo tanto que el terreno desciende.

Por último, en las cartas se utiliza el color azul para indicar todo lo referente al agua, como ríos, lagunas, presas, etc.

ORIENTACION.

POLO NORTE

Así como en población existen generalmente puntos conocidos y fáciles de identificar, tales como la iglesia, la plaza principal o la escuela del lugar, etc. A las cuales se refiere uno para dar una dirección determinada, para construir las cartas se ha buscado un punto que es fácil de identificar y al cual se refieren todas ellas; para esto se ha escogido el Polo Norte. Este punto no varía y es fácil de identificar su dirección utilizando una brújula o aguja imantada.

MODO DE CONOCER LA DIRECCION NORTE EN LAS CARTAS.

Casi todas las cartas llevan a un lado una flecha que indica la dirección del Norte, la que por lo general es hacia la parte superior de la misma. En nuestra carta la dirección del Norte está marcada por las líneas verticales de la cuadrícula.

NORTE ASTRONOMICO Y NORTE MAGNETICO.

Hemos explicado que todas las cartas se refieren hacia un punto que se denomina Norte; sin embargo, hay que hacer notar que en realidad existen dos nortes, y estos son:

- A) Norte Astronómico
- B) Norte Magnético.

El Astronómico es el verdadero y se ha tomado por observaciones astronómicas. El Magnético difiere un poco del anterior y es al que apuntan las brújulas y agujas imantadas.

COMO CONOCER LA ORIENTACION MAGNETICA Y ASTRONOMICA DE UNA CARTA.

En las cartas se indican estas dos, así como su diferencia, por medio de dos flechas que se juntan en el centro; la primera, es decir, la que indica el Norte Astronómico, tiene en su parte superior una especie de sol o estrella y la segunda simplemente el dibujo de una flecha; al ángulo que forman se le llama declinación.

PUNTOS CARDINALES.

Vamos a suponer que nuestra dirección Norte-Sur constituye la avenida principal de una población; con esto ya nos podremos orientar haciendo referencia a ella. Sin embargo, para facilitar aún más la localización de cualquier lugar, vamos a abrir otra avenida que corte perpendicularmente a la anterior; si nos paramos en el cruce de ellas, teniendo hacia el frente la avenida que da al norte, hacia la espalda tendríamos la que va al sur, hacia la derecha la avenida del Este y hacia la izquierda la del Oeste.

DETERMINACION DEL NORTE SIN BRÚJULA

Hemos visto que la aguja de la brújula siempre señala la dirección Norte-Sur, sin embargo, no siempre contará el soldado con una brújula para orientarse; para subsanar lo anterior

existen diferentes métodos que proporcionan una información muy aproximada de la dirección Norte-Sur; de ellos veremos algunos.

ORIENTACION DE DIA

Por la dirección del Sol.

Conocido es que el sol sale o aparece por el Este u Oriente y se oculta por el Oeste o Poniente; utilizando este dato es fácil obtener una orientación aproximada; para lograrlo basta con poner el brazo derecho en dirección al sol. Si es en la mañana tendremos: al frente el Norte, en la espalda el sur a la derecha el Este y a la Izquierda el Oeste; siendo en la tarde se utiliza el brazo izquierdo en vez del derecho para ponerlo en dirección al Sol y obtendremos el mismo resultado.

ORIENTACION DE NOCHE

A).- Por la polar.

Para determinar la dirección norte durante la noche, recurrimos como en el día a los astros, en este caso a las estrellas.

A éstas que a simple vista se observan distribuidas sin ningún orden y arreglo, el hombre, por diferentes motivos las ha clasificado en categorías o magnitudes y reuniéndolas en series o grupos ha llamado a estas constelaciones, a las que para su identificación les ha puesto nombre.

Para nuestro estudio vamos a utilizar una de ellas, se le llama Osa Mayor o Carro y es fácil de conocer por el brillo de siete de sus estrellas; cuatro de ellas forman un cuadrilátero y las otras tres un arco de círculo que parte de uno de los vértices del mismo semejando el conjunto un carro romano sin ruedas.

Una vez identificada la constelación, para conocer la dirección norte es necesario encontrar otra estrella también Brillante, llamada estrella Polar, la que difiere del Polo ártico o Norte muy poco (poco menos de grado y medio). Para encontrar la polar se emplean como guías las dos estrellas del lado posterior del carro es decir las más lejanas a las tres que forman el arco de círculo, éstas nos señalan la dirección en que se encuentra la citada estrella y que está situada a cinco veces la distancia que existe entre ellas.

Vamos a medir esa distancia:

Pónganse dos dedos entre las dos estrellas posteriores del carro, se verá que se cubre casi exactamente su separación; ahora, si sabemos que la Polar dista de ellas cinco veces esta distancia, médase 10 dedos siempre en dirección que ellas indican y encontraremos la polar, es decir la dirección Norte. Hay que hacer notar que en ocasiones no es visible la Osa Mayor; en esta circunstancia se recurre a otra constelación, también boreal, de no gran extensión y que respecto del Polo dista aproximadamente lo mismo que la Osa Mayor, nada mas que en el lado opuesto a ésta. Consta de Cinco estrellas, su nombre es Casiopea y semeja una "M" muy abierta, una de ellas es la que sirve para buscar la polar: se conoce por constituir el vértice del ángulo menos abierto de la "M". Para encontrar la polar se sigue la dirección de la bisectriz del ángulo antes citado; a partir de d (delta) se miden diez dedos igual que los "apuntadores" de la Osa Mayor y se encontrará la Polar.

b).- Por la luna

Otro método consiste en observar la luna cuando no está en plenilunio (luna llena) sino cuando es posible observar sus llamados cuernos; para orientarnos debemos tener en cuenta que en su cuarto creciente, es decir cuando la luna va creciendo para lograr su plenilunio, sus cuernos o puntas están en dirección al oriente, e inversamente, en el menguante están en dirección al poniente, así podemos decir: "Luna en creciente cuernos al Oriente" La situación de la luna puede averiguarse con un calendario, pero si se carece de él, debe tenerse en cuenta que, en creciente, la luna aparece por el horizonte antes de que se ponga el sol, por lo cual cuando se logra ver porque el sol se ha ocultado, está ya está alta; en la Luna llena aparece casi al mismo tiempo que se oculta el Sol y en menguante, cuando éste se ha ocultado, por lo que es posible verla desde el momento en que está en el horizonte. Por último hay que recordar que la luna se retrasa diariamente 45 minutos aproximadamente, lo que quiere decir que si un día la vemos aparecer a las 2,000 Hrs., el día siguiente la veremos hasta las 2,045 Hrs. Y así sucesivamente. Sabiendo esto, es fácil determinar la dirección Norte-Sur utilizando el sistema que se indicó para la orientación por el Sol.

CUADRICULAS Y COORDENADAS.

CUADRICULAS

Nos hemos referido a que en una población existen puntos conocidos y fáciles de identificar a los cuales se puede uno referir para dar una dirección determinada; es conocido también, además que en las poblaciones existen calles, lo que hace aún mas fácil encontrar los lugares buscados; A cualquiera es fácil dar con un lugar con solo que se indique que deberá caminar cinco calles en una dirección y luego otras tres en otra; pero en el campo no hay calles y muchas veces hay necesidad de dar informes precisos de determinados lugares que pueden prestarse a confusión, por ejemplo pequeños grupos de árboles, o un lugar de algún arroyo, etc.; para esto, las cartas militares, especialmente las conocidas con el nombre de tácticas, tienen una serie de líneas que se cruzan entre sí perpendicularmente formando una cuadrícula; estas líneas se utilizan en forma precisa a la de las calles y así, cualquier punto del terreno está cerca de alguna calle, siendo por lo tanto posible referirlo a ellas,

IDENTIFICACION DE LAS LINEAS DE LA CUADRICULA

Las líneas de la cuadrícula tienen en sus extremos un número el cual generalmente indica kilómetro; esto tiene la doble ventaja de facilitar la identificación de los lugares, dar la escala de la carta e indicar la dirección Norte-Sur pues en estos casos se considera el Norte en la parte superior de las verticales.

MODO DE LEER LAS CUADRICULAS

Para leer las cuadrículas se debe tener en cuenta que los datos siempre se deben dar de izquierda a derecha y de abajo a arriba; de izquierda a derecha las cifras que aparecen en la parte inferior y que corresponden a las líneas que cruzan la carta en la dirección Norte-Sur y de abajo hacia arriba las de los márgenes que son las que cortan la carta en dirección Este-Oeste. Por ejemplo: queremos indicar que existe una ametralladora enemiga en una casa situada en la falda Este de la Loma Achichipilco, pero en esta región existen tres casas (anexo 1) necesitamos indagar en cual de ellas es; para esto usamos nuestra cuadrícula y decimos que la ametralladora está en la casa (1953-730); lo que quiere decir que para localizarla debemos buscar en la parte inferior de la carta (izq.- Der.) El número 1953 y después en el margen (Abajo - Arriba) el que corresponde a 730; luego, siguiendo estas dos líneas hasta donde se crucen, encontramos el lugar (Anexo 1)

Sin embargo, se sabe que no todos los puntos del terreno o de la carta están en los lugares de cruce de las líneas de la cuadrícula; para señalar estos es necesario que usemos otra; esta nueva cuadrícula será hecha por nosotros y referida a la anterior; por ejemplo: queremos indicar el puente del ferrocarril central a Pachuca; este no está en el cruce de las líneas de la cuadrícula de la carta, pero usándola podremos dar fácilmente con él; para esto imaginamos que entre dos números consecutivos de la cuadrícula existen diez o cien divisiones y el número que resulte con este sistema lo agregamos como decimal al anterior; así, para situar el puente de referencia diríamos P.F.C.C. a Pachuca (1953.65 - 728.42); esto, como se ve en el anexo 2, es fácil lograrlo sin rayar mucho la carta utilizando para el efecto una regla graduada; pero en caso de que las divisiones de la carta no concuerden con las de la regla, se utilizará un pedazo de papel de borde recto para tomar la distancia entre dos cifras consecutivas de la cuadrícula y dividirla en diez o cien partes; lo siguiente es exactamente igual a lo que se hace cuando se usa una regla graduada, pues el papel dividido viene a constituir una regla especial de la carta.

AZIMUTS Y MEDIDAS ANGULARES EL CÍRCULO Y SU DIVISION EN GRADOS.

Llamase círculo a una superficie plana limitada por una serie de puntos sucesivos equidistantes de otro que se llama centro.

DIVISION DEL CÍRCULO.

El círculo se divide en 360 divisiones pequeñas llamadas grados; éstos se pueden dividir en otras partes más pequeñas que toman el nombre de minutos; un grado tiene 60 minutos. También se puede dividir en milésimos; cada círculo tiene 6,400 milésimos.

AZIMUTS.

Azimut es el ángulo formado en el centro del círculo por la dirección Norte y cualquier otra dirección, medido de 0 a 360 grados en sentido del movimiento de las manecillas del reloj.

En el terreno y sobre la carta es fácil conocer la dirección de las cosas; para esto vamos a suponer que donde quiera que nos hallemos estamos en el centro de un círculo que tiene avenidas que se extienden en todas direcciones, a estas avenidas en vez de nombres les hemos asignado números que representan su valor angular con la avenida 0; Así podemos ver que un soldado por ejemplo avanza por la avenida 120 y otro puede avanzar por la avenida 260; si en vez de avenida le llamáramos Azimut, diríamos que el primero va por el azimut 120 y si se detiene diríamos que está en el azimut 120; por lo que respecta al otro soldado si se detiene diremos que está en el azimut 260.

Existen tantas avenidas o azimut como direcciones pueden haber a partir del centro de un círculo (ya hemos visto que se divide en 360 grados y éstos a su vez en 60 minutos).

MODO DE LEER AZIMUTS

Para leer los azimut conviene hacer notar que la avenida cero o azimut cero corresponde siempre a la dirección Norte y que para contarlos o numerarlos se hace de izquierda a derecha a partir del cero, exactamente como caminan las manecillas del reloj, así podemos ver que el azimut cero corresponde a la dirección Norte, el 90 a la del Este y así sucesivamente.

AZIMUT INVERSO

Azimut inverso es aquel que da una dirección diametralmente opuesta a la del directo. Así por ejemplo si nosotros vamos avanzando al azimut 70 (en dirección a un árbol), a nuestra espalda o sea en dirección opuesta se encuentra el azimut 250; éste está en el azimut inverso del árbol; si un soldado fuera al árbol y posteriormente quisiera regresar a su punto de partida tendría que tomar el azimut 250, de donde se deduce que el azimut inverso se obtiene de agregar 180 grados al directo.

BRUJULA

¿QUE ES LA BRÚJULA?

Se da el nombre de brújula a una pequeña aguja imantada, apoyada en su centro y libre para girar en un plano horizontal; tiene la propiedad de que cuando está libre y en reposo se pone en dirección del meridiano magnético del lugar, es decir, señala la dirección del Norte Magnético.

BRUJULA MILITAR

El ejército tiene para su uso diferentes tipos de brújulas, entre ellas se encuentra la de uso en el Ejército Americano con lente y nivel.

DESCRIPCION DE LA BRUJULA CON LENTE Y NIVEL.

Esta brújula consta de las siguientes partes principales:

1. Caja de la brújula con cuadrante y nivel.
2. Tapa del Objetivo con ranura y pelo.
3. Tapa del Ocular con lente
4. Agarradera.

Veamos ahora la descripción de cada una de ellas.

CAJA DE LA BRUJULA

Examinándola con detalle podemos observar lo siguiente:

- a) Que la caja donde se encuentra la brújula existe un líquido, este constituye el nivel.
- b) Que de las dos numeraciones que tiene el cuadrante, una de ellas, la exterior, va corrida de dos en dos cifras hasta sesenta y cuatro y cada una de ellas da cientos de milésimos.
- c) Que en la parte inferior de esa graduación existe otra graduada de veinte en veinte con tres divisiones entre cada cifra consecutiva; esta graduación corresponde a la de los azimut y entre cada marca o raya hay cinco grados.
- d) La dirección norte está marcada con una flecha y los otros puntos cardinales con sus iniciales; por último se ven tres puntos y una pequeña raya, éstos son luminosos y sirven para hacer referencias durante la noche.
- e) Que la parte superior de la caja está formada por una cubierta de cristal movable que tiene en su parte exterior una superficie dentada y en el cristal dos rayas o marcas, éstas sirven también para el uso de la brújula durante la noche; además el aro dentado se utiliza para hacer variaciones en las marcas, teniendo en cuenta que cada paso de ella equivale a tres grados

TAPA DEL OBJETIVO.

Esta es plegadiza y tiene en su parte media una ranura cortada en su centro por un hilo o pelo, que sirve para apuntar la brújula al objetivo; los puntos que se encuentran en los extremos del hilo sirven para el uso de la brújula durante la noche.

TAPA DEL OCULAR.

La tapa del ocular es una más pequeña que la anterior, tiene en su parte superior una pequeña ranura que constituye el ocular, e inmediatamente abajo de ella un lente que tiene por objeto efectuar la lectura del azimut sin necesidad de mover la cabeza.

AGARRADERA.

Está constituida por un arillo movable.

REGLAS PARA EL USO DE LA BRÚJULA.

La lectura en la brújula es fácil si se hace en debida forma. Es importante mantenerla nivelada y para ello es indispensable saber detenerla; para esto se le debe aguantar con ambas manos y tener muy próximo el ocular al ojo.

MODO DE OBTENER EL AZIMUT DIRECTO.

Para obtener con una brújula el azimut de una línea o punto del terreno se procede en la siguiente forma:

- A).- situarse en dirección general al objeto por observar.
- B).- Mantener la brújula nivelada en dirección al citado objeto; Para lograrlo úsese el lente del ocular; por él se puede observar cuando está nivelada; esto suceda cuando el liquido se ve centrado.
- C).- Ver el objeto por el ocular, en tal forma que el pelo del objetivo lo cubra o lo corte por su parte media.
- D).- Leer los números del cuadrante usando para ello el lente y la marca hecha en el cuadrante en dirección a la tapa del objetivo.

AZIMUT INVERSO.

Hemos dicho que es interesante conocer el azimut inverso del punto elegido; obtenerlo por la brújula es muy sencillo: para esto léase el número de la graduación que queda en la parte opuesta azimut directo, lo que se puede lograr fácilmente con algo de práctica. También puede obtenerse por medio de una nueva observación; para seguir este procedimiento es necesario poner la brújula en sentido contrario al anterior.

Otro sistema es el aritmético. Este consiste en agregar siempre 180 grados al azimut directo; por ejemplo una línea o un punto tienen de azimut directo 87 grados, agregándole 180 grados resultaría: $87 + 180 = 267$ grados, es decir, que el azimut inverso sería 267 grados. Cuando la suma pasa de 360 grados, entonces al resultado obtenido se le quita esa cantidad, por ejemplo: azimut directo 245 grados; siguiendo el procedimiento anterior, el azimut inverso sería $245 + 180 = 425^\circ$; como pasa de 360° le quitamos esta cantidad y queda: $425 - 360 = 65^\circ$, de donde el azimut inverso es igual a 65°

BRUJULA SIN NIVEL.

Cuando la brújula no tiene nivel todo lo que se describe se hace exactamente igual, con la diferencia de que no se nivela.

ORIENTACION DE LA CARTA EN EL TERRENO.

MODO DE REFERIR LA CARTA CON EL TERRENO.

Antes de que la brújula y la carta estén preparadas para ser usadas conjuntamente, hay que colocar la carta de tal manera que las direcciones de ésta concuerden con las del terreno. Hay dos métodos de hacer esto: uno de ellos sin la brújula y el otro con ella o con algún otro medio de determinar el norte. A esta operación de referir la carta con el terreno se le llama orientar la carta.

ORIENTACION DE LA CARTA POR INSPECCION.

Este método se sigue identificando objetos en el terreno que aparecen en la carta y se pueden ver; se detiene la carta en tal forma que los accidentes del terreno concuerden con la ubicación en la carta; una vez logrado esto la carta está orientada.

POR MEDIO DE LA BRUJULA.

Para orientar la carta por medio de la brújula se necesita hacer que la parte superior de la carta apunte en una dirección general Norte. Para ello conviene recordar que en las cartas aparece la dirección del Norte magnético. Hágase coincidir el Norte de la brújula con el norte magnético de la carta por medio de giros y movimientos a ésta; una vez logrado, la carta estará orientada.

TRABAJOS CON LA CARTA Y LA BRÚJULA

DETERMINACION DE AZIMUT EN UNA CARTA.

Con el uso de la brújula hemos aprendido a determinar el azimut de un objeto en el terreno. Veamos ahora cómo se obtiene el de algún punto cualquiera de la carta; para lograrlo haremos las siguientes operaciones.

- 1°. Unir con una línea delgada de lápiz el punto de estación con el que se quiera obtener el azimut; en caso de no ser a partir del punto de estación sino de otros dos cualesquiera, se procede en la misma forma.
- 2°. Orientar la carta.
- 3°. Extender la brújula sobre la línea de lápiz para que el pelo de la tapa quede en dirección

al punto de que se trate.

4°. Leer el azimut en el cuadrante de la brújula.

DETERMINACION EN LA CARTA DEL PUNTO DE ESTACION.

Una de las cosas más importantes para las que se usan la carta y la brújula, consiste en conocer el punto de estación, es decir, donde se encuentra uno; para lograrlo hay diferentes métodos de los cuales daremos intersecciones.

Este método consiste en dirigir visuales a tres o más puntos del terreno, que sean localizables desde el punto de estación e identificables en la carta; obtenidos los azimut de cada una de las direcciones se convierten en inversos y se pasan cada una de las direcciones a la carta, obteniéndose por intersección de dichas líneas el punto buscado.

AZIMUTS DE MARCHA.

Otro de los usos de la brújula y la carta consiste en llegar a puntos distantes, invisibles o desconocidos, utilizando para ello la carta y la brújula.

Para lograr esto se procede utilizando varios de los datos que se han dado con anterioridad, como es el obtener el azimut de ciertos puntos en la carta; se comprende que si queremos marchar de un punto a otro, primero trazaremos con líneas en nuestra carta el itinerario que queremos seguir y después obtenemos los azimut de cada una de las líneas; con estos datos y teniendo cuidado de hacer los cambios de dirección en puntos fácilmente identificables, la misión se facilitará de sobremanera.

MODO DE SALVAR UN OBSTACULO IMPREVISTO.

Puede suceder que al seguir un itinerario con los datos de la carta, se nos presente un obstáculo desconocido e infranqueable; para salvarlo y volver el rumbo inicial es conveniente seguir el procedimiento de marchar en ángulo recto alrededor de él; para esto hay que usar la brújula agregando en el primer cambio de dirección 90° al azimut de marcha, después contar el número de pasos que se han dado en esta nueva dirección; una vez evitando el obstáculo se volverá a tomar la dirección inicial hasta que se haya salvado, en cuyo punto se hará un nuevo cambio de dirección, esta vez en sentido contrario al que se hizo inicialmente, es decir, será necesario tomar un azimut 90° menos que el inicial y contar en este sentido el mismo número de pasos que se dieron en el primer cambio; hecho esto se volverá a tomar el azimut inicial y se continuará la marcha.

Cuando no se cuenta con brújula se puede hacer los cambios de dirección indicados dando un flanco en cada uno de ellos, siendo el segundo en sentido contrario al inicial y contando los pasos tal como se ha indicado.

USO DE LA BRUJULA DURANTE LA NOCHE.

Ya hemos visto que la brújula descrita tiene algunos aditamentos para usarla durante la noche; conviene ahora recordarlos.

La brújula con lente tiene dos cristales, uno debajo del otro, El de arriba puede girar y el de abajo no. El cristal superior gira con el aro dentado y cada punto equivale a un giro de 3° . En el cristal superior hay dos líneas que son visibles de noche. Una de éstas tiene cuatro veces el largo de la otra. Las dos están separadas 45° . En el cristal fijo de la parte inferior hay tres puntos y una línea corta cada uno a 90 grados del otro o sea una cuarta parte del trayecto alrededor del cuadrante. En el cuadrante azimutal las letras W - E - S y la flecha que señala el norte son visibles de noche. En el interior de la tapa del objetivo y en la misma línea que el pelo de ésta, hay otros dos puntos luminosos, pero los puntos y líneas son suficientes para permitir la lectura de la brújula.

DETERMINACION DE AZIMUT DURANTE LA NOCHE.

Para esto colóquese la flecha, la raya del cristal inferior y la mas larga del superior, de manera que queden una encima de la otra; gírese el cristal superior hacia la izquierda tantos golpes como la tercera parte del número de grados del azimut que se quiera obtener (pues ya sabemos que cada paso de esta rueda equivale a 3°), una vez hecho esto gírese toda la brújula hasta que la flecha del norte quede nuevamente cubierta por la marca larga del cristal superior, con lo cual los puntos luminosos de la tapa del ocular apuntan a la dirección del azimut que se ha colocado en la brújula; Por ejemplo: queremos preparar la brújula en un azimut de 60 grados; para esto, como se ha dicho, superponemos las 2 rayas con la flecha por medio de giros o la brújula y la tapa dentada; después contamos 20 golpes a la izquierda; una vez dados giramos toda la brújula hasta que la raya larga tape nuevamente la flecha y la brújula quede con los puntos de la tapa dirigidos al azimut 60 ; puede suceder que se necesite averiguar una nueva dirección durante la noche, la luz de una casa por ejemplo, y nos interesa conocer este azimut, para ello procedemos como sigue: Primero dirigimos los puntos luminosos de la tapa a la dirección buscada, con esto la flecha dejará de estar cubierta por la raya larga; entonces giramos la tapa dentada contando los golpes hasta que la raya larga cubra nuevamente la flecha; si giramos a la izquierda aumentamos el azimut que teníamos tantas veces 3° como golpes se ha girado y si el giro es hacia la derecha se los restamos; con esto se obtiene el azimut buscado. Conviene que, una vez obtenido esté y si no se va a volver a usar, se ponga la brújula nuevamente a su arreglo anterior.

CUIDADOS DE LA BRÚJULA Y DE LA CARTA.

El funcionamiento de la brújula se basa en la propiedad de las agujas imantadas, por lo tanto, la proximidad a ellas de objetos de metal altera su exactitud; hay que procurar por lo mismo que cuando se hagan trabajos con ella no exista ningún objeto de metal próximo a la misma, tales como el arma, cuchillos, postes de hierro, etc. Al hacer las marcas en la carta se debe procurar que éstas sean legibles pero de ningún modo que sean tan fuertes y numerosas que no se puedan borrar o que después de borradas dificulten la lectura de los datos de la carta.

Declinación magnética

La meridiana magnética forma en cada punto un ángulo con la meridiana geográfica llamado declinación; basta conocerlo para obtener, empleando una brújula, la orientación de un mapa. El mayor inconveniente es la gran variabilidad de la declinación que presenta varias anomalías.

La declinación magnética fue uno de los grandes problemas de la navegación durante el siglo XVI. El hecho de que la extremidad de la aguja no apunte exactamente al polo geográfico era ya conocido, pero fue Cristóbal Colón, desde su primer viaje, el que descubrió la variabilidad del fenómeno en función del lugar. Sin embargo lo atribuyó al movimiento de la Estrella Polar combinado con diversos factores atmosféricos y térmicos. Diversas autoridades negaron la existencia del fenómeno. La contribución más importante fue la formulación por parte de Martín Cortés en su "Compendio" de polo magnético. Aquí diferencia entre el polo y un punto el cual "tiene una virtud atractiva que atrae así al hierro tocado con la parte de la piedra imán(...) este punto no está en los cielos movibles ni tampoco está en el polo, porque si estuviese, el aguja no nordestearía ni noroestearía". Esta definición de polo magnético le sirve para dar una detallada explicación de la declinación magnética y su variación. En el meridiano en el que las agujas señalan el polo, el punto atractivo y el polo están en la misma dirección, de modo que, "señalando el aguja el punto, señala derechamente el polo. Pero caminando de aquel mismo meridiano al levante, véase quedando el polo del mundo a la mano izquierda y el punto de la virtud atractiva nos estará a la mano derecha y cuanto más al levante caminemos mayor nos parecerá la distancia, hasta llegar a noventa grados, y allí será lo que más nordesteará."

Rumbo.....

La topografía es con frecuencia útil en el estudio de los pliegues. En regiones densamente arboladas o muy erosionadas, es posible seguir horizontes guías por largas distancias, mediante la topografía.

Una formación resistente se alcanzara en las colinas, un estrato fácilmente erosionable será seguido por valles y una caliza podrá ubicarse por la topografía mástica. En estudios de reconocimiento, particularmente en aeroplanos, la topografía puede dar indicios importantes sobre la estructura geología. La posición de los estratos puede determinarse cuantitativamente de la relación entre la estratificación y las curvas de nivel. Si el contacto entre dos formaciones es rigurosamente paralelo a las curvas de nivel, los estratos horizontales. Si a pesar de la topografía, un contacto mantiene un rumbo un informe, los estratos son verticales.

Los estratos inclinados tienen un trazo en los afloramientos que es parcialmente controlado por las líneas de nivel.

Determinación del rumbo y echado de las capas.

Los valores de rumbo y echado de un horizonte se pueden encontrar, conociendo la ubicación y la altitud de tres puntos sobre el mismo, y si el horizonte es verdaderamente un plano y no una superficie curva.

Material requerido para la determinación del rumbo y echado de las capas

- 1.- Escuadras
- 2.- Escalimetro
- 3.- Mapa topográfico

Datos propuestos

- 1.- posición y elevación de cada uno de los puntos de afloramiento.

Procedimiento.- El procedimiento para determinar el rumbo y echado de las capas, varia de acuerdo a la posición de los patrones de afloramientos.

Caso I. Se ilustra un mapa que muestra la posición del afloramiento de una capa arenisca.

1.- seleccionar tres puntos, ya sea en la cima o en la base de la capa de interés (a,b,c). Dos de estos puntos deben tener igual elevación (a,b) para obtener una mayor precisión en la construcción, es veniente seleccionar puntos espaciados.

2.- El rumbo El rumbo de la capa se determina uniendo los dos puntos de igual elevación en el plano estructural, línea a-b. Esta línea se encuentra en la base de la capa y es horizontal por unir puntos de una misma curva de nivel.

3.- a una distancia arbitraria de b, trazar la línea C-D y localizar la elevación relativa de la línea de rumbo así como la del tercer punto c en el plano vertical, usando la misma escala del mapa.

4.- el echado se obtiene, uniendo el punto c con los puntos ab en el plano vertical. El echado también puede determinarse midiendo en el mapa o el plano vertical la distancia y la diferencia de elevación a partir de la línea de rumbo al tercer punto, usando la sig. Ecuación:

$$\text{Tan} = v / h$$

Donde v, es la distancia vertical o la diferencia de elevación y h es la horizontal o distancia del mapa.

Caso II

Se muestra los afloramientos a,b,c, situados en el plano superior de la estratificación de una capa de caliza.

Este problema al igual que el interior, se resuelve gráficamente.

1.- para determinar la horizontal de un plano de estratificación, se deben unir puntos de igual elevación, por esta razón, es necesario interpolar la línea b-c, localizando de esta manera el punto a' con igual cota que el punto a.

2.- unir los puntos a y a', y en esta dirección trazar las proyecciones a un plano vertical de cada uno de los puntos a, b,c, usando la misma escala del mapa.

3.- el ángulo de inclinación, se mide en el plano vertical, a partir de una línea paralela a la línea de tierra y la línea cab.

4.- en caso de conocer algún afloramiento del plano inferior del estrato, el espesor se obtiene proyectando el punto de afloramiento d, al plano vertical con su correspondiente cota.

5.- considerando que la capa tiene un espesor uniforme, se traza una línea en el punto d, paralela a la línea cab. El espesor (t) se mide perpendicularmente.

Diseño de afloramientos

Se puede predecir el diseño del afloramiento de un horizonte si se dispone de un mapa topográfico, si se conoce la inclinación y el rumbo del horizonte y de un afloramiento de mismo. Sin embargo esto es posible solamente si el horizonte es verdaderamente una superficie plana; es decir, si su inclinación y rumbo son constantes.

Material requerido

- 1.- escuadras
- 2.- escalímetro
- 3.- mapa topográfico

Columna fanerozoica relativa.

Principio horizontal original. Todos los sedimentos se depositan de manera horizontal.

Plegamientos de las rocas: posterior a la formación de la roca.

Principio de superposición

- secuencia sedimentaria
- Eventos sedimentarios
- Ordenamiento: - arcillas –areniscas –isócronas
- litó secuencia. Positiva
- sedimentación retrogradante
- sopla miento expansivo
- No hay diacronismo

Ley de la discontinuidad: Es una superficie de no sedimentación

Perdida del registro geológico

- Una discontinuidad una sección transversal por una línea ondulada
- Cuando ocurre la erosión
- secuencia
- Plegamiento
- Discordancia
- Edad que tiene la discontinuidad
- Mas antigua que el sedimento a y mas antigua que el b
- No hay secuencia

Principio del diastrofismo.- dos tipos de movimiento epiróticos, y orogénicos.

Epiróticos.- son aquellos que atrapan la corteza y la elevan sin formación. Por ejem. Plataforma de Cancún

Orogénicos ocasionan fracturamiento

Fractura.- es una abertura no tiene desplazamiento horizontal pero si vertical

Falla es una abertura.

Sedimento inferior

Plegamiento inferior

Discontinuidad

Edad más joven que los sedimentos

Plegamiento más joven que la última.

Principios de las secciones intrusiones

Eventos cortantes

- Batolitos
- Sedimentos
- dique

Conceptos de Azimut y Rumbo

La dirección de los alineamientos en topografía se dan en función del ángulo que se forma con el meridiano de referencia y puede ser de dos tipos: azimut o rumbos.

Azimut de un alineamiento

Es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir del extremo superior de un meridiano, conocido comúnmente como NORTE, hasta el alineamiento respectivo. Su valor puede estar entre 0 y 360° en el sistema sexagesimal o entre 0 y 400 gones en el sistema centesimal.

Rumbo de un alineamiento

Es el ángulo horizontal que el alineamiento dado forma con respecto al meridiano de referencia, medido con la línea de los extremos norte ó sur, según la orientación que tenga dicho alineamiento. Se expresa como un ángulo de 0 a 90°, indicando el cuadrante en el cual se encuentra situado.

Para calcular los rumbos a partir de los azimut se emplean las obvias relaciones deducidas en la figura siguiente y que se presenta en la Tabla que la acompaña.

Conversión de Azimut a rumbos

Valor del Azimut	Valor del Rumbo
$Az^\circ = 0^\circ = 360^\circ$	Norte (N)
$0^\circ < Az^\circ < 90^\circ$	N Az° E
$Az^\circ = 90^\circ$	Este (E)
$90^\circ < Az^\circ < 180$	S $(180-Az^\circ)$ E
$Az^\circ = 180^\circ$	Sur (S)
$180^\circ < Az^\circ < 270^\circ$	S $(Az^\circ-180)$ W
$Az^\circ = 270^\circ$	Oeste (W)
$270 < Az^\circ < 360^\circ$	N $(360-Az^\circ)$ W

Contra azimut de un alineamiento

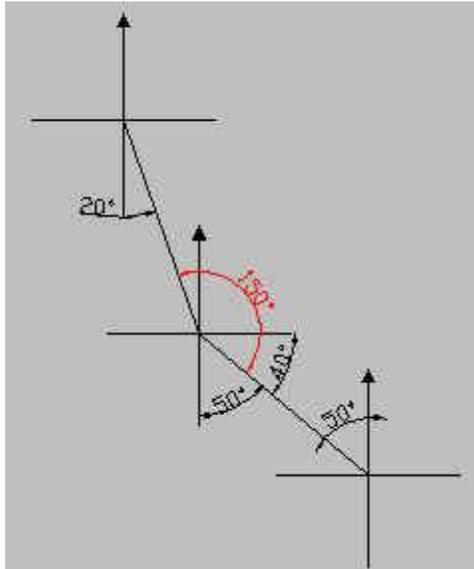
El contra azimut de un alineamiento es el azimut observado desde el otro extremo del mismo. En la Figura se ilustran los casos posibles que se pueden presentar. Como se puede deducir, el contra azimut de un lineamiento se puede calcular por la siguiente expresión:

$$\text{Contra azimut de un alineamiento} = \text{Azimut del alineamiento} \pm 180^\circ.$$

Se aplica el signo (+) si el azimut del alineamiento es menor a 180° y el signo (-) si el azimut es igual o mayor de 180°.

Contra rumbo o rumbo inverso de un alineamiento

El contra rumbo de un alineamiento es el rumbo de ese alineamiento medido en sentido contrario. En la Figura se ilustran los casos posibles. Se deduce fácilmente que el contra rumbo de una lineamiento, tiene el mismo valor numérico que su rumbo, pero cuadrante opuesto. Son cuadrantes opuestos el NW con el SE y el NE con el SW.



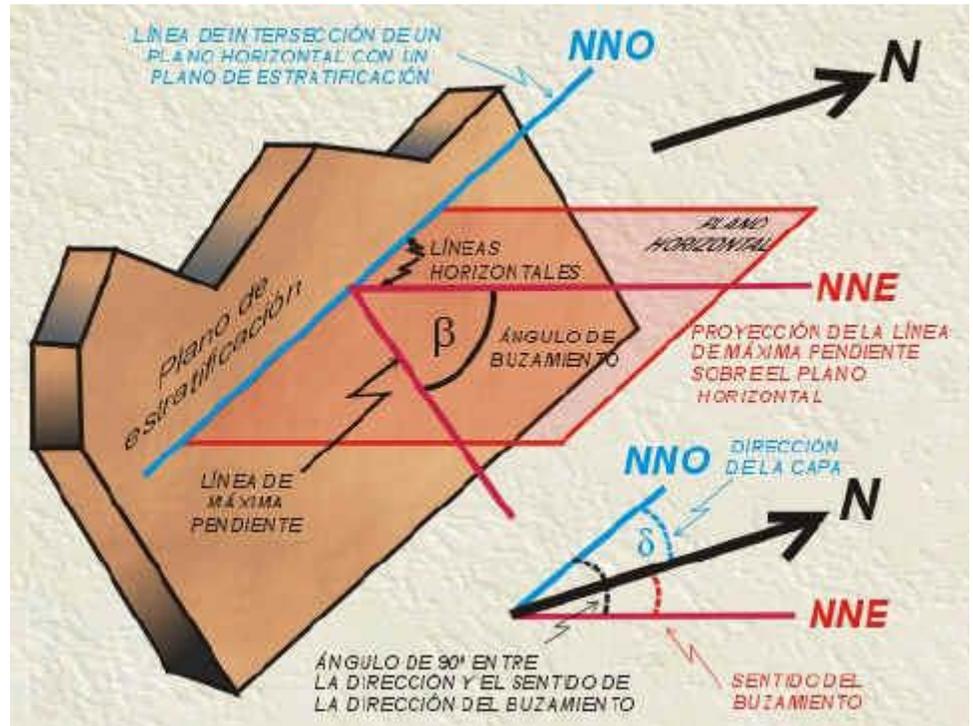
● Representación de elementos geométricos

Concepto de dirección y buzamiento de un plano

En un mapa geológico cualquier elemento geométrico que queramos situar en él debe referenciarse con respecto al norte geográfico (dirección, \square) y al plano horizontal (buzamiento, \square). Por tanto, para interpretar los mapas geológicos es fundamental definir los conceptos de **dirección** y **buzamiento** de un plano. Ya que generalmente mediante un plano podemos representar gran cantidad de estructuras geológicas, por ejemplo, un estrato, una falla, un dique, etc.

- **Dirección de un plano** (\square \square). Se puede definir como el ángulo de una línea horizontal contenida en ese plano con respecto al norte. Para determinar la dirección de una capa o estrato podemos considerar cualquier plano paralelo al muro o al techo del estrato. El valor de la dirección puede darse según varias notaciones: de 0° a 360° (ejemplo: 235° , 125° , 85° ,...); de 0° a 180° y añadiendo que sentido tiene la dirección: oeste (O) o este (E) (ejemplo: $N125^\circ E$, $N45^\circ E$, $N150^\circ O$,...).
- **Buzamiento de un plano** (\square). Se puede definir como el ángulo que forma la línea de máxima pendiente contenida en dicho plano con respecto a la horizontal. La línea de máxima pendiente en un plano es siempre perpendicular a la dirección del mismo. El valor del buzamiento varía entre 0° y 90° . Para determinar correctamente el buzamiento es necesario determinar hacia que lugar de la rosa de los vientos se

inclina el plano considerado. Es decir, hacia donde se introduce el plano en el terreno.



Concepto de sentido de inmersión e inmersión de una línea.

En el caso de querer determinar la orientación de una línea debemos determinar su sentido e inmersión, que son conceptos análogos a los de dirección y buzamiento de un plano pero referidos en este caso a elementos geométricos asimilables a una línea. Mediante una línea también se representan gran cantidad de estructuras geológicas, por ejemplo, un eje de pliegue, un alineación mineral, etc.

- **Sentido de Inmersión de una línea (S□).** Se puede definir como el ángulo que forma con respecto al norte el plano vertical que contiene a esa línea. A diferencia de los planos, para la correcta orientación de las líneas en el espacio debe definirse el sentido de la dirección. Por lo tanto, la notación del sentido de la inmersión suele darse de 0° a 360°.
- **Inmersión de una línea (□).** Se puede definir como el ángulo que forma una línea con un plano horizontal medido sobre un plano vertical que contenga esa línea. El valor de inmersión de una línea varía entre 0° y 90°. En este caso no hace falta indicar hacia dónde es la inmersión pues ya ese valor ya ha quedado definido por el sentido de la inmersión.

Rastreo sobre mapas

El rastreo en un mapa viene a ser parte indispensable de sus conocimientos sobre lectura de mapas, le proporciona una manera de extraerle a la fuente informaciones valiosas, a través de la discusión de sus movimientos y observaciones antes de su captura. Su experiencia como interrogador le permitirá guiar a la fuente (usando el mapa) hacía un punto común reconocidos por Ud. y la fuente. Esto le da a Ud. un punto de partida para emprender un rastreo de la fuente hasta el lugar de su captura o punto donde comenzó su marcha.

Un mapa militar del área respectiva es un requisito indispensable para hacer un interrogatorio minucioso. Ud. deberá obtener los mapas necesarios antes del interrogatorio. Los mapas de grande escala son los mejores para los fines del interrogatorio, y deben ser de la misma escala que los mapas usados por las secciones de inteligencia a que Ud. sirve. El rastreo en un mapa ayuda particularmente en interrogatorios de las fuentes dispuestas a indicar las posiciones enemigas, ubicaciones de las armas, concentración de tropas, y los objetivos enemigos de naturaleza estratégica o táctica.

DESARROLLO

Como primer punto, tanto Ud. como la fuente tienen que reconocer una localidad sobre el terreno que pueda servir de punto de referencia común para comenzar el rastreo en el mapa.

El interrogador puede obtener informaciones sobre la hora, lugar y circunstancias de la captura de un PGE, y la unidad que hizo la captura, de la cédula de prisioneros que acompaña a la fuente, y que prepara la unidad captora, o de los resultados de haber interrogado al guardia o escolta.

Las coordenadas ayudaran al interrogador a ubicar con exactitud sobre el mapa el punto de captura, esto ayudara a la fuente a recordar las características del terreno en esa área. Marque Ud. el punto de captura usando las coordenadas de seis dígitos.

Si la fuente puede recordar el punto de captura, esto puede ser utilizado como un punto de referencia común.

Si el interrogador no tiene información precisa de la unidad captora acerca del punto de captura, y la fuente no recuerda donde fue capturado, otro sitio en 'el terreno conocido por ambos, el interrogador y la fuente, tendrá que ser ubicado para servir como punto de partida.

Este punto común se puede hallar generalmente preguntándole a la fuente lo siguiente:

- ¿Cual fue el punto de donde partió?

- ¿Que ruta tomo?
- ¿Por donde estuvo?
- ¿Que vio durante su trayectoria?

El mejor punto de partida para usar en el rastreo en un mapa es el punto de la captura, volviendo hacia atrás hasta el punto donde parti6. De esta manera Ud. comienza con un punto en el mapa que la fuente recuerda mas vividamente, y Ud. parte de ese punto hacia el pasado que el recuerda en forma menos clara.

Independientemente del orden que Ud. sigue para el rastreo en un mapa, los procedimientos se mantienen igual.

A. GUIAS PARA EL RASTREO SOBRE UN MAPA

1. Suplemento de Mapas o Cartas: Cuando no se dispone de cartas o mapas o los que hay son inadecuados, las mesas de arena, modelos de tierra, fotografías o bosquejos pueden servir de suplemento.

2. Escala de Mapas: Los mapas de escala grande son los mas adecuados para el rastreo: Ejemplos: 1:12, 500, 1:25, 000 o 1:50, 000.

3. Actitud de la fuente: Es esencial que la fuente brinde su cooperaci6n para facilitar el rastreo sobre un mapa.

4. Antecedentes de la fuente: Obtener conocimiento de sus antecedentes incluyendo: Misión, Posici6n y rango antes de su captura.

B. PROCEDIMIENTOS PARA EL RASTREO EN UN MAPA

1. DETERMINAR SI LA FUENTE SABE LEER UN MAPA: Cuando Ud. este listo para iniciar el rastreo de la fuente en un mapa lo primero que debe hacer es determinar si la fuente sabe leer un mapa.

a. SI LA FUENTE DICE QUE SI: Compruebe si eso es cierto pidiéndole a la fuente que ubique en el mapa el punto de su captura. Muéstrole a la fuente el mapa que Ud. tiene para determinar si es un hecho que la fuente es capaz de orientarse en un mapa.

1. Si la fuente si sabe leer el mapa, prosiga preguntándole sobre otras localidades (sin entrar en los procedimientos para el rastreo en el mapa) y marque las informaciones de estas de la misma manera que cuando hace el rastreo.

2. Si la fuente parece no estar familiarizado con las características del mapa de Ud., trate de orientarlo explicando:

- a. Las señales y símbolos utilizados.
- b. El significado de los colores.
- c. La red de líneas y otras características.

4. Si después de esta orientación la fuente es capaz de ubicar su punto de captura, quizás Ud. no tenga que utilizar los procedimientos para el rastreo en el mapa.

5. Pregúntele a la fuente, y haga que ubique en el mapa las diversas disposiciones.

6. Marque Ud. estas disposiciones de la misma manera que cuando hace el rastreo.

b. SI LA FUENTE DICE QUE NO (sabe leer un mapa):

1. Pregúntele si sabe determinar las direcciones de la brújula:

a. Si la fuente dice que SI: Compruebe si es cierto. Pregúntele (por ejemplo) "¿Si Ud. esta mirando al sol cuando sale en la mañana, Que dirección de la brújula estaría a su derecha?" si contesta "sur" puede Ud. deducir que cualquier dirección de brújula que el le de durante el resto del rastreo en el mapa estará correcta. Si la fuente le da otra contestación, tendrá Ud. que utilizar otros métodos para determinar las direcciones de la brújula (por ejemplo, izquierda o derecha, en lugar de norte y sur).

b. Si la fuente dice que NO: Ud. tendrá que depender de otras informaciones que ofrezca para poder rastrear la fuente en el mapa. Esto también significa que Ud. tendrá que conducir la fuente muy cuidadosamente para determinar su camino con exactitud.

c. La idea básica de todo esto es: si la fuente no sabe leer un mapa, no puede indicar las disposiciones que Ud. necesita conocer. Tiene Ud. que obtener las disposiciones guiando a la fuente.

2. DETERMINAR EL PUNTO COMUN: Se lleva a cabo después de determinar si la fuente sabe o no leer un mapa

a. Recuerde que el punto de captura es el mejor lugar para comenzar el rastreo de un mapa.

3. LIMITAR EL AREA GEOGRAFICO SOBRE LA CUAL SERA INTERROGADO LA FUENTE:

- a. Se le pregunta a la fuente mas detalles sobre lo que el había estado haciendo, donde había estado, lo que había visto, y preguntas pertinentes.
- b. La distancia que el PGE ha caminado desde su punto original de partida hasta su punto de captura es conocido como "ruta".
- c. La ruta limita el ámbito del interrogatorio a la parte del terreno con la cual la fuente esta familiarizada.

4. MARCAR EL MAPA DONDE CORRESPONDE: Después de tener el punto de referencia (punto común) hay que marcar el mapa en el área donde corresponde.

- a. Hay que indicar en el mapa el punto de captura o el punto común (puede ser el mismo punto).
- b. Se le pide a la fuente que describa el área alrededor del punto de captura.
- c. Luego de que la fuente describa el área se le pide que describa la ruta que el tomaría para retornar a su punto de partida, esto puede ser la unidad, patrulla, puesto avanzado, etc. de la fuente. Ud. puede referirse a lo que la fuente declaro sobre su misión, así como al cuadro suyo de línea y bloques.

5. INTERROGAR LA FUENTE SOBRE UBICACIONES DE OTRAS UNIDADES:

- a. A medida que va rastreando la fuente, Ud. también tiene que interrogarle sobre las ubicaciones de otras unidades, incluyendo designación numérica, tamaño y tipo.
- b. Se anota la ubicación de cada unidad con las siguientes informaciones:

1. Actividad tales como:

- a. Puesto de Comando.
- b. Despliegue.
- c. Campo Minado.
- d. Puesto de Observación, etc.

2. Designación completa de la unidad.

3. La última vez que la fuente estuvo allí, o que tuvo información de la unidad referida. (Fecha de Información, escuchado, sí es el caso).

4. Deberá también determinar que otras unidades disposiciones y medidas de defensa seguridad del enemigo están localizadas en la ubicación principal del enemigo, o cerca de ella.

c. Ud. después ubica las otras posiciones en el mapa, y las identifica de la misma manera.

d. Si la fuente le comunica alguna información que haya escuchado sobre localizaciones, anote Ud. esta información en el mapa del mismo modo. Además indique la siguiente información respecto a la persona de quien la fuente recibió la información:

1. NOMBRE:
2. GRADO/RANGO
3. FUNCION:
4. Unidad de la persona de quien la fuente recibió la información.
5. Pregúntele a la fuente cuando fue que esa persona que proporcione la información, vio la localidad la actividad en cuestión.
6. La Fecha de la información.

e. Para completar los procedimientos de rastreo en el mapa, Ud. deberá también preguntarle a la fuente sobre otras ubicaciones, objetos, etc. de significado militar que el ha visto, escuchado, o tiene conocimiento de que pertenecen a las fuerzas de la fuente.

6. LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL RASTREO EN UN MAPA PUEDEN VARIAR SI:

a. La fuente no sabe leer el mapa de Ud.

b. La fuente sabe la dirección de la brújula y puede proveer la dirección y orientación específica de las rutas, disposiciones de tropas, emplazamientos, etc.

c. Ud. esta haciendo el rastreo en el mapa utilizando un sustituto del mapa, tal como una foto aérea, documentos capturados (mapas diseñados a mano), o un mapa dibujado en forma tosca por una fuente que no sabe como leer un mapa.

7. LOS PROCEDIMIENTOS IMPORTANTES QUE DEBE RECORDARSE DURANTE EL RASTREO EN EL MAPA SON:

a. Mantener contacto visual con la fuente durante el rastreo en el mapa. Mantener contacto visual y anotar su mapa al mismo tiempo requiere un poco de práctica, pero es una habilidad que tiene que dominarse.

b. Mantener la atención de la fuente.

c. Tomar buenas anotaciones mientras rastrea la ruta de la fuente.

Recuerden que este proceso también puede ser efectuado en reversa, o sea encaminar la fuente utilizando los mismos principios hasta llegar a su punto original.

Bibliografía

<http://www3.gratisweb.com/cmam/cartas2.htm>

www3.gratisweb.com/cmam/CARTAS.HTM -

www.montanauch.cl/expediciones/prog_sem1_2002.htm

<http://www.uco.es/~bb1rofra/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html>