

“SISTEMAS DE PROYECCIÓN Y CARTAS”

I.- CONCEPTOS PRELIMINARES.

A.- La carta de navegación

"Se llama **carta de navegación** la representación gráfica de una porción de la superficie del mar y costa adyacente, dibujada en papel plano, a escala, de forma semejante, orientada y exacta. Su trazado se hace mediante un sistema de proyección adecuado según sea la finalidad que tiene."

Las cartas son uno de los elementos más importantes del cargo de navegación, con ellas el navegante determina el **rumbo** y la **distancia** a navegar para dirigirse a donde desee, con **seguridad** y **rapidez**; fijando su **posición o situación** durante el viaje.

Las cartas traen entre otras informaciones las siguientes:

- Los meridianos y paralelos.
- Líneas de costa, rocas, bajos, faros, boyas, sondas, islas, etc.
- El relieve y topografía cercano a costa.

Todo lo anterior de acuerdo a lo establecido por la Organización Hidrográfica Internacional [OHI], con sede en Mónaco.

B.- Propiedades fundamentales.

Para que una carta sirva a la navegación debe ser: **Plana, semejante, exacta, a escala, orientada, completa, clara y al día.**

Estas propiedades se obtienen mediante el empleo de:

- 1.- Procedimiento geodésico de medición en tierra y sobre el agua, lo que se logra mediante las operaciones de un trabajo hidrográfico.
- 2.- Un sistema de proyección que permita obtener un dibujo exacto, semejante y a escala del área que representa, sin deformaciones.

II.- LA FORMA DE LA TIERRA

Existen a lo menos tres superficies que se deben tomar en cuenta. La superficie topográfica es en esencia lo que realmente existe y es la superficie que requiere ser representada. Es también la superficie sobre la cual se efectúan las mediciones geométricas. Desafortunadamente, la superficie topográfica es tan irregular que resulta imposible representarla mediante una forma matemática y por ello, no permite el desarrollo directo de cálculos. Del mismo modo, esta superficie no proporciona referencias a las cuales referir las mediciones geométricas. El concepto de **geoide** es introducido para así tener una superficie sobre la cual referir las medidas y el **elipsoide**, para proporcionar una superficie matemáticamente definible sobre la cual realizar los cálculos.

A.- El geoide

El geoide es una superficie en la cual el potencial de gravedad es el mismo en cualquier punto. En cada punto de esta superficie, la dirección de la gravedad es perpendicular a la tangente del punto en cuestión El Nivel Medio del Mar (N.M.M.) define con bastante exactitud el geoide.

Las propiedades más importantes del geoide son:

- a.- Es la única superficie equipotencial que puede ser referida en la práctica con la superficie de la tierra. El N.M.M. establecido en cualquier lugar define la forma del geoide.
- b.- En la práctica, las mediciones angulares hechas a cualquier altura pueden considerarse como medidas sobre el geoide.
- c.- Las distancias medidas, una vez corregidas y llevadas al N.M.M. pueden considerarse que están referidas al geoide.
- d.- Las coordenadas obtenidas astronómicamente, luego de ser procesadas y corregidas, determinan la posición de un punto en el geoide.

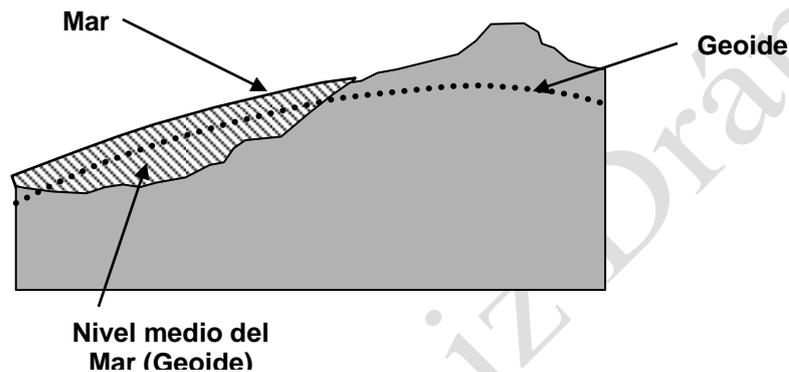


Fig. N° 1 ("El Geoide")

Las coordenadas de cualquier punto en la tierra pueden ser determinadas independientemente, ya sea por astros o satélites artificiales y referirlas al geoide. Sin embargo para relacionar las posiciones independientes, se requiere introducir una superficie matemática definible, que se aproxime al geoide, y ella es el elipsoide.

B.- El Elipsoide

El elipsoide proporciona el mejor modelo de figura geométrica que se ajusta al geoide.

Hay más de un elipsoide de referencia; y cada uno de ellos se ajusta a las necesidades locales. Sus diferencias son pequeñas y se adaptan a diferentes partes del mundo. El elipsoide en uso en una área dada, sólo es materia de conveniencia, de manera tal que éste coincida lo más posible con el geoide en este lugar.

El elipsoide es una figura que resulta de hacer rotar una elipse en torno a su eje menor y puede ser definido, en términos generales por dos parámetros, a saber, el semi eje mayor y el achatamiento.

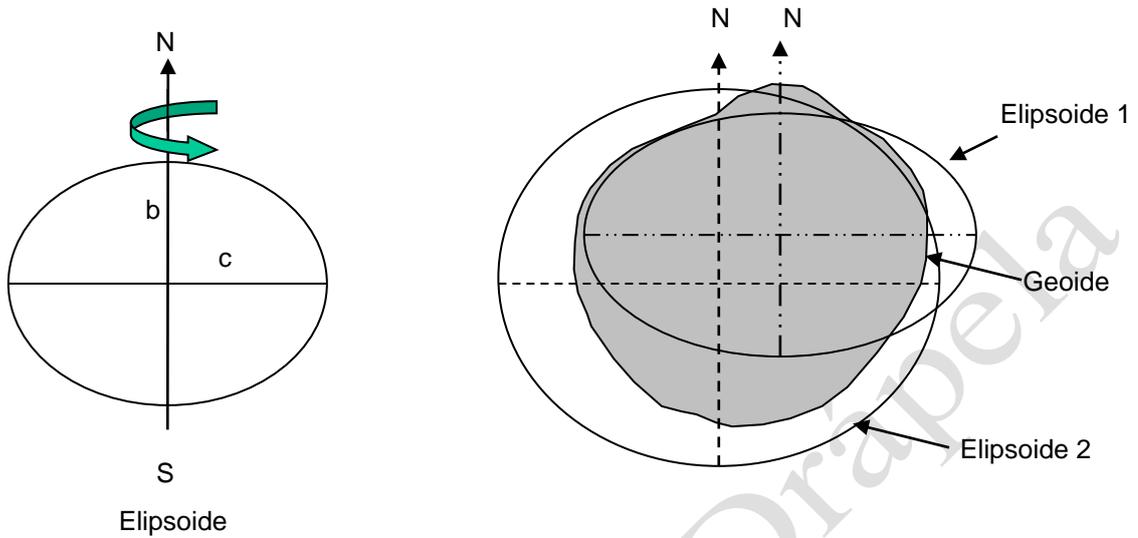


Fig. N° 2 ("El elipsoide")

C.- El dátum Geodésico

Se pueden distinguir dos tipos de dátum, el local y el internacional. El dátum local es la referencia geográfica que se ha adoptado para vincular las mediciones geodésicas de una región o país, en cambio el dátum internacional es la referencia que han adoptado un conjunto de países, con el objeto de vincular y referir sus trabajos geodésicos y así determinar la verdadera magnitud y forma de un continente o de la tierra.

La definición de dátum geodésico en general está dada por seis valores que son:

- 1.- Latitud geodésica del punto.
- 2.- Longitud geodésica del punto.
- 3.- El azimut de la línea, desde este punto a una marca.
- 4.- a = semi eje mayor
- 5.- f = achatamiento
- 6.- altura geodésico 0 altura elipsoidal.

D.- Otros Alcances

Finalmente, por conveniencia y debido a la poca influencia de la forma de la tierra, algunas veces es considerada como una esfera. En efecto, los cálculos de las observaciones astronómicas, las Tablas de Navegación astronómicas, los Almanques Náuticos, etc., consideran en su formulación que la tierra es una esfera perfecta.

III.- PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

A.- Generalidades

Si bien es cierto que el elipsoide proporciona un cuerpo matemáticamente definido, - mediante el cual los accidentes topográficos de la superficie terrestre pueden ser representados virtualmente sin distorsión, - no constituye un medio apto para el uso del navegante. Para lograr que los resultados puedan ser utilizados por éste, se requiere que los datos se representen en una superficie plana. No es posible convertir la superficie de un elipsoide en un plano manteniendo al mismo tiempo sus características sin distorsión.

B.- Superficies Desarrollables

Una superficie desarrollable es aquella que puede ser extendida en un plano sin arrugas o cortes.

Las superficies desarrollables que se utilizan en las proyecciones cartográficas son: el cilindro, el cono y el mismo plano. Una proyección es el método de representar toda o parte de la superficie del elipsoide en una superficie plana. Cualquier proyección inevitablemente producirá alguna distorsión.

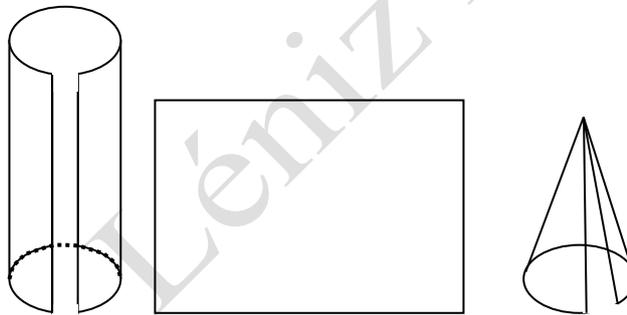


Fig. N° 3 ("Superficie desarrollables")

C.- La Proyección Ideal

Una proyección libre de distorsiones - si ello pudiera lograrse - tendría las siguientes características

- 1.- Los rasgos físicos tendrían forma real.
- 2.- Existiría correcta relación angular.
- 3.- Representarla correctamente las áreas.
- 4.- La escala sería una sola en toda la extensión.
- 5.- Los círculos máximos serían líneas rectas.
- 6.- Los rumbos serían representados por líneas rectas.

D.- Clasificación de las Proyecciones

Las proyecciones pueden ser clasificadas de acuerdo a las siguientes variables

- 1.- Naturaleza : plana - cónica - cilíndrica.
- 2.- Coincidencia : tangente - secante - polisuperficial.
- 3.- Posición : normal - transversal - oblicua.
- 4.- Propiedades : equidistante - equivalente - conforme.
- 5.- Generación : geométrica - semi geométrico - convencional.
- 6.- Las proyecciones de mayor interés para el navegante son: Mercator, Transversa de Mercator, UTM, Policónica y Gnomónica.

E.- La Proyección Mercator

Esta proyección es de uso generalizado en la elaboración de cartas náuticas. Sus características son: cilíndrica, tangente, normal, conforme y semi geométrico. Los meridianos son rectos, uniformemente espaciados y paralelos. Los paralelos son rectos, paralelos, desuniformemente espaciados y perpendiculares a los meridianos. El intervalo entre paralelos aumenta a medida que crece la latitud, en la misma proporción que se expanden los meridianos. La distorsión en escala y área aumenta con la latitud a un punto tal que su uso en altas latitudes llega a ser inconveniente y muy poco práctico.

La ventaja más significativa es que las líneas de rumbo son líneas rectas. Si bien esta línea, - que une dos puntos, constituye el rumbo a navegar entre ellos, no necesariamente es la distancia más corta. La ubicación de puntos utilizando un sistema rectangular de coordenadas a través de la latitud y longitud constituye también una ventaja apreciable.

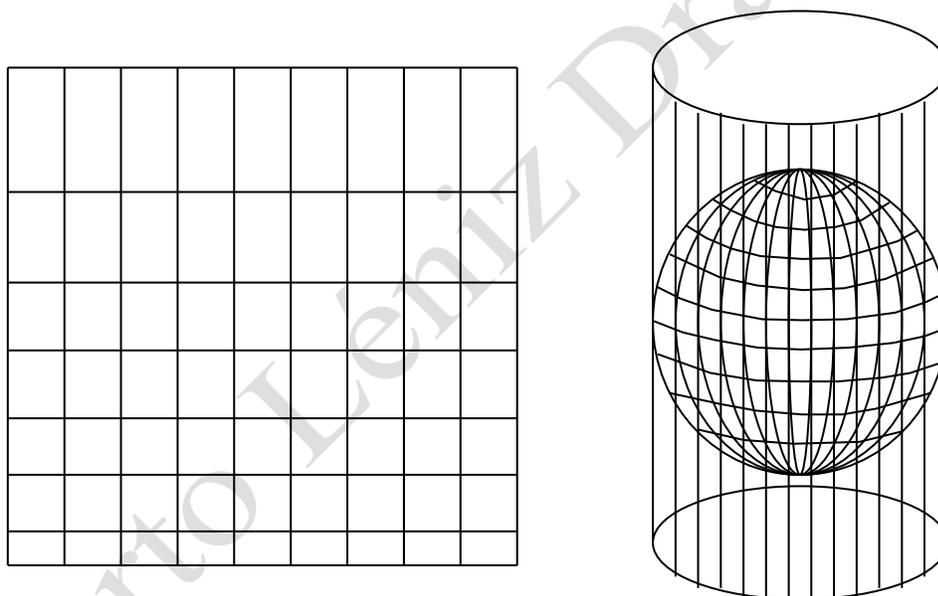


Fig. N° 4 ("Proyección Mercator")

E.- La Proyección Transversa de Mercator

En su forma general, esta proyección es: cilíndrica, tangente, transversa, conforme y semi geométrico. La expansión ocurre en los meridianos hacia el este o oeste del meridiano central o meridiano de tangencia.

Los meridianos están representados por líneas curvas, cóncavas hacia el meridiano central, siendo sólo este último una línea recta. Los paralelos son líneas curvas paralelas entre sí, convexas hacia el Ecuador. Las distorsiones aumentan en la medida que nos alejamos del meridiano central.

Esta proyección se utiliza por las ventajas que representa en el desarrollo de un sistema plano mundial de coordenadas. El meridiano central de la proyección transversa de Mercator es un círculo

máximo, a lo largo del cual la distorsión es "cero".

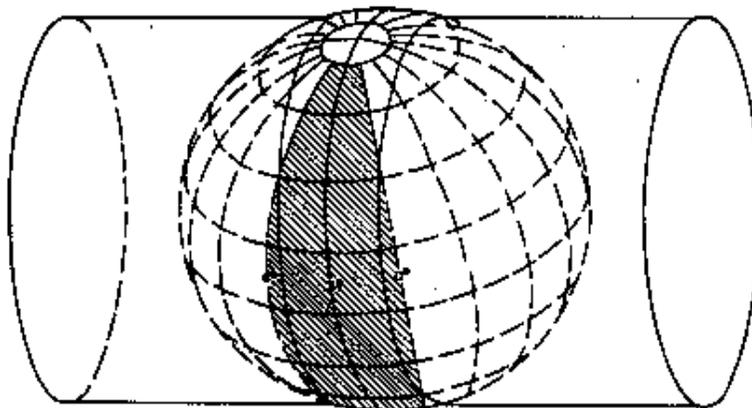


Fig. N° 5 ("Proyección Transversa de Mercator")

F.- La Proyección Universal Transversa de Mercator (U.T.M.)

Este es un sistema que utilizando la proyección transversa de Mercator, tiene dividido el globo terráqueo a lo largo del Ecuador en 60 sectores, cada uno de ellos cubriendo 62 de longitud. Sobre cada una de estas zonas se ha superpuesto una grilla de coordenadas planas. El origen de las "x" lo constituye el meridiano central, al cual se le da el valor arbitrario de 500.000 metros y el origen de las "y" lo constituye el Ecuador, al cual se le ha asignado el valor de "0" para el hemisferio norte y 10.000.000 mts. para el hemisferio sur.

La distorsión en la escala en el sistema U.T.M. se ve reducida dado que el cilindro es secante al elipsoide, teniendo un factor de escala de 0.9996 en el meridiano central mientras que en los dos sectores en donde es secante, no presente distorsión en escala.

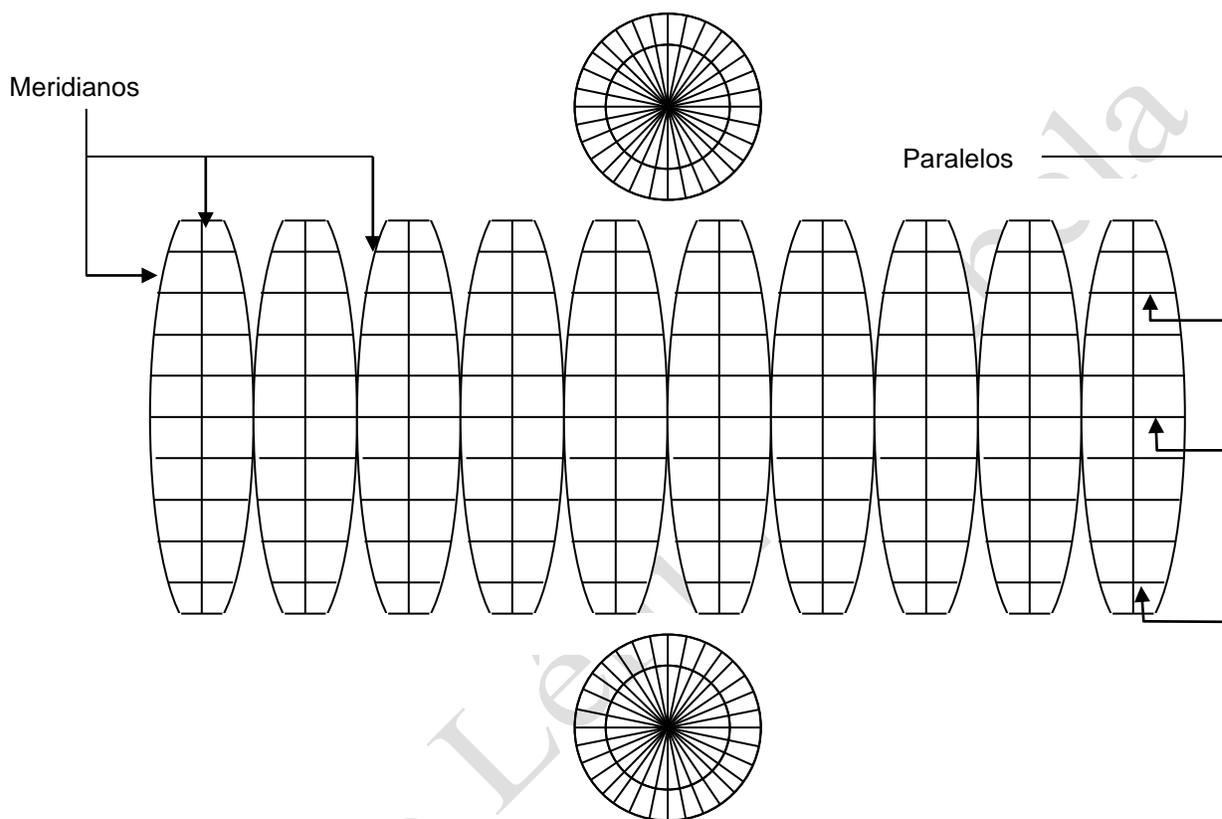


Fig. N° 6 ("Proyección Universal Transversa de Mercátor. (UTM)")

G.- La Proyección Policónica

Esta proyección es cónica, polisuperficial, normal y semigeométrica. Los paralelos son representados por arcos de círculos no concéntricos. El radio de cada círculo es determinado mediante su coincidencia sobre un cono tangente en cada paralelo. El meridiano central está representado por una línea recta. Todos los otros meridianos son escalados desde el meridiano central, resultando líneas curvas cóncavas hacia el meridiano central. Dado que los paralelos son representados por arcos de círculo de radio decreciente a medida que se aproxima a los polos, ellos divergen hacia el Este y Weste del meridiano central.

El resultado es un aumento de la distorsión en la escala, a medida que aumenta la distancia desde el meridiano central. La distorsión es proporcional al cuadrado de la distancia desde el meridiano central y por ser despreciable en distancias pequeñas, esta proyección se ha utilizado mucho en los levantamientos hidrográficos.

Las ventajas de esta proyección son

- 1.- Su construcción manual es relativamente fácil.
- 2.- Un juego sencillo de tablas permite usarla sobre todo el elipsoide.

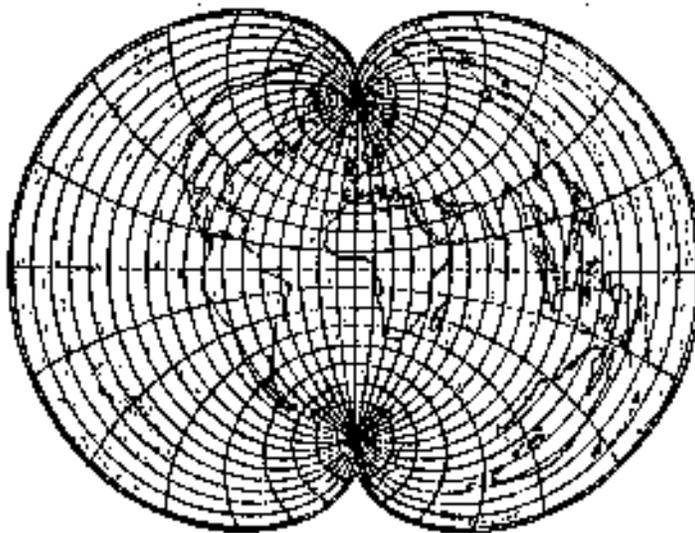


Fig. N° 7 ("Proyección Policónica")

H.- **La Proyección Gnomónica**

Por ser el círculo máximo la línea más corta que une los puntos sobre la esfera, una proyección que muestre a sus círculos máximos como líneas rectas reviste mucha importancia. La proyección Gnomónica cumple con esta ventaja y su origen es netamente geométrica, teniendo por centro de proyección el centro de la tierra. La superficie desarrollable es un plano tangente. La distorsión es tan grosera que sólo tiene valor como elemento para navegación por círculo máximo y pese a ello, el track debe ser transferido a una proyección Mercátor para ser de utilidad, resultando en esta última proyección una línea convexa hacia el polo más cercano.

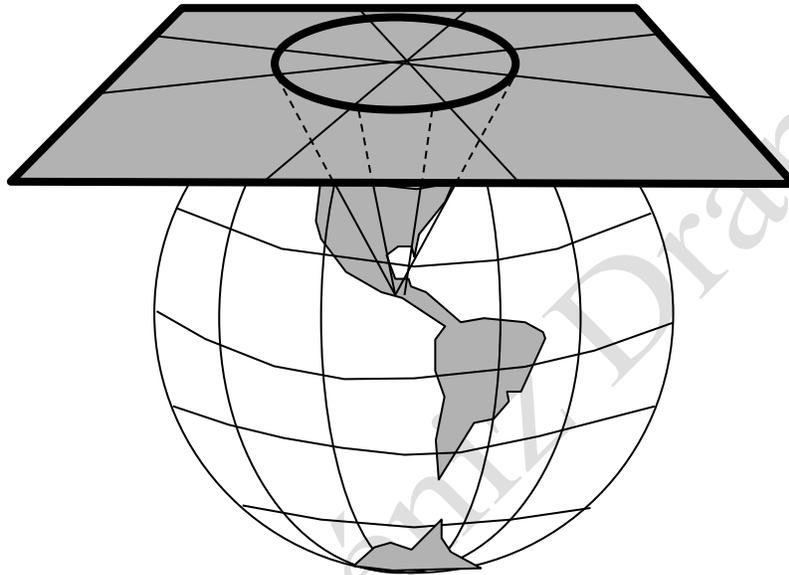


Fig. N° 8 ("Proyección Gnomónica")

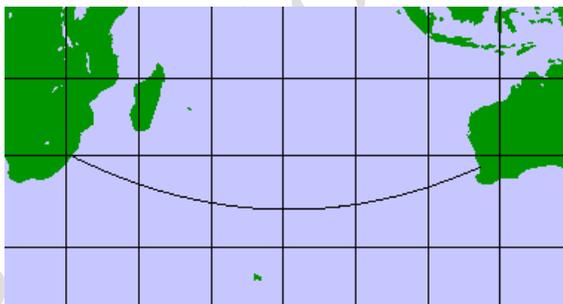


Fig. N° 8a) ("Proyección Mercátor")

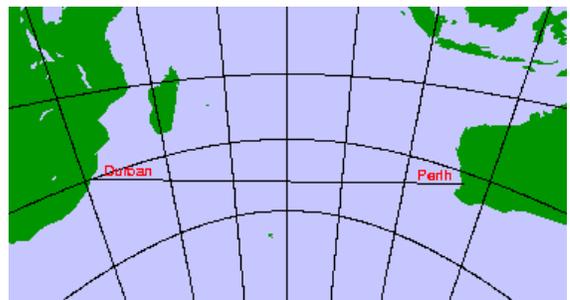


Fig. N° 8b) ("Proyección Gnomónica")

IV.- PROYECCION CILÍNDRICA.

Si colocamos un cilindro alrededor y tangente a la tierra en el Ecuador y por lo tanto paralelo al eje de la tierra - ver figura N° 9 -, y suponemos el punto del observador situado al centro de la tierra, al proyectar las diferentes líneas sobre el cilindro y desarrollándolo después, se verá que:

- 1.- El Ecuador es una línea recta.
- 2.- Los paralelos de latitud son líneas rectas y paralelos al Ecuador, aumentando la distancia entre ellos a medida que se aleja del Ecuador, ya que la latitud en la tierra está representada por **la tangente con la proyección**; de modo que cada grado de latitud se proyecta en función de la tangente del paralelo de latitud.

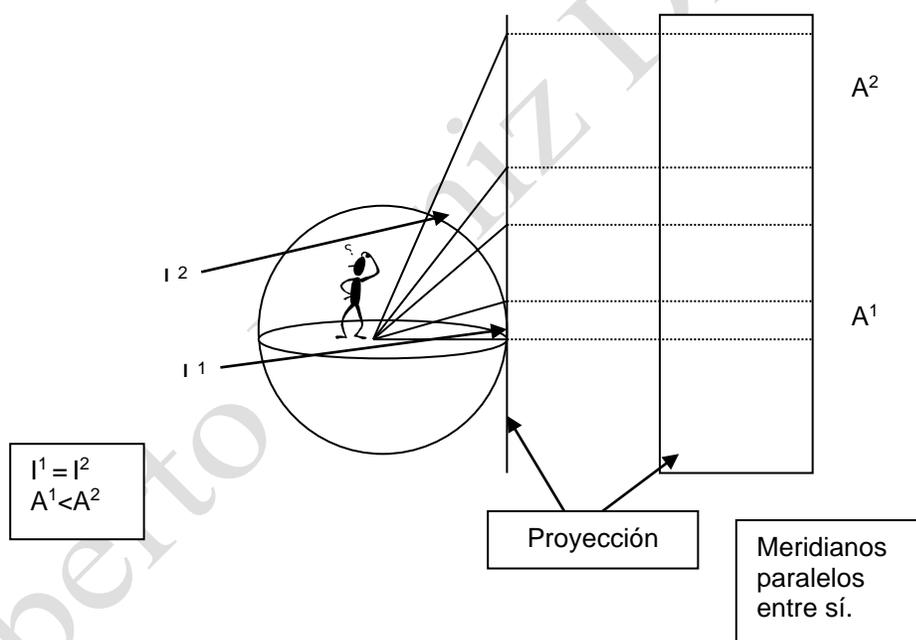


Fig N° 9

- 3.- Los polos no aparecen, se encuentran en el infinito.
- 4.- Los arcos de círculos máximos se proyectan como curvas, con su parte convexa hacia el polo elevado.
- 5.- Las loxodrómicas o líneas de rumbo se proyectan como rectas, formando ángulos iguales con los meridianos.

- 6.- Los meridianos se proyectan como líneas rectas, paralelas entre sí, igualmente espaciados y perpendiculares al Ecuador.

Este concepto se llama **LATITUD AUMENTADA** a la dimensión en U. de G. que tiene un arco de meridiano, desde el Ecuador hasta una latitud dada, medido en el Plano de la Proyección.

De la figura N° 10 se desprende la siguiente fórmula:

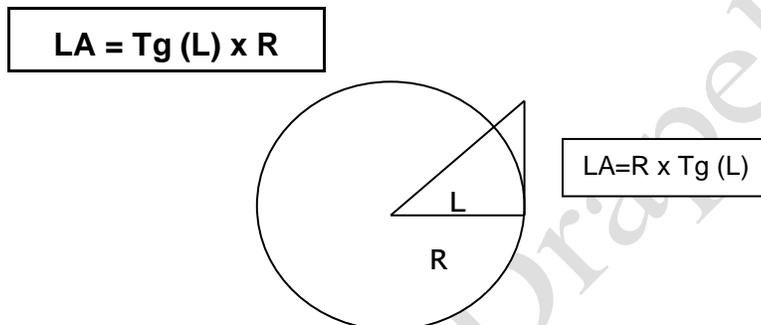


Fig N° 10 ("Latitud Aumentada").

En que LA = LATITUD AUMENTADA - Siempre se mide en Millas (minutos de arco)

L = Latitud del Lugar

R = Radio de la Tierra

Se llama Latitud Aumentada, por que su valor crece rápidamente con el aumento de la latitud. En efecto, para $L=0^\circ$ se tendrá $LA=0^\circ$, y para $L=90^\circ$ $LA=$ infinito.

Ej: Radio tierra = 3.442 millas

Latitud	$La = R * \tan(L)$	$Dist = L*60$	dif
0°	0 millas	0 millas	0
1°	60 millas	60 millas	0
30°	1.987 millas	1.800 millas	187
60°	5.961 millas	3.600 millas	2.361
80°	19.520 millas	4.800 millas	14.720
90°	inf.	5.400 millas	inf.

Se tiene entonces, que la proyección cilíndrica produce una deformación manifiesta en el sentido de la latitud en función de la tangente y como los meridianos se mantienen paralelos, el dibujo se **distorsiona**.

Por lo tanto, este tipo de proyección no sirve para la navegación no cumple con las propiedades que debe tener una carta de Navegación. Es por ello que se creó la **CARTA MERCATOR**.

V.- PROYECCIÓN MERCATOR

A.- Importancia

Este tipo de proyección le permite al **NAVEGANTE** construir graticulados donde pueda trazar líneas de posición astronómica y resolver analíticamente problemas de navegación a rumbo fijo o loxodrómica, "cualquiera sea la distancia a navegar". Sin una carta al navegante se le hace muy difícil cumplir con sus funciones.

B.- Propiedades

Las cartas Mercator se construyen de manera que:

- a.- Los rumbos fijos aparecen como líneas rectas.
- b.- Tal como sucede en la tierra, el ángulo entre el meridiano y el track se mantiene inalterable.

Para que se cumpla lo anterior es esencial que:

- a.- El **Ecuador** aparezca en línea recta.
- b.- Los **Paralelos** aparezcan como líneas rectas paralelas al Ecuador.
- c.- Los **Meridianos** aparezcan como líneas rectas perpendiculares al Ecuador.
- d.- Los **Meridianos** aparezcan igualmente separados entre ellos.

C.- Estiramiento de los meridianos en la carta

Como los Meridianos en la carta aparecen paralelos entre sí, y en la tierra van convergiendo hacia los Polos, la distancia entre Meridianos de la carta **va representando menos distancia** en la tierra a medida que aumenta la latitud.

Para que la escala de la carta, en un punto cualquiera, sea la misma en todas las direcciones, resulta imperativo **ir estirando los Meridianos a medida que aumenta la Latitud**.

D.- Partes Meridionales

Las Partes Meridionales se usan principalmente para calcular la **distancia entre paralelos** cuando se desea dibujar una carta.

Para subsanar el inconveniente de la proyección cilíndrica, ya expuesto, o sea, para que los continentes y mares conserven su semejanza, agrandándose tanto en latitud como en longitud, Mercator introdujo una modificación a la proyección cilíndrica, para obtener una Latitud Aumentada proporcional a la $\sec(L)$, tal como es el aumento del apartamiento en la proyección.

Para esto, en vez de proyectar toda la superficie terrestre sobre un cilindro tangente en el Ecuador, ideó una serie de cilindros paralelos cuyos ejes fueran el eje de la esfera, pero **sus radios van disminuyendo con el aumento de la latitud**, es decir, los radios de cada cilindro son radios del paralelo de latitud correspondiente a la base donde el cilindro corta la superficie de la tierra. Ver Fig N° 11.

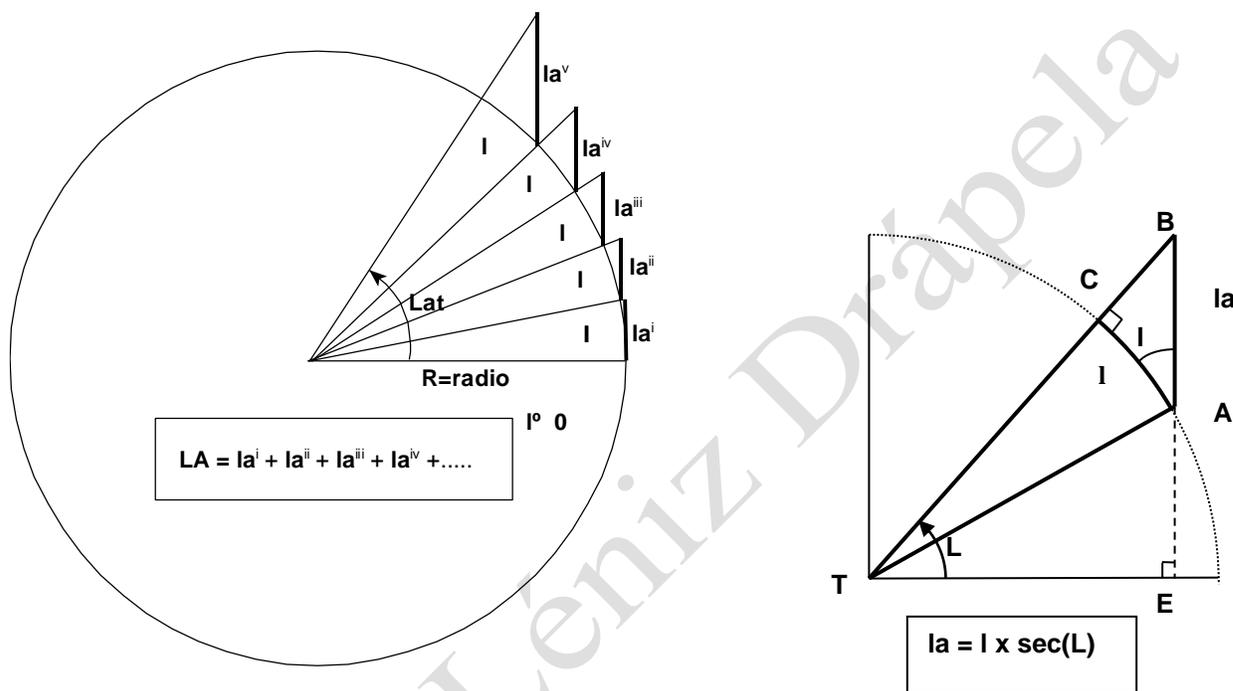


Fig N° 11

En la Figuras, se tiene que “**la**” (diferencia de latitud aumentada) de cada uno de estos pequeños arcos “**ΔI**” de meridiano es la generatriz del cilindro comprendido entre todos los radios de cada pequeño arco, y naturalmente, la **LA** total, es la suma de todas estas pequeñas diferencias de latitud aumentada “**la**” parciales.

Veamos qué relación hay entre estas **la** y el **arco ΔI** correspondiente

Siendo muy pequeño el **Δ ABC** se le puede considerar plano, luego **AC** es perpendicular a **BT** y **BAE** es perpendicular a **TE**. Como el ángulo **TBE** es común a los triángulos **TBE** y **BCA** y ambos tienen un ángulo recto, entonces el **ángulo CAB = L = Latitud de “C”**.

Entonces:

$$\text{Cos (L)} = \frac{\text{CA}}{\text{I}} = \frac{\text{I}}{\text{I}}$$

$$AB \quad la$$

$$la = \Delta l \times \text{Sec}(L)$$

Es decir, la pequeña diferencia de latitud aumentada “**la**” o proyección del arco AC es igual al arco **AC x sec (L)**, que es la misma proporción en que ha aumentado el **arco de paralelo** correspondiente a esa latitud, en la proyección, [$Ap=g \times \text{Cos}(L) \Rightarrow g = Ap \times \text{Sec}(L)$] por lo tanto en la carta tendremos un apartamiento y una latitud agrandada sera función de una misma línea trigonométrica, la secante de la Latitud, lo que mantendrá la semejanza con la realidad de este sistema de proyección.

La Latitud Aumentada (LA) del punto es la suma de todas las diferencias de la latitud aumentada “**la**” que hay desde el Ecuador al punto.

Así la distorsión en la Carta Mercátor ocurre en ambas direcciones, manteniendo la misma “forma” en el área relativamente pequeña, pero aumentada su área aparente, como se ilustra en las figuras 12a) a la 12c).

Explicación gráfica:

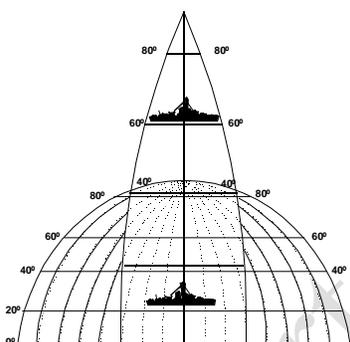


Fig N° 12a

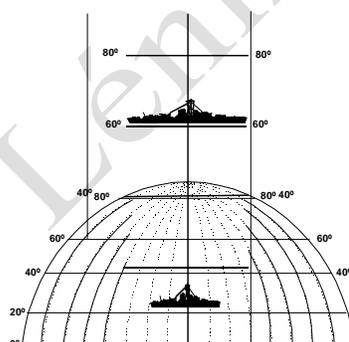


Fig N° 12b

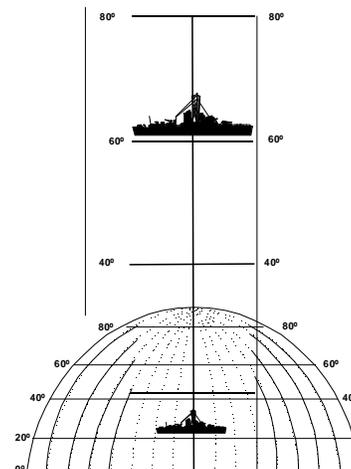


Fig N° 12c

Fig N° 12a, porción de superficie de la esfera terrestre, comprendida entre dos meridianos, ha sido desprendida y ha quedado proyectada sobre una superficie plana. Ambos buques son de igual superficie.

Fig N° 12b, en una proyección Mercátor los meridianos deben ser paralelos. Para conseguirlo, habrá que expandir los paralelos de latitud entre meridianos como se muestra en al figura, en que el dibujo superior aparece estirado. Esta carta no sirve, ya que no refleja la realidad.

Fig N° 12c, en esta figura se expanden en la misma razón los paralelos, consiguiendo la semejanza entre los buques u objetos. Comparar la Fig 12a) con la 12c).

Comparando las figuras, se verá, que según la latitud, aumentando los paralelos se separan cada vez más y consecuentemente los meridianos se separan proporcionalmente. Los dos objetos (buques) vuelven a tener su forma original, pero son solo aparentemente mayores y desiguales, ya que la escala de ha agrandado proporcionalmente como puede observarse en las figuras.

Para calcular la Latitud Aumentada o distancia desde el ecuador hasta una latitud determinada, se empleará la siguiente fórmula, considerando la tierra redonda

$$\text{Largo. Meridiano} = 7915.704468 \log (\text{TAN } (45 + L/2)) \text{ (U. De G.)}$$

Siendo:

Log = logaritmo es base 10

L = Latitud.

Ejemplo:

Latitud	Largo meridiano
0°	0 U. de G.
1°	60,00 U. de G.
10°	603,07 U. de G.
30°	1.888,38 U. de G.
70°	5.965,92 U. de G.

Es el largo de un meridiano desde el ecuador, en una carta del tamaño de la tierra

E.- La diferencia de partes meridionales

Al **largo del meridiano**, en la **CARTA**, entre un punto y otro, se le llama **DIFERENCIA DE PARTES MERIDIONALES (d.P.M)**, es el cateto adyacente al Rumbo de la carta.

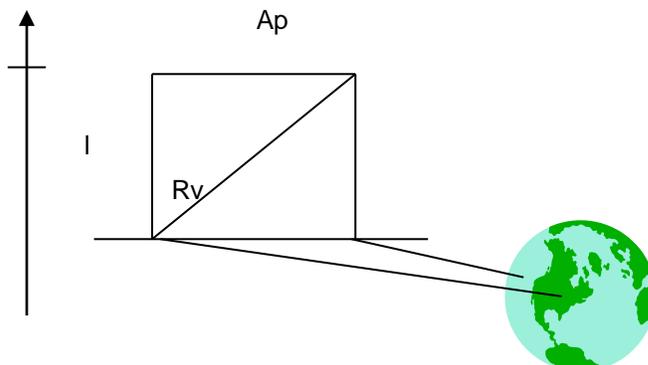
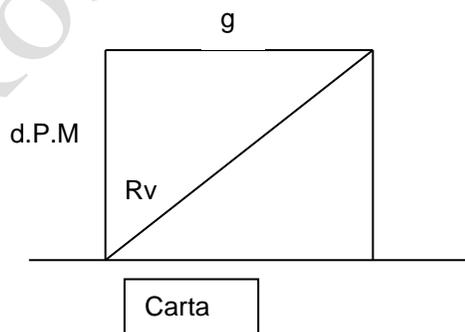


Figura N° 13

Como el triángulo formado en la carta que tiene como catetos la Diferencia de Partes Meridionales y la Diferencia de Longitud, es semejante al triángulo formado en la tierra que tiene como catetos la Diferencia de Latitud y Apartamiento se puede deducir que:

$$\frac{\text{d.P.M.}}{L} = \frac{g}{\text{Ap.}}$$

Por lo tanto:

$$\text{Ap.} = \frac{\text{d.P.M.} \times L}{g}$$

F.- Latitud intermedia

Como el Apartamiento es la distancia entre dos Meridianos, medida a lo largo de un paralelo de latitud e igual a:

$$\text{Ap.} = g \times \text{Cos} (L)$$

quiere decir que, el Coseno de la Latitud sobre el cual se hace efectiva la distancia entre meridianos es.

$$\text{Cos} (L) = \frac{\text{Ap.}}{\text{d.P.M.}}$$

Al paralelo sobre el cual se hace efectiva la distancia entre Meridianos, cualquiera que sea la distancia entre ellos se le llama **LATITUD INTERMEDIA**, para diferenciarla de la Latitud Media.

G.- Unidades de longitud

A la distancia entre dos Meridianos separados **un minuto**, se le llama **UNIDAD DE LONGITUD**, Esta medida es importante, porque es la única constante en la carta y porque sirve para medir el **largo de los meridianos**, entre el ecuador y una latitud cualquiera.

**UNIDAD DE LONGITUD >> CONSTANTE >>> SIRVE PARA:
MEDIR EL LARGO DEL MERIDIANO**

H.- Uso de las partes meridionales

1.- Dibujar una carta

"Se dispone de un papel de **180 mm de ancho** para dibujar el graticulado de un área oceánica entre los **Paralelos 31°S a 35°S** y **Meridianos 71°W a 75°W**.

Procedimiento:

- a.- Determinar el largo o magnitud de la Unidad de Longitud, en milímetros.
- b.- Determinar el largo del paralelo inferior, multiplicando la dif. de Long en minutos por el largo de la Unidad de longitud.
- c.- Para determinar el alto de la carta o distancia entre paralelo se puede:
 - Calculando la dif. Partes Meridionales entre dos paralelos y multiplicando por la magnitud de la Unidad de Longitud. en minutos.
 - o, igualando la diferencia de Latitud en minutos, con el largo de igual cantidad de unidades de longitud y luego dividiéndolas por el coseno de la Latitud Media.

RESPUESTA

La unidad de Longitud, en milímetros se obtiene mediante regla de tres:

240 U. de Long. (75-70)*60 180 mm
1 U. de Long. X
X = 6/8 mm cada minuto = 0,75 mm

Las distancias entre Paralelos separados 1 grado, es igual a la diferencia de Partes Meridionales entre ellos, multiplicado por la magnitud de la Unidad de Longitud.

LAT	P.M	d.P.M.	d.P.M. x 6/8
31° S	-1958,00		
		-70,40	- 52.8 mm
32° S	-2028,40		
		-71,10	- 53.3 mm
33° S	-2099,50		
		-72,00	- 54.0 mm
34° S	-2171,50		
		-72.80	- 54.6 mm

35° S	-2244,30	
LARGO TOTAL		214.7 mm

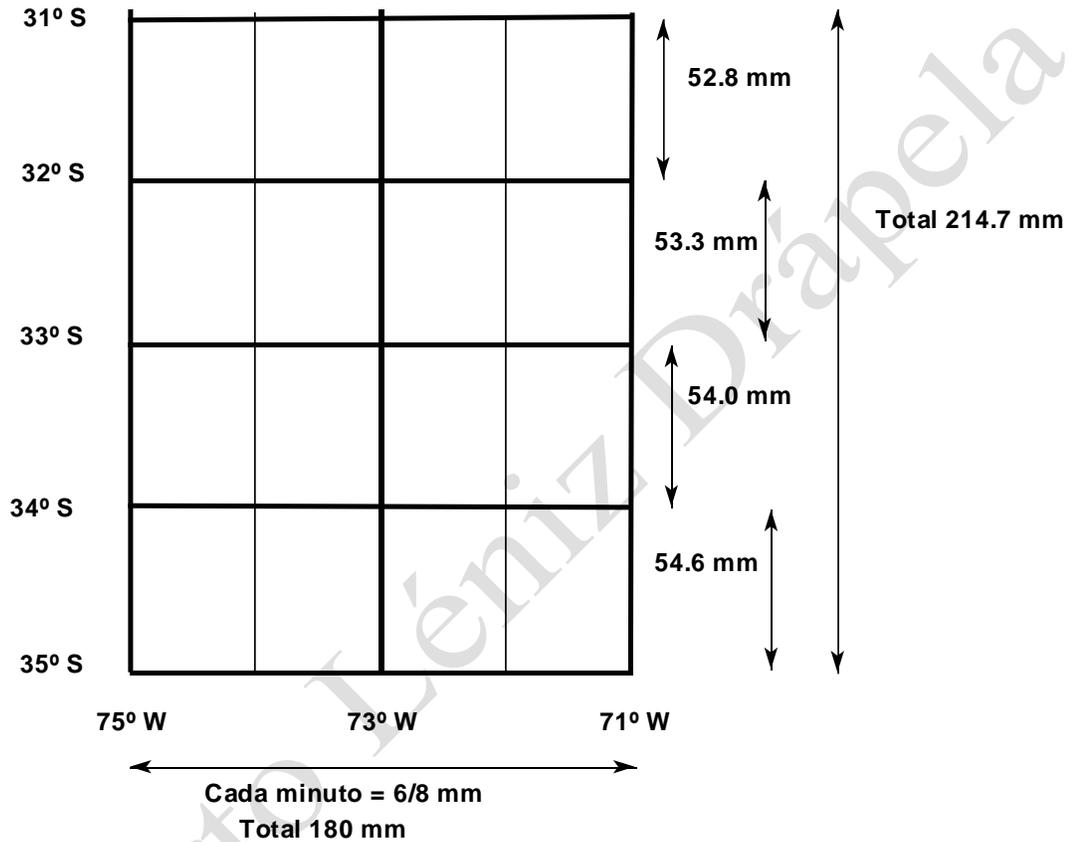


Fig N° 14

Con el segundo método (menos exacto) o método gráfico la respuesta es:

La Dif. de Latitud en minutos es $(35-31)*60 = 240'$.

Igual cantidad de Unidades de Longitud por su magnitud y divididas por el coseno de la latitud Media es:

$\text{Alto Carta} = \frac{\text{U. de Long} * \text{magnitud}}{\text{Cos (LM)}} = \frac{(6/8) * 240}{\text{Cos (33°)}}$	
Alto Carta = 214.6 mm	

6.- MÉTODO GRÁFICO.

Se usa cuando se desea construir rápidamente una carta Mercátor. El empleo más indicado es para plotting de ejercicios, cálculos astronómicos u otros similares, siempre que el área de la cual se construya la carta, **no sea mayor de 4 grados en latitud** y que esta, no sobrepase el paralelo de los 60 grados.

Supongamos que deseamos construir una carta que abarque entre Lat = 40° y 44°S y G=74° a 78°W, ver figura N° 14. Separación entre meridianos = 20 mm.

Paso 1

Trazar una línea horizontal. Levantar una perpendicular en el vértice izquierdo. A partir de dicho vértice apliquemos la magnitud que se ha acordado dar entre meridianos. Levantar las perpendiculares por cada uno de ellos que serán paralelos a la primera línea trazada, obteniendo la red de meridianos.

Paso 2

En el vértice izquierdo dibujar un ángulo igual a la **latitud media (42°)**. $(40 + 44) / 2$

Paso 3

Los puntos en que los meridianos se cortan con la línea del ángulo correspondiente a la LM, dará el valor de la secante de la latitud media, esto es de la latitud aumentada que le corresponde; la que abatida al meridiano, indicará el punto por el que pasa el paralelo correspondiente, que trazaremos, obteniendo la red de paralelos.

Paso 4

Dividir la distancia que hay entre los meridianos y los paralelos entre sí, se obtendrá la subdivisión correspondiente en la escala de latitudes y longitudes.

Hay que tener presente que el hecho de calcular la secante con la latitud media, **no es exacto**, por lo que una carta así construida, debe considerarse como un medio de fortuna.

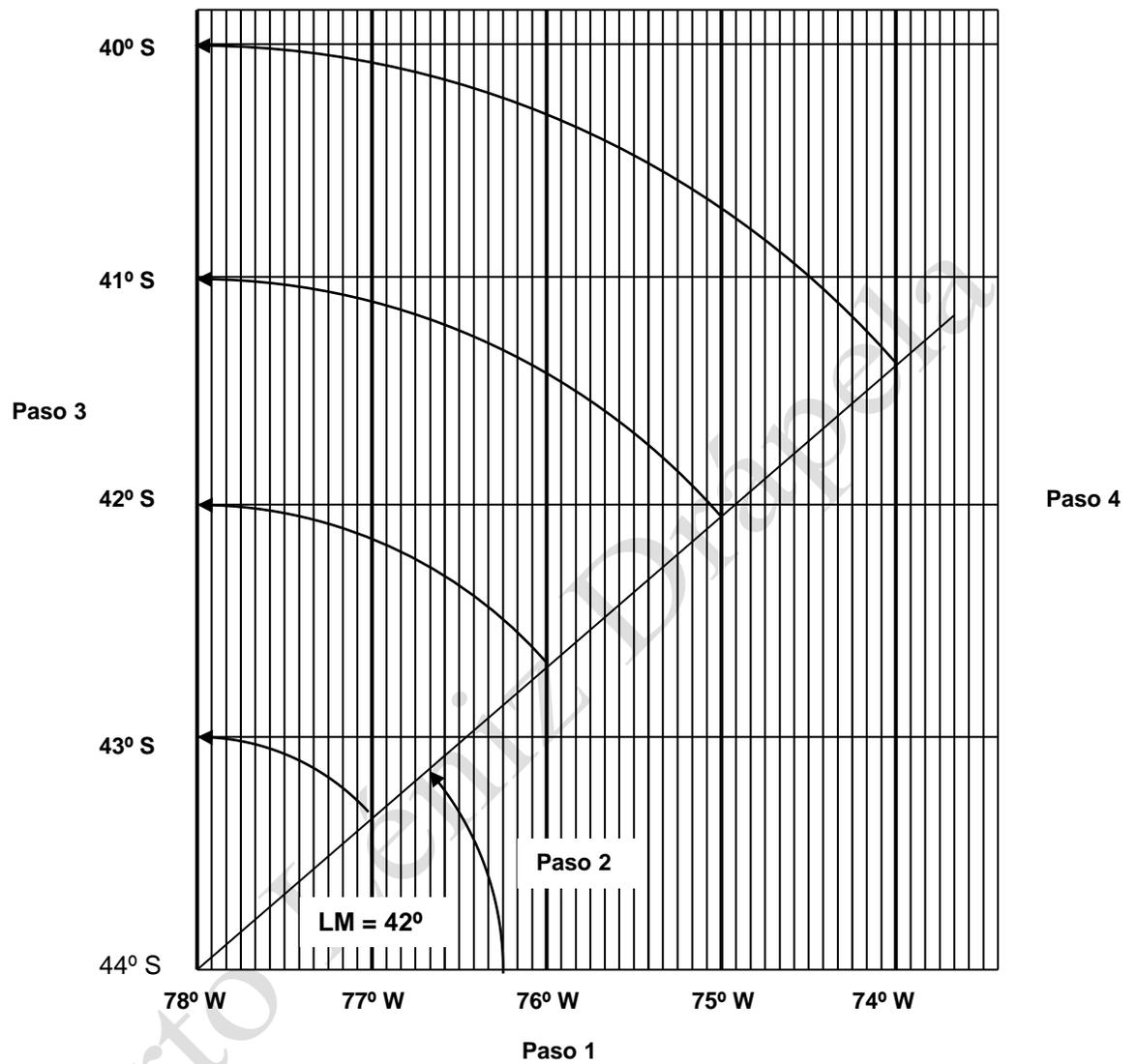


Fig N° 15 ("Ejemplo de Carta Plotting")

EJERCICIOS PROPUESTOS

- 1.- Calcular las Partes Meridionales o Largo del Meridiano de las siguientes Latitudes:

Resultados

L = 10° S	P.M. _____	(599.02897)
L = 22° N	P.M. _____	(1344.9682)
L = 37°14'S	P.M. _____	
L = 03°42'15"N	P.M. _____	

- 2.- Confeccionar un gráfico entre L1 = 40° S y L2 = 44° S y entre G1 = 70° W y G2 = 75 ° W. Carta de 150 mm de ancho (meridianos). Se pide:

- Alto
- Ancho
- Valor de una milla en LM.
- Situar los siguientes puntos geográficos:

Pto. "A": L = 41° 30 ' S y G = 72° 45' W

Pto. "B": L = 43° 15 ' S y G = 71° 30' W

- Medir la Distancia y Dirección de A \ B
- Con los mismos datos confeccionar una carta empleando las partes meridionales. **Respuesta en Hoja adjunta.**

- 3.- Confeccionar un gráfico entre L1= 03° N y L2 = 04° S y entre G1 = 04° W y G2 = 06 ° E. Carta de 150 mm de ancho (meridianos). Se pide:

- Alto
- Ancho
- Valor de una milla en LM y en 0°.
- Calcular al dirección y distancia entre los siguientes puntos:

Pto "A": L = 1° 25 ' S G = 2° 56' W	Pto "C": L = 0° 36 ' S G = 1° 34' W
Pto "B": L = 2° 05 ' N G = 1° 30' E	Pto "D": L = 2° 25 ' N G = 3° 12' W

- Confeccionar una carta empleando las partes meridionales.

- 4.- Confeccionar un gráfico entre L1 = 34° 00'N y L2 = 35° 30' N y entre G1= 120° 00'E y G2 = 121° 30'E. 10' de longitud = 20 mm

- 5.- Confeccionar un gráfico entre L1 = 32° 50' S y L2= 33° 10'S y entre G1 = 69° 35' W y G2 = 70° 00'W. Cada 1 minuto de longitud = 7 mm.

- 6.- Confeccionar un gráfico entre L1= 34° N, L2= 30° N, G1= 62° W, G2 = 58° W
Distancia entre meridianos 30 mm = 1° de longitud

- 7.- Confeccionar un gráfico entre L1= 12° S, L2= 11° 30' S, G1= 107° W, G2 = 106° 40' W
Distancia entre meridianos 30 mm = 10' de longitud.

- 8.- Confeccionar un gráfico entre $L = 41^{\circ} 40' S$ y $L = 43^{\circ} 10' S$ y entre $G = 71^{\circ} 20' W$ y $G = 69^{\circ} 50' W$. Separación entre paralelos cada 20 mm = 10 minutos de longitud. Trace cada 10 minutos los paralelos y meridianos.
- 9.- Confeccionar un gráfico entre $L_1 = 41^{\circ} 40' S$, $L_2 = 43^{\circ} 00' S$, $G_1 = 69^{\circ} 40' W$, $G_2 = 71^{\circ} 00' W$. Distancia entre meridianos 30 mm = 10' de longitud
- 10.- Confeccionar un gráfico entre $L = 41^{\circ} 40' N$ y $L = 43^{\circ} 10' N$ y entre $G = 71^{\circ} 20' E$ y $G = 69^{\circ} 50' E$. Separación entre paralelos cada 25 mm = 10 minutos de latitud. Trace cada 10 minutos los paralelos y meridianos.

Cálculo para la confección de las cartas empleando partes meridionales.

Ejercicio Nº 2

LAT	P.M.	d.P.M.	d.P.M. xU.Long
-40	-2,622.69		
		-78.91	-39.45
-41	-2,701.60		
		-80.11	-40.06
-42	-2,781.71		
		-81.38	-40.69
-43	-2,863.10		
		-82.72	-41.36
-44	-2,945.81		
		alto carta	-161.56
		Cálculo unidad de longitud	
		Long 1	75
		Long 2	70
		Ancho	150
		U.Long	0.5

Cálculo Ejercicio Nº 3

LAT	P.M.	d.P.M.	d.P.M. xU.Long
3	180.08		
		-60.06	-15.01
2	120.02		
		-60.02	-15.01
1	60.00		
		-60.00	-15.00
0	0.00		
		-60.00	-15.00
-1	-60.00		
		-60.02	-15.01
-2	-120.02		
		-60.06	-15.01
-3	-180.08		
		-60.11	-15.03
-4	-240.20		
	Alto	105.07	mm

Cálculo unidad de longitud	
Lon 1	6
Lon 2	-4
Ancho	150
U.Long	0.25

Término Capítulo N° 4

Roberto Léniz Drápela