

5. La Rotación de la Tierra

La rotación de la Tierra puede describirse a partir de un vector dirigido al Polo Norte del eje instantáneo de rotación y por una velocidad angular ω .

La dirección y la magnitud del vector rotacional cambian con el tiempo debido a procesos astronómicos y geofísicos.

Estos procesos incluyen las variaciones de las fuerzas del Sol y la Luna, y la redistribución de masas en la atmósfera, en la hidrosfera, en el sólido terrestre, y en el núcleo líquido.

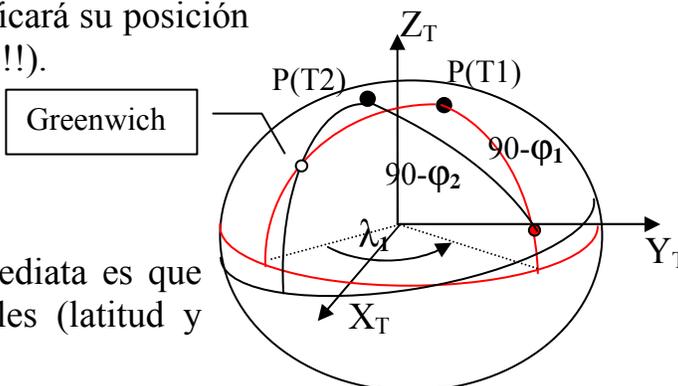
Los cambios son seculares, periódicos ó cuasi-periódicos, y de naturaleza irregular (Lambeck 1980, Moritz and Mueller 1987, Dickey 1995).

5.1 Movimiento del Polo

Es el movimiento del eje de rotación instantáneo relativo a la corteza terrestre visto desde un Sistema de Referencia fijo a la Tierra (X_T, Y_T, Z_T).

Es decir, el Polo modificará su posición sobre la corteza terrestre (... !!!).

En la época T1 se ubica en P(T1) y un tiempo más tarde en P(T2).



Una consecuencia inmediata es que varían las coordenadas locales (latitud y longitud) del observador.

T1 $\varphi_1; \lambda_1$

T2 $\varphi_2; \lambda_2$

Es un resultado de gran importancia. La amplitud de esta variación es de varios metros (aprox. 15 m), y tiene varias componentes:

- Una oscilación libre con período cercano a 435 días (período de Chandler) y amplitud de 0."1 a 0."2 (3 a 6 metros). Visto desde el polo norte, el movimiento se desarrolla en el sentido de las agujas del reloj.

El movimiento de Chandler se produce porque el "eje de rotación instantáneo" (spin) no coincide exactamente con el "eje principal de Inercia" de la Tierra.

Si la Tierra fuera rígida, el eje de rotación giraría en torno del eje principal de inercia con un período de

$$A / (C - A) = 305 \text{ días (período de Euler)}$$

A y B (A=B): momentos de inercia ecuatoriales

C: momento de inercia polar

Dicho de otra manera, las diferencias entre los períodos de Chandler y Euler se deben a la no-rigidez de la Tierra.

- b) Una oscilación anual forzada por desplazamientos estacionales de masas de aire y agua. Tiene el mismo sentido que el de Chandler y una amplitud de $0.''05$ a $0.''1$.
- c) Un movimiento secular del polo debido al derretimiento de los hielos polares y los movimientos tectónicos en gran escala. Consiste en un desplazamiento irregular de unos $0.''003$ / yr en dirección 80° W.
- d) Variaciones irregulares en pocos días o años. Alcanzan los $0.''02$. Están originadas fundamentalmente en redistribución de masas dentro de la atmósfera, cambios en el volumen de los océanos, y terremotos.

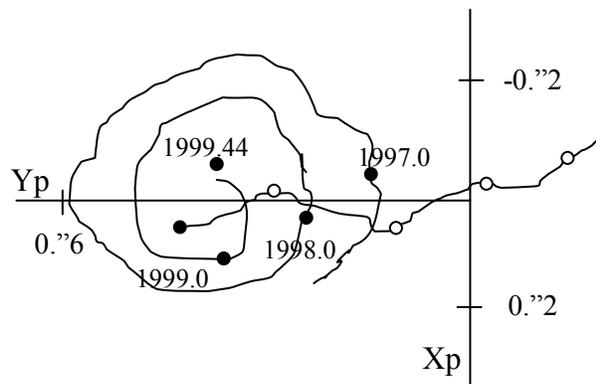
El resultado de todas estas componentes es una espiral deformada del polo instantáneo en torno de un punto imaginario.

En un año, la desviación de la posición media permanece menor que $0.''3$ (9 m).

La posición del polo con respecto al sólido terrestre se refiere al IRP.

IRP: IERS Reference Pole.

IERS: International Earth Rotation Service



La posición del polo instantáneo con respecto al IRP queda definida por dos coordenadas: x_p ; y_p definidas en un plano tangencial al polo. El eje x_p está dirigido al meridiano de Greenwich, y el eje y_p hacia 90° W.

5.2 La Velocidad de Rotación - LOD

La velocidad de rotación de la Tierra presenta pequeñas variaciones que pasan totalmente inadvertidas para el hombre, pero que involucran fenómenos geofísicos internos y atmosféricos de gran magnitud.

La Velocidad de Rotación ω de la Tierra también es variable. Estas variaciones son generalmente descritas por el exceso en el tiempo de revolución con respecto a 86400 segundos y es llamada Longitud del Día (LOD: Length Of Day). Las mismas son derivadas de la comparación del tiempo observacional o astronómico (TU: tiempo Universal) con el tiempo uniforme que definen los más modernos relojes atómicos (Tiempo Atómico).

Pueden definirse las siguientes componentes para la LOD:

- a) variaciones anuales y semianuales de magnitud del orden de 1 milésimo de segundo en la duración de 1 día
- b) variaciones decenales (decenas de años) que pueden alcanzar algunos milésimos de segundo Efectos estacionales
- c) variaciones seculares (un frenado del orden de los 2 milésimos de segundo por siglo)
- d) variaciones bruscas impredecibles del orden de los milésimos de segundo.

Actualmente se están descubriendo efectos más pequeños con períodos que van desde unas pocas horas a varios días.

Mientras el Movimiento del Polo afecta las observaciones dependiendo de la posición del observador, los cambios en LOD actúan en forma uniforme sobre todo los puntos.

Las coordenadas del Polo x_p ; y_p ; LOD y ω son calculadas y provistas por el Earth Orientation Parameters (EOP) del IERS (International Earth Rotation Service) con una resolución diaria y una exactitud de $\pm 0''.0003$ y ± 0.02 ms (Reigber and Feissel 1997).

La posición del Geocentro (origen del sistema terrestre) también sufre pequeñas variaciones detectadas a partir de la determinación precisa de órbitas

satelitarias. La magnitud es de varios mm/yr y es causada por la redistribución de masas en el planeta.

Cuando la Tierra retrasa en un milésimo de segundo su rotación:

$$1 \text{ día} = 86400.001 \text{ seg.}$$

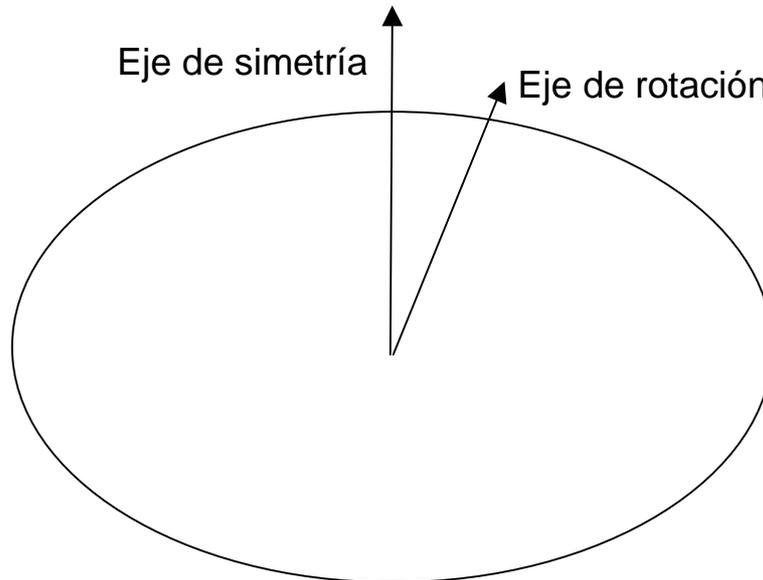
Cuando hablamos de variaciones periódicas queremos decir que lo que pierde en un momento lo gana posteriormente y en promedio no hay ninguna modificación significativa. Para terminar con esta breve descripción, podemos detenernos en las variaciones seculares (o progresivas) que a diferencia de las variaciones periódicas tienen un efecto acumulativo (marchan siempre en el mismo sentido).

Las variaciones seculares de la rotación de la Tierra tienen como causa el frotamiento del mar sobre el fondo, especialmente en mares poco profundos, producido por las mareas. Este fenómeno consume energía que se resta de la rotación y tendrá inevitablemente el resultado de retardar la velocidad de rotación hasta que la Tierra muestre a la Luna una sola cara ! De todos modos no es para preocuparnos, a este ritmo, en los próximos mil años un día duraría 86402 seg. (2 segundos más lento que en la actualidad).

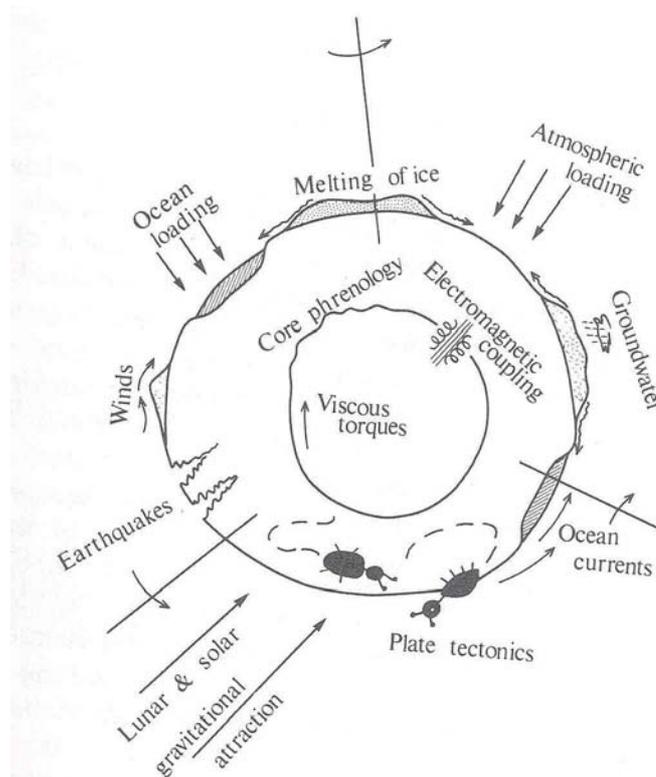
Indudablemente las mareas que la Tierra provocó en la Luna desde el comienzo de los tiempos han sido mucho más fuertes que las recíprocas y produjeron el efecto mencionado: la Luna muestra una sola cara a la Tierra.

Variación de la orientación del eje de rotación terrestre con relación al cuerpo terrestre

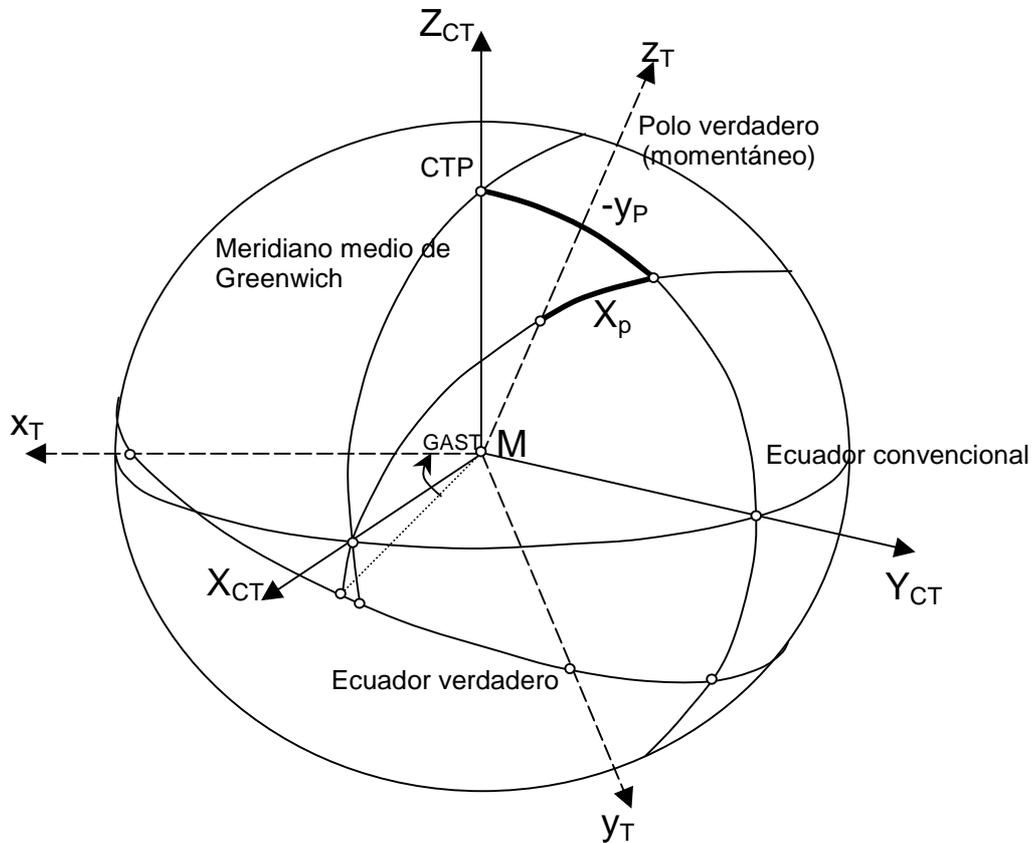
1. El eje de la rotación de la Tierra **no** coincide con el eje de simetría de las masas (eje de inercia mayor)



2. El impulso de rotación varía por desplazamientos de masas terrestres



Variación de la orientación del eje de rotación terrestre con relación al cuerpo de la Tierra



Reducción del movimiento del polo de rotación

<p>Sistema terrestre convencional (Conventional Terrestrial System, CTS)</p> <p>Eje Z = eje del sistema de coordenadas de los puntos definidos en el sistema convencional</p>	<p>Movimiento del polo (x_p, y_p) →</p>	<p>Sistema ecuatorial momentáneo (verdadero)</p> <p>Eje Z = polo de efémerides celestes (Celestial Ephemeris Pole, CEP)</p>
---	--	---