

“TEORÍA DEL GIROCOMPÁS”

Ref.:

- a.- Manual de Navegación Pub. SHOA N° 3030 y 3031.
 - b.- Admiralty Manual of Navigation BRd 45 (3) “Navigation Systems, Equipment & Instruments. (1966)
-

A.- Introducción.

El girocompás es un instrumento electro mecánico que tiene la propiedad de orientarse en dirección Norte - Sur geográfica y permanecer orientado, bajo la influencia combinada de la rotación de la tierra, de la gravedad y de las propiedades giroscópicas (rigidez y precesión).

Para su uso en navegación, sus indicaciones se transmiten a una Rosa Magistral y por medio de circuitos eléctricos, a una serie de repetidores.

El origen del girocompás, fue el giroscopio, y el origen de éste el trompo.

B.- Características del Girocompás.

- 1.- El girocompás provee de indicación segura de dirección.
- 2.- Es de gran estabilidad y sensibilidad no presentando oscilaciones en los balances, lo que se traduce en absoluta seguridad en el rumbo y en demarcaciones.
- 3.- No es afectado por la escora.
- 4.- Provee de muchas indicaciones a los repetidores, en cualquier parte del buque.
- 5.- Permite utilizar un gobierno automático y registrar gráficamente el rumbo navegado.
- 6.- En caso de existir error, este es constante para todas las proas, y por lo tanto, puede ser corregido.
- 7.- Gran fuerza directriz, la que disminuye hacia los polos en menor proporción que el compás magnético.
- 8.- Debido a su gran período de oscilación, necesita mucho tiempo para orientarse.

C.- Principios generales de Funcionamiento:

- 1.- Fenómeno elemental del trompo

El eje de cualquier trompo, que baila en cualquier sentido, describe un cono, y el extremo superior del eje, un círculo alrededor de una vertical que pasa por el punto de apoyo del trompo.

El sentido del movimiento cónico del eje con respecto al sentido de rotación del trompo, depende de la posición del centro de gravedad con respecto al punto de apoyo.

Este movimiento también lo tiene el eje de la tierra, se llama "Precesión", y como veremos más adelante, se debe a la acción de la gravedad sobre la masa del trompo. Fig N° 1.

Un trompo construido y montado en tal forma que su centro de suspensión o punto de apoyo coincide con su centro de gravedad se llama "Giroscopio Elemental".

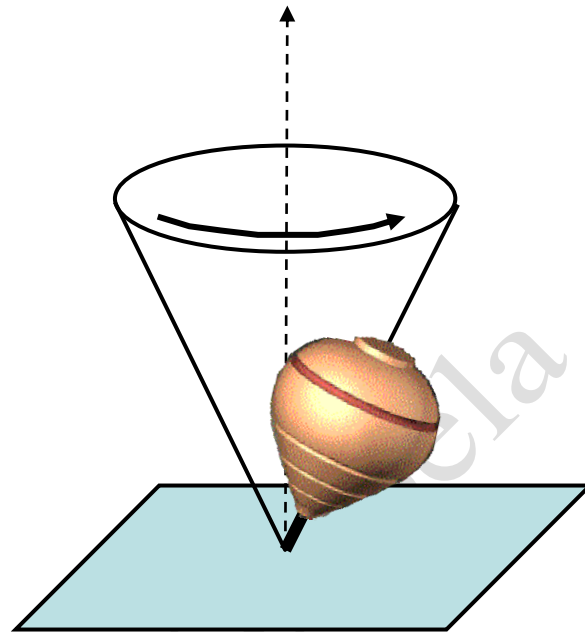


Fig N° 1 "Precesión del Trompo"

2.- Giroscopio elemental. (Ver Fig N° 2)

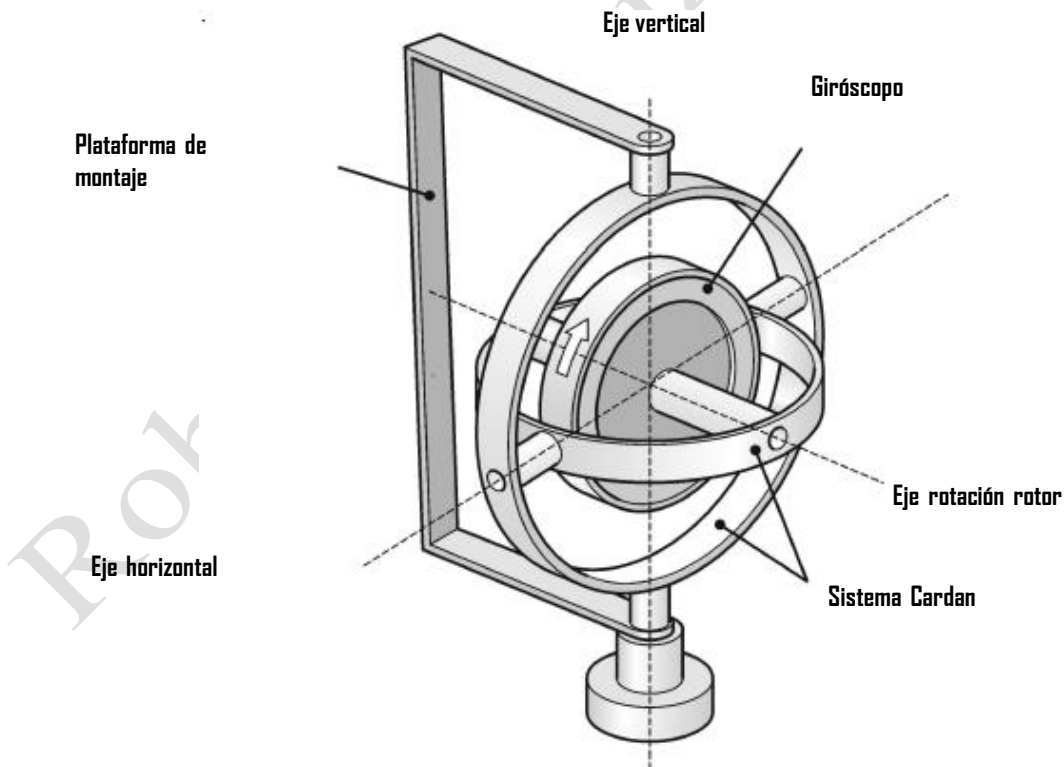


Fig N° 2 "Giroscopio elemental"

El giroscopio elemental puede definirse como un trompo o cuerpo giratorio montado en tal forma que puede rotar libremente alrededor de su eje; que este eje puede colocarse en cualquier dirección del espacio y permanecer en ella, y que el centro de gravedad del trompo coincide con su centro de suspensión. Sirve para estudiar y demostrar las propiedades y fenómenos giroscópicos.

Para que la gravedad no tenga efecto sobre el rotor alrededor de ninguno de los tres ejes, el centro de gravedad de él debe coincidir con el punto de intersección de los tres ejes, punto que es a la vez el centro de suspensión del sistema.

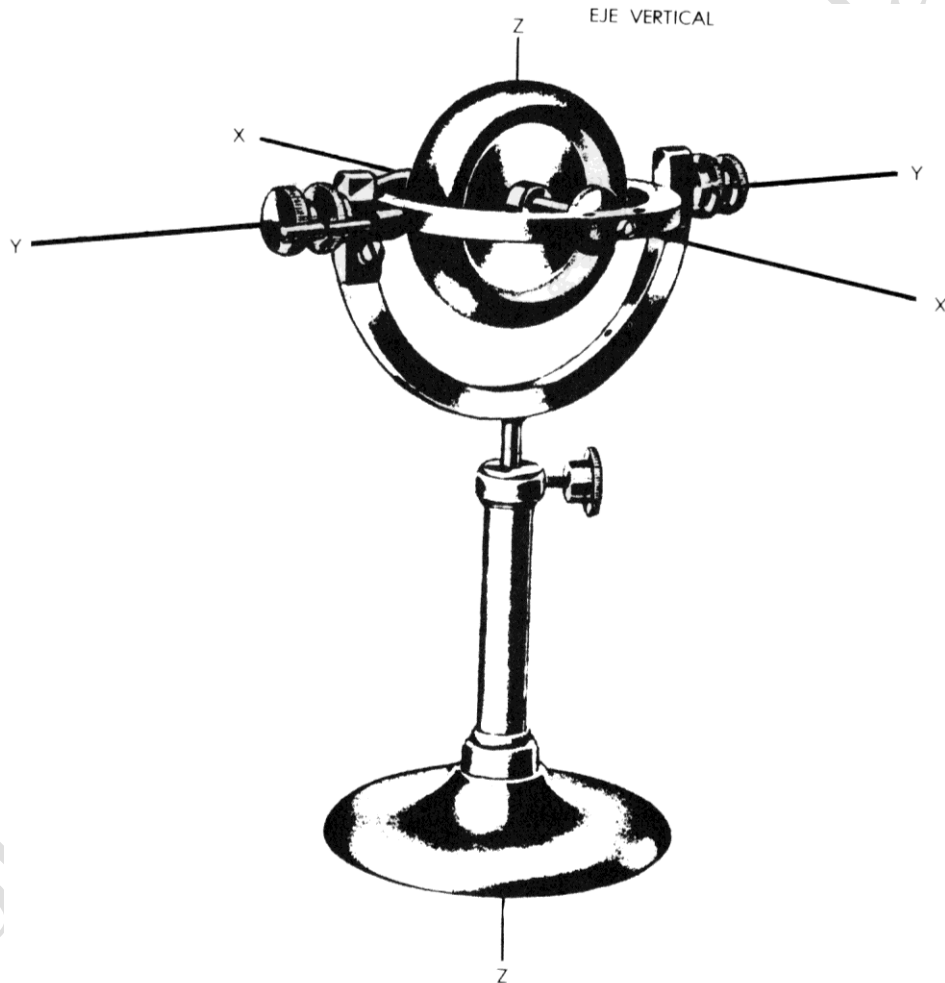


Fig N° 3 "Ejes que intervienen en un Giroscopio elemental"

3.- Propiedad Giroscópica.

Todos los fenómenos giroscópicos conocidos, se derivan de dos propiedades particulares del instrumento: RIGIDEZ o INERCIA y PRECESION.

4.- Rigidez o inercia giroscópica.

Es la propiedad que tiene un giroscopio de mantener su eje de rotación en una dirección fija del espacio mientras está rotando, siempre que una fuerza extraña no la saque de ella. Si una fuerza extraña tratara de hacerlo, la rigidez no opone ninguna resistencia, pues la rigidez no es fuerza, sino un estado de inercia. Esta propiedad se debe a la primera ley de Newton sobre movimiento, que dice: "Un cuerpo permanece en reposo o continúa en movimiento uniforme rectilíneo, mientras una fuerza extraña no la saque de ese estado".

La rigidez se demuestra haciendo rotar un giroscopio y tomándolo de su montaje, darle movimientos suaves que no influyan en la fricción de sus ejes, observaremos que el eje de rotación no altera la dirección en que se encuentra, Fig. N° 4.

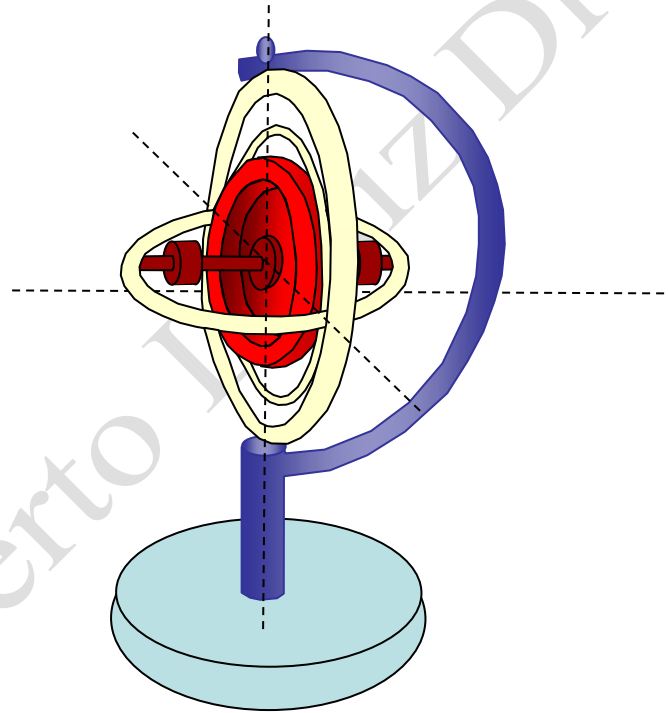


Fig. N° 4.

5.- Rotación aparente.

La rotación aparente de un giroscopio es un movimiento cónico circular de su eje, en sentido contrario a la rotación de la tierra, alrededor de una recta que pasa por su centro de giro, paralela al eje terrestre. Este movimiento es una consecuencia de la rigidez y de la rotación real de la tierra de Oeste a Este. Es

aparente porque no es el giroscopio el que gira, sino la tierra, y en consecuencia la superficie de ésta cambia de posición con respecto a la dirección del eje del giroscopio, aparentando que fuera este eje el que hace la rotación. Ver Fig. N° 6

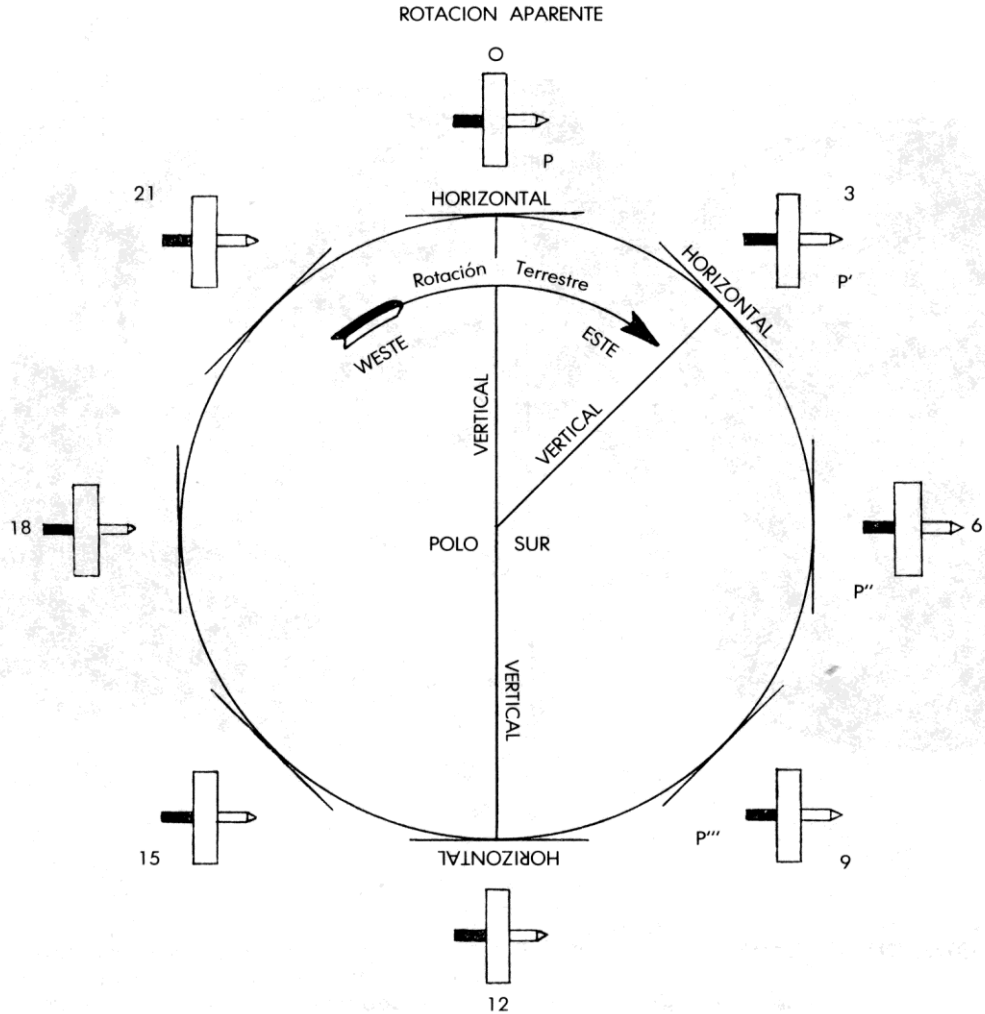


Fig. N° 5

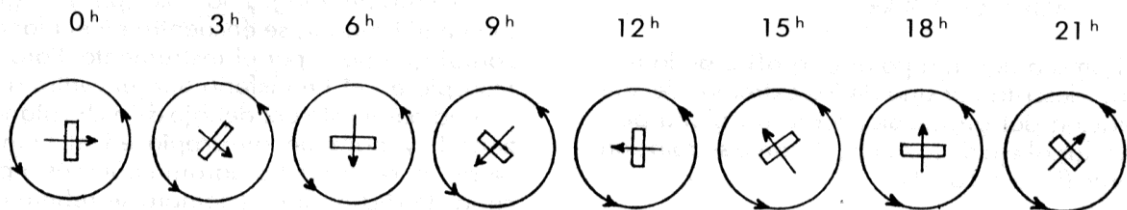


Fig. N° 6

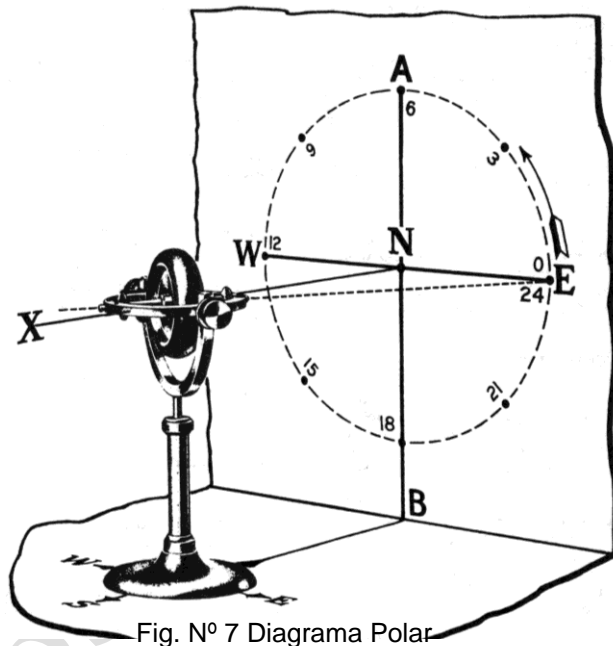
6.- Posición de Reposo.

Se entiende por posición de reposo, aquella en que el eje de un giroscopio no demuestra rotación aparente y permanece fijo con respecto a la superficie de la tierra. Es decir, no se mueve en declinación, ni se mueve con la rotación de la tierra.

Ejemplo. Si en Latitud 20° N. colocamos el eje de un giroscopio en sentido de N. a S. y el extremo Norte del eje levantado 20° sobre el plano horizontal, tampoco se observará rotación aparente, es decir estará en reposo.

7.- Diagrama Polar.

Se llama diagrama polar al gráfico de la trayectoria descrita por uno de los extremos del eje de rotación del giroscopio, sobre un plano perpendicular al eje de la tierra, durante su rotación aparente (Fig. 7.)



Se vio que esta trayectoria es un círculo descrito en 24 horas alrededor de una paralela al eje terrestre, por lo tanto, el centro del diagrama polar es la intersección de esa recta con el plano del diagrama, y la posición del centro del diagrama, con respecto al plano horizontal, depende de la inclinación de esta recta, inclinación que depende de la Latitud del lugar.

Fig. N° 7 Diagrama Polar

8.- Precesión.

Al aplicar una fuerza, el eje de rotación de un giroscopio se desvía en dirección perpendicular al sentido de la fuerza y opone resistencia para moverse en el sentido de ella.

Este fenómeno llamado precesión y la resistencia encontrada, se deben a una combinación mecánica, de la fuerza aplicada con la fuerza de rotación.

Coloquemos horizontal el eje de rotación y dirigido de Norte a Sur. Mirando el giroscopio desde el Sur démosle rotación en el sentido de las agujas de un reloj. (Fig. 8)

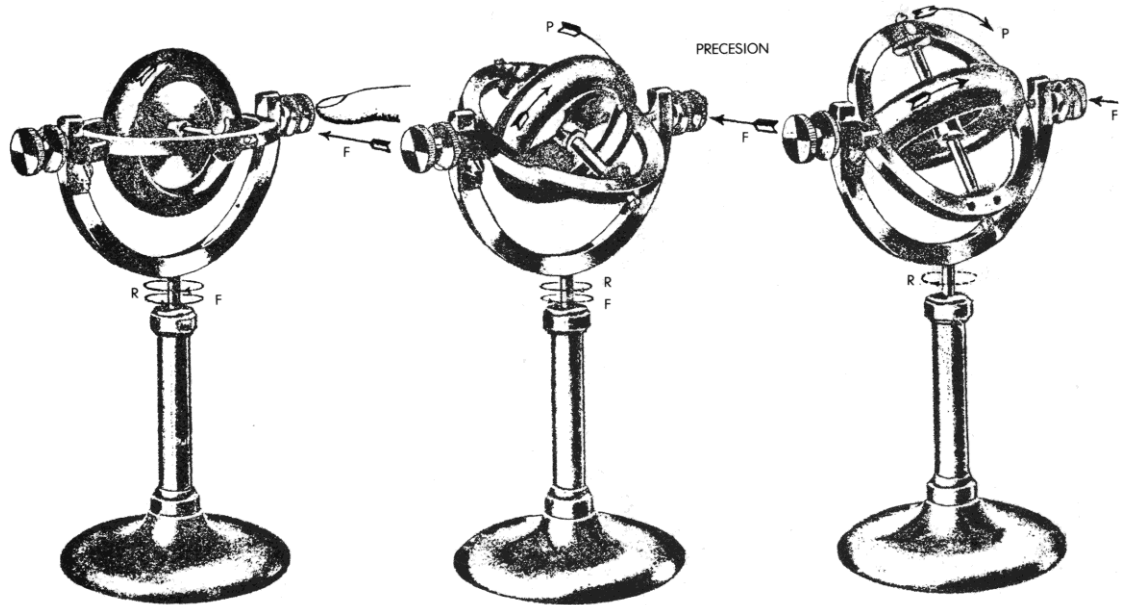


Fig N° 8 Precesión

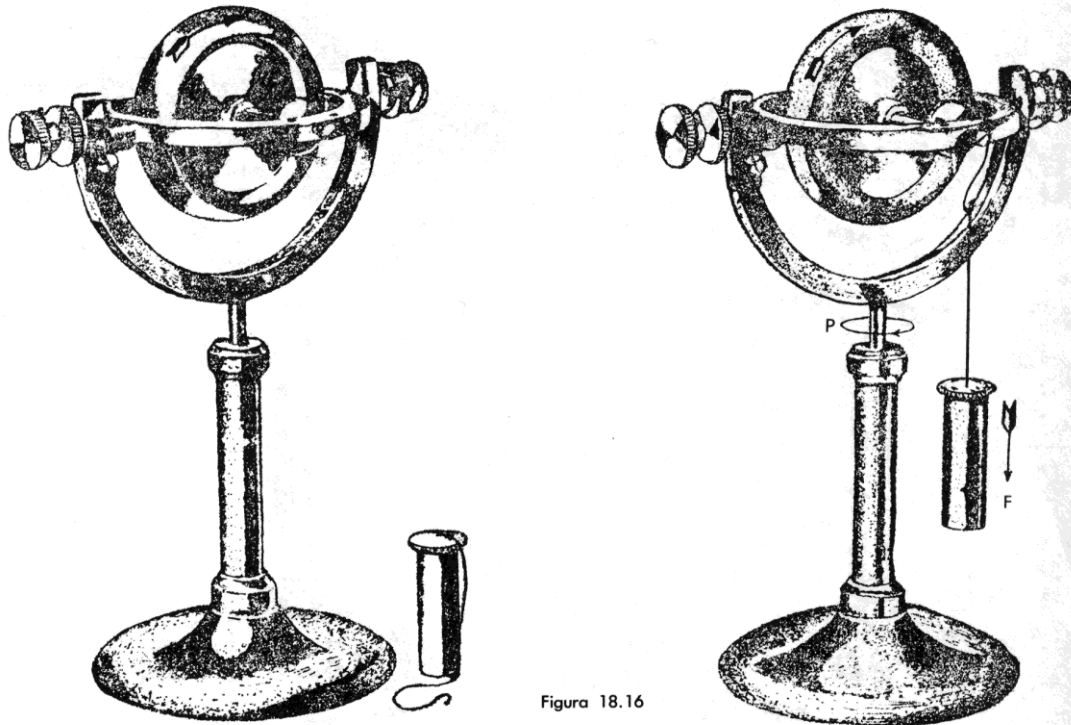
Apliquemos que el extremo Sur del eje de rotación una fuerza horizontal hacia la izquierda, que trata de girar el eje de rotación alrededor del eje vertical. Encontramos una gran resistencia y en vez de conseguir un movimiento en ese sentido, veremos que el extremo Sur bajará hasta quedar vertical el eje de rotación del giroscopio; en este momento la resistencia cesa.

Ley de precesión señala: "Cuando un giroscopio se somete a una fuerza angular que trate de desviar la dirección en que está su eje de rotación, opone resistencia y su eje precece en dirección perpendicular a la fuerza aplicada, hasta colocar, por el camino más corto, el plano y el sentido de su rotación en el plano y sentido de la fuerza".

9.- Precesión continua.

Cuando se dispone en tal forma que, la fuerza aplicada vaya cambiando de plano al movimiento de precesión, la precesión continuará indefinidamente, porque nunca llegará el plano de rotación a coincidir con el plano de la fuerza. La precesión se hace continua. Si al eje de rotación, colocado horizontal, le colgamos un peso en un extremo, el eje precederá desviándose perpendicular a la fuerza representada por el peso, o sea, girando alrededor del eje vertical; además debido a la resistencia, continuará horizontal sin ceder a moverse en

PRECESION CONTINUA



el sentido de la fuerza, Fig. N° 9.

Fig. N° 9 "Precesión continua"

Entonces la precesión se hace continua, puesto que el peso o fuerza irá trasladándose paralelamente asimismo y obrará indefinidamente en la misma forma sobre el giroscopio.

Sacando el peso, la precesión cesa. Invertiendo el sentido de la rotación, o cambiando el peso al otro extremo del eje, se invierte el sentido de la precesión continua.

D.- El Girocompás

1.- Propiedades fundamentales.

Se ha visto que un giroscopio colocado en cualquier punto de la superficie de la tierra, manifiesta Rotación Aparente o permanece en Posición de Reposo. Ninguna ley ni fenómeno lo obliga a orientarse de Norte a Sur con su eje de rotación horizontal, ni lo obliga tampoco a colocar su eje paralelo al terrestre. Si estando en posición de reposo, una fuerza extraña lo saca de ella, ninguna propiedad lo hace recuperarla.

2.- Balístico de Mercurio

Se ha visto que un peso colocado en un extremo del eje de rotación de un giroscopio, produce precesión continua en un mismo sentido. En vez de un peso, coloquemos un vaso con mercurio en cada extremo del eje de rotación y ambos vasos comunicados por un delgado tubo inferior, montados en forma que el centro de gravedad de ellos coincida con el centro de gravedad del rotor. En este par de vasos comunicantes que se llama "Balístico de Mercurio", el mercurio en él contenido estará sometido a trasladarse de un vaso a otro cada vez que se incline el eje de rotación del giroscopio, debido a la rotación aparente, Fig. N° 11.

El objeto del Balístico de Mercurio es hacer preceder el eje de rotación hacia el meridiano y cambiar el sentido de la precesión continua, cada vez que cambie la inclinación del eje de rotación.

Con el balístico provocamos intencionalmente un desequilibrio en el giroscopio elemental y hacemos intervenir la gravedad de la tierra (peso del mercurio) para orientarlo.

Resulta que debido al balístico, el diagrama polar se ha convertido en una elipse cuyo eje menor es una vertical contenida en el plano del meridiano y el eje mayor es una horizontal (Fig. 10).

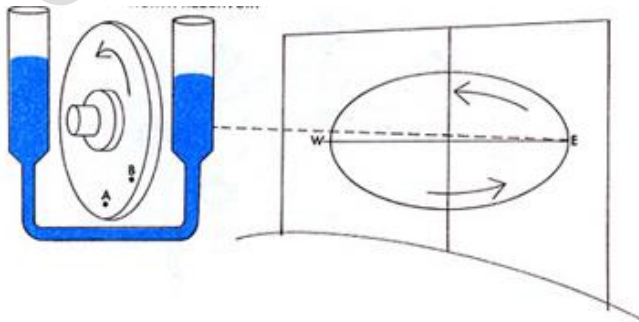


Fig N° 10

En resumen:

- 1) Con el balístico se ha convertido el diagrama polar en una elipse.
- 2) Se ha completado un diagrama polar en mucho menos de 24 horas.
- 3) El eje de rotación del giroscopio ha permanecido todo el tiempo casi horizontal, es decir, ha oscilado alrededor de una horizontal dirigida de Norte a Sur y no alrededor de una paralela al eje terrestre, como lo hace el giroscopio sin balístico, las oscilaciones producidas por el balístico también serán continuas, como la rotación aparente y duran indefinidamente.

3.- Amortiguamiento.

El balístico no logra dejar quieto en la dirección Norte - Sur horizontal (dirección de la línea meridiana) al eje de rotación del giroscopio. La rotación aparente lo hace continuar describiendo un diagrama polar que es una elipse horizontal alargada cuyo centro está en la dirección del meridiano (Fig. 12). Es decir, el eje de rotación queda "oscilando" alrededor del meridiano y la horizontal.

El amortiguamiento consiste en reducir mecánica y automáticamente estas oscilaciones horizontales en cada semi-oscilación que el eje efectúa, en forma tal, que el sentido de la precesión cambie antes que el extremo del eje haya terminado su carrera horizontal con que se aleja del meridiano.

El objeto del amortiguamiento es obligar al eje de rotación a que concluya sus oscilaciones, quedando orientado por si solo, haciendo que las elipses que describen vayan siendo cada vez menores hasta convertirse en un punto que es centro de ellas y es también la dirección horizontal del meridiano.

El amortiguamiento se consigue inclinando el eje mayor de las elipses, un cierto ángulo con la horizontal, en forma que antes que el eje de rotación llegue a los extremos de su oscilación elíptica, pase por la posición horizontal, donde recibe inmediatamente un impulso contrario al sentido de la precesión que lleva.

El diagrama polar resultante es una espiral convergente que, después de tres o cuatro oscilaciones, se reduce a un punto, el que lógicamente coincide con la intersección del meridiano y la horizontal (centro de la elipse original). Así se obtiene que el eje de rotación queda orientado, y si alguno fuerza extraña la saca de su orientación, el fenómeno se repite y vuelve a orientarse.

Para obtener el amortiguamiento y mantener la orientación del eje de rotación del giroscopio hay que inclinar los ejes de la elipse un cierto ángulo; es decir, inclinar la elipse.

Esto se consigue por medio del pivote excéntrico, pues si el punto de contacto del balístico con la caja del rotor estuviera en línea con el eje vertical, el momento producido por el balístico, sólo actuaría en el eje horizontal haciéndolo preceder alrededor del eje vertical, esto es, no tendría amortiguamiento. Pero, ubicando el punto de contacto, una fracción de pulgada al Este de la vertical, (equivale inclinar el eje de lo elipse) el momento actuará

en el eje horizontal y vertical; o sea, presión en ambos ejes; siendo la presión alrededor del horizontal mucho más pequeño que la alrededor del vertical, debido a la pequeña excentricidad del pivote.

4.- Resumen de la Orientación.

- a.- El efecto vertical del balístico de mercurio hace preceder al Oeste cuando el extremo Norte del eje está sobre la horizontal.
- b.- El mismo efecto hace preceder al Este cuando está el eje bajo la horizontal.
- c.- La excentricidad del punto de apoyo hace bajar el extremo Norte cuando éste está sobre la horizontal, y lo levanta cuando está bajo esa horizontal.
- d.- Esta excentricidad trata, por lo tanto, de llevar el eje del rotor al plano horizontal.

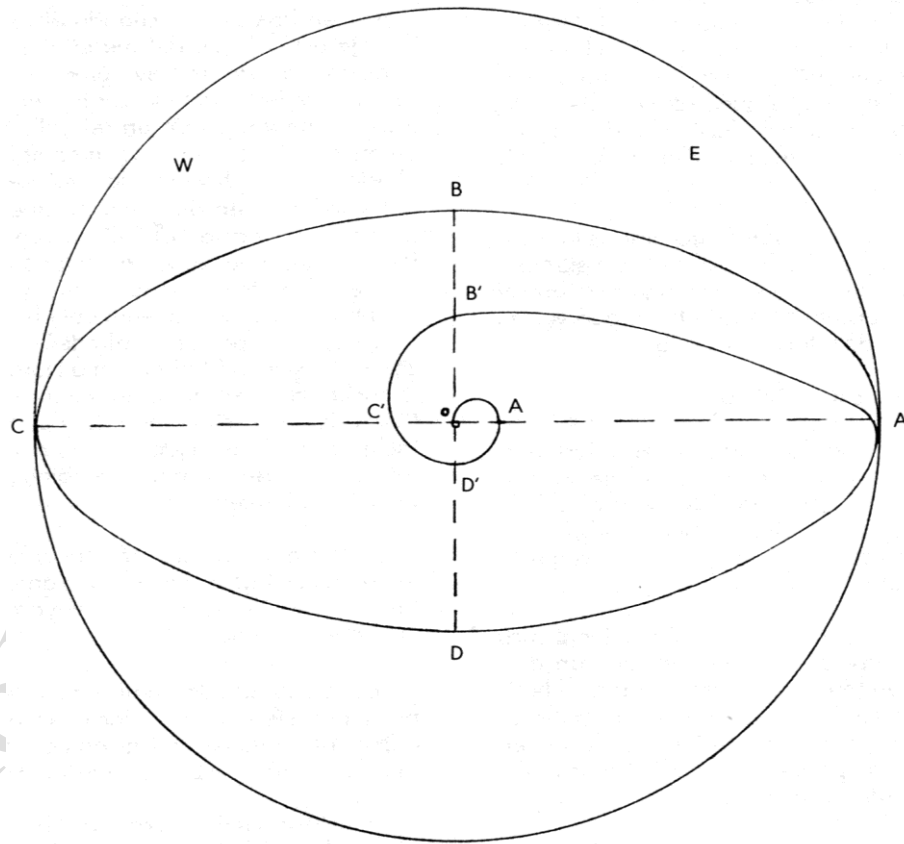


Fig N° 11 "Orientación"

De lo anterior se puede concluir que el eje llega al punto de reposo O por tres causas:

- 1) Rotación de la tierra.
- 2) Efecto de precesión al meridiano por el balístico de mercurio (gravedad).
- 3) Pivote excéntrico del punto de apoyo colocado al Este.

Si el instrumento es sacado de la posición de reposo por cualquier causa extraña, volverá a hacer la espiral hasta quedar nuevamente en reposo en la línea N-S.

Al describir el eje una espiral, las amplitudes horizontales al meridiano van disminuyendo hasta llegar al punto de reposo. La paulatina disminución de estas amplitudes se llama amortiguamiento.

Este amortiguamiento dura por lo general tres horas. Si es necesario que se demore menos, puede colocársele inmediatamente más o menos orientado en la dirección del Norte verdadero con su eje horizontal ya los quince minutos está prácticamente orientado.

E.- Errores del girocompás.

Para que un girocompás sea un instrumento que indique con precisión el meridiano verdadero, debe diseñársele de tal manera que tenga los medios de compensar todas las influencias que puedan producir errores en su indicación. Se destacan los siguientes:

- 1.- Línea de Fe desplazada: De haber un error debe ser corregido.
- 2.- Error por tangente de la Latitud: Este se produce debido únicamente al pivote excéntrico. Para corregirlo, sólo es necesario colocar la escala en la Latitud en que se navega. El mecanismo automáticamente aplica la corrección necesaria.
- 3.- Error de Latitud, Velocidad y Rumbo: estos errores dependen de:
 - De la velocidad del buque. El error "aumenta" con el "aumento" de velocidad.
 - De la latitud. El error se "agrand" con "aumento" de latitud.
 - Del rumbo del buque. El error es "mayor" según sea la componente Norte-Sur del rumbo y "decrece" con la disminución de ésta.

El girocompás viene equipado con el mecanismo necesario para corregir este error, basta colocarlo en la correspondiente velocidad y Latitud para que automáticamente se mueva la línea de fe en la dirección y magnitud conveniente para compensarlos.

- 4.- Efectos del balance y cabeceo: Este efecto se produce cuando el instrumento no está bien montado en el sistema de suspensión Cardán. Su corrección se debe hacer en un taller especializado.

F.- Otras aspectos relacionados con el Girocompás.

Debido que el girocompás no está influenciado por el magnetismo no está sujeto a correcciones por Variación Magnética ni Desvíos. Cualquier error del giro es constante e igual a todas las proas. Su valor puede reducirse a menos de un grado, con lo cual cabe decir que efectivamente puede eliminarse del todo. A diferencia del compás magnético puede enviar su señal a repetidores espaciados alrededor del buque en variadas posiciones.

Por otra parte, requiere de un suministro de poder constante y estable y si éste se interrumpe, se necesitan varias horas para que se oriente nuevamente al meridiano. Este lapso puede reducirse, alineando el compás con el meridiano, antes de conectar el poder, una vez éste haya sido restituido.

El girocompás está situado normalmente bajo cubierta tan cerca como sea posible del centro de balances, cabeceos y guiñadas del buque, a fin de minimizar los efectos de movimiento de éste sobre el giro.

Los repetidores se encuentran situados frente a la caña del timón en el puente de gobierno, en los alerones para tomar demarcaciones, en el servomotor en caso de gobierno en una emergencia, etc. Sus señales alimenta registradores de rumbos, sistemas de piloto automático, plottings, sistemas de control de fuego y radares. Los repetidores deben controlarse periódicamente comparándolos con el giro patrón para asegurarse que estén perfectamente alineados. Los de los alerones, empleados para tomar demarcaciones principalmente, estarán provistos de alidadas para tomar demarcación verdadera.