

ASTROMETRIA EN EL OAFa. ROTACION DE LA TIERRA

ASTROMETRY AT OAFa. EARTH ROTATION

Walter T. Manrique

Observatorio Astronómico "Félix Aguilar"

RESUMEN: Se trata de dar un breve informe de una de las actividades **astrométricas** (Rotación de la Tierra), que se desarrolló en el OAFa desde su inauguración hasta el presente; importancia de esta investigación; colaboración del OAFa con los Servicios Internacionales, BIH e IPNS; empleo de las nuevas técnicas: VLBI, LLR y LSR; el nuevo Servicio Internacional, IERS y sus Sistemas de Referencia y un resumen de las principales tareas realizadas y en ejecución en el OAFa.

ABSTRACT: A brief report on one of the astrometric activities (Earth Rotation) carried out at the "Félix Aguilar" Astronomical Observatory since its opening up to the present is given. It deals with: the importance of this research; the OAFa collaboration to the International Services, BIH and IPMS; the application of new techniques: VLBI, LLR and LSR, the new International Service, IERS, and its Reference System; and a brief account on the main tasks carried out and to be developed at the OAFa.

INTRODUCCION

La investigación en las ciencias astronómicas en San Juan nace al mismo tiempo que la Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales, cuando en 1947 el Rectorado de la Universidad Nacional de Cuyo, eleva a la categoría de Facultad, la hasta entonces denominada Escuela de Ingeniería.

En esa época un grupo de profesores tienen la visionaria idea de darle a la Astronomía un lugar en esta Facultad, preparándose así el camino a la Astrometría en la que se han concentrado más específicamente las actividades e interés de nuestra comunidad, naciendo así el Observatorio Astronómico "Félix AGuilar".

Este Observatorio permite ahora a Astrónomos e Investigadores, trabajar en forma sistemática en el estudio del Universo, complementando con sus trabajos, los trabajos de los colegas del mundo entero.

Esta realización ha hecho posible la participación de nuestra Universidad en la gran aventura astronómica, donde los desarrollos y aplicaciones tecnológicas, sorprendentes y extraordinarios, no dejan de ser apasionantes, tanto para científicos como para el público en general.

Nuestro Observatorio ha cumplido 36 años, edad que en la escala de tiempo y sucesos cotidianos, representa el trabajo y dedicación de muchos hombres que han dejado su juventud en el esfuerzo y que sirve para valorar la importancia de la labor cumplida.

Rotación de la Tierra

Por diversos motivos, la Astronomía en San Juan se desarrolló con una orientación definida hacia la Astrometría y, dentro de esta rama, con una orientación hacia el estudio de la Rotación de la Tierra.

Como todos sabemos, fue necesario que pasaran miles de años para que el hombre llegara a su condición de tal y como hombre captara la razón del movimiento aparente del sol, astros y estrellas en la

bóveda celeste. No han pasado todavía cuatro siglos desde que la Rotación de la Tierra es universalmente admitida y que los hombres exponían su vida por aceptar y difundir esta verdad.

Desde el punto de vista científico, hace siglos que el hombre ha tratado de estudiar, investigar y comprender las particularidades que definen la Rotación de nuestro Planeta y cómo beneficiarse de estos conocimientos. La Astronomía, la Geodesia, la Geofísica, la navegación, la medida del tiempo, han necesitado tradicionalmente de este fenómeno considerado en un principio como absolutamente uniforme, como el cronómetro más perfecto al que la técnica no podría igualar en exactitud. A comienzo de nuestro siglo se tuvo que admitir lo contrario frente a la evidencia de las observaciones más recientes. El descubrimiento del movimiento de los Polos, detectable, como todos sabemos, a través del estudio de las variaciones de las Latitudes, como así también el descubrimiento de las mareas terrestres, influyeron para apartar definitivamente la idea de la uniformidad de la Rotación Terrestre y de que la Tierra era un cuerpo sólido indeformable.

Irregularidades

En realidad, la Rotación de la Tierra es un fenómeno irregular e impredecible. Hasta ahora se desconocen las leyes capaces de describir en cada instante el vector rotación terrestre, por lo cual no es posible deducir con anticipación qué posición ocupará el Polo sobre la Tierra en un determinado momento y menos aún predecir, con exactitud, la posición del meridiano correspondiente a nuestra posición geográfica en un instante determinado, con respecto a un sistema de referencia.

Estas irregularidades, plenamente confirmadas, se pueden clasificar como:

a. **Variaciones seculares:** con amplitudes de algunos milésimos de seg. por año y que causan un retraso continuo en la Rotación.

b. Variaciones periódicas: del orden de algunos milésimos de segundo, vinculadas a las estaciones.

c. Variaciones accidentales: que se manifiestan como cambios en la aceleración de la rotación.

Todas estas circunstancias han contribuido para que la Rotación de la Tierra haya sido y sea aún, uno de los fenómenos más estudiados e investigados por Astrónomos, Geodestas y Geofísicos de Institutos de casi todos los países del mundo.

El movimiento de los Polos como la Hora rotacional es de tal interés para múltiples usuarios, que desde 1900 han funcionado Organismos encargados de compilar y procesar las observaciones como el Bureau International de l'Heure (BIH) y el International Polar Motion Service (IPMS), hoy reemplazados por el INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE (IERS) que compila, analiza y procesa la información proporcionada por nuevas y más precisas técnicas.

Muchos son los fenómenos que se espera todavía descubrir e investigar y muchas las aplicaciones que de ellos pueden derivarse. Estas investigaciones se han realizado y se continúan aún, en diversos Institutos y Observatorios del mundo, mediante el empleo de Tubos cenitales, Astrolabios, Anteojos capitales, etc. reemplazados ahora por instrumentos que emplean nuevas técnicas que han superado en precisión a las técnicas astronómicas clásicas.

Estas nuevas técnicas, nacidas o perfeccionadas a mitad de este siglo, como la Radioastronomía, el Radar, la Telemetría Laser Lunar y Satelitaria, métodos interferométricos como el VLBI; técnicas radioeléctricas como el Sistema Transit y últimamente el sistema GPS, han contribuido evidentemente al mejor conocimiento de la Rotación Terrestre. Lógicamente que el empleo de estas técnicas exige un mejor y más acabado conocimiento de nuestra rotación.

De esto se deriva la necesidad del perfeccionamiento continuo de los conocimientos ya logrados, como así también de las técnicas

empleadas, tratando de aunar esfuerzos entre todos los que de una u otra manera, colaboran en estos trabajos.

Contribución del OAFSA

Nuestro Observatorio ha contribuido a estas investigaciones, desde 1968, a través de las observaciones sistemáticas con un Astrolabio Impersonal Dajon, para la determinación muy precisa de la Hora y Latitud. Del procesamiento de los datos de las estrellas observadas, se derivó el Tiempo Universal Coordinado local (UTCI) que con las Latitudes simultáneamente obtenidas, se colaboró, por más de veinte años, con el BIH y con el INPS en la campaña mundial para el estudio de la rotación de la tierra y manteniendo de la escala de tiempo, enviando la información semanalmente.

Para cumplir con este compromiso se elaboró un conjunto de tareas basadas en los consejos y experiencia de los especialistas franceses de los Observatorios de París y Besancon: Drs. B. Guinot, L. Arbey, S. Billaud, Cholet. Se formó así un programa fundamental de composición invariable, para la observación sistemática y posterior procesamiento, y además un equipo de observadores, astrónomos del Observatorio.

No obstante los problemas derivados de la falta de medios técnicos adecuados o por causas económicas, hasta la fecha (21 años consecutivos de labor) se han observado más de 200.000 pasajes estelares. Con este cúmulo de observaciones, seleccionadas de acuerdo a normas preestablecidas, se han elaborado trabajos de investigación publicados en el país y en el exterior, para participar y colaborar con la requerida investigación.

Pero la utilización del Astrolabio de San Juan no sólo se ha limitado a esta tarea, sino que también se empleó de manera competitiva y complementaria, con relación a otros instrumentos clásicos de

la Astronomía para investigaciones como observación de grandes planetas, para el mejor conocimiento del sistema solar; observación de radio-fuentes, ópticas, catálogos estelares y movimientos propios.

Por otro lado, la materialización de sistemas inerciales ha sido, durante largo tiempo, responsabilidad de la Astrometría. Sin embargo, en los últimos años, esta tarea a pasado casi exclusivamente a las nuevas técnicas.

Recordemos que la definición del segundo a partir de la resonancia del Cesio, ha introducido una base para las medidas de tiempo cuyas características sobrepasan las posibilidades de los métodos astronómicos. El tiempo Atómico Internacional, TAI, difiere de este en un número exacto de segundos. Mediante saltos adecuados de un segundo entero, se logra una buena representación del Tiempo Universal Uno UT1, definido por la rotación de la Tierra y muy utilizado por Astrónomos, Geodestas, Agrimensores, Geofísicos, para conocer, lo mejor posible, la posición de su meridiano con respecto a un meridiano origen.

Esto implica que para definir completamente el UT1, es necesario medir la Rotación de la Tierra. Durante muchos años Argentina ha colaborado activamente con los Servicios de sus Estaciones Astrométricas de Buenos Aires, La Plata, San Juan, Punta Indio y Tierra del Fuego.

Nuevo Servicio Internacional

Como ya se ha citado, un nuevo Servicio Internacional, el IERS (Internacional Earth Rotation Service), se puso en marcha. La determinación del movimiento del Polo y de la Rotación de la Tierra la realiza este servicio en base a la información proporcionada por las modernas técnicas: Very Long Baseline Interferometry (VLBI) Lunar Laser Ranging (LLR) y Sately Laser Ranging (SLR), cuyas presiciones sobrepasan las de los instrumentos astronómicos.

El IERS fue establecido en 1987 por la Unión Astronómica Internacional (UAI) y por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) e inició sus tareas a partir del primero de enero de 1988. Reemplaza al IPMS y a la sección Rotación de la Tierra del BIH. Las actividades en tiempo del BIH son continuadas por el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), París, Francia.

Este nuevo servicio proporciona la información necesaria para definir y mantener un Sistema de Referencia Terrestre convencional y los relaciona mutuamente con otros sistemas usados en la determinación de los parámetros de orientación de la Tierra (EOP).

Es responsable de:

1. Definición y mantenimiento de un Sistema de Referencia Terrestre convencional, basado en la información de las Estaciones de Observación que utilizan técnicas de alta precisión en Geodesia Espacial.
2. Definición y mantenimiento de un Sistema de Referencia Celeste convencional, basado en Radio-fuentes extragalácticas y lo relacionado con otros sistemas celestes.
3. Determinación de los parámetros de orientación de la Tierra, relacionando estos sistemas y las coordenadas terrestres y celestes del Polo y Tiempo Universal.
4. Organización de las actividades operativas para la observación y análisis de la información.

Sistema de Referencia del IERS

El sistema de Referencia del IERS se compone de dos partes: el IERS Standard y el Sistema de Ref. del IERS. El IERS Standard usado en 1988 es el Merit Standard. Este es un conjunto de constantes y modelos usados por el Centro de Análisis para LLR, LSR y VBLI, y por el Bureau Central en la combinación de los resultados. El Sistema del IERS se compone de:

- a- **Sistema de Referencia Terrestre (ITRF)**: el origen, las direcciones y la escala de este sistema están implícitamente definidos por las coordenadas adoptadas por las Estaciones terrestres. El origen es el centro de masas de la Tierra, con una incertidumbre de 10 cm. La unidad de longitud es el metro (SI). El polo de Referencia (IRP) y el Meridiano de Referencia del IERS (IRM) son compatibles con las direcciones del Sistema Terrestre del BIH (BTS) dentro de 0".003.
- b- **Sistema de Referencia Celeste (ICRF)**: el origen del sistema es el baricentro del sistema solar. La dirección del eje polar es dada para la época J2000, por la precesión IAU 1976 y por la teoría de la nutación IAU 1980. Está compuesto por 209 Radio-fuentes extragalácticas y compilado en base a los sistemas individuales extragalácticos obtenidos de acuerdo con la solución global del Goddard Space Flight Center, del Jet Propulsion Laboratory y del U.S. National Geodetic Survey.

Las Nuevas Técnicas

Durante los últimos años las técnicas de Radio-interferometría y Laser ranging han sido usadas para proporcionar información de alta precisión de la rotación de la Tierra.

La orientación angular de nuestro planeta en el espacio y su movimiento alrededor de su eje de rotación, pueden ser ahora determinados con una precisión del orden de los cinco nanoradianes.

Interferometría

Los métodos interferométricos se basan en la medición del

retardo diferencial de las señales emitidas por una radio-fuente extragaláctica y recibida en dos Estaciones diferentes.

Estas fuentes emiten ondas en el rango de centímetros o decímetros, siendo indispensable contar para su recepción, con Radiotelescopios.

Han sido desarrollados dos sistemas y en ambos casos las dos Estaciones observan simultáneamente la misma fuente. En uno de los sistemas, interferometría a base corta, las señales de los receptores son comparadas en tiempo real, gracias a la interconexión por cable o radio. En el sistema a base larga, VLBI, las señales son registradas en cada estación conjuntamente con marcas de tiempo y posteriormente intercomparadas. Este método tiene la ventaja de ser independiente de los problemas meteorológicos y no depender de la salida del objeto a medir, ya que se dispone de Radio-fuentes bien distribuidas en ascensión recta.

Las desventajas son su complejidad, alto costo de los Radiotelescopios y la alta precisión requerida a los patrones de tiempo de las Estaciones.

Las técnicas VLBI logran una resolución de aproximadamente 10^{-4} arcosegundos y las posiciones relativas del telescopio pueden ser determinadas con precisiones de 1 cm aproximadamente.

Estas capacidades han llevado a resultados de gran impacto en Astrofísica y Geofísica. Resultados muy interesantes han sido presentado para estudios tan diversos como núcleos galácticos activos, quasars, radio-estrellas, Astrometría, Cosmología, Geodesia, precesión, nutación, movimientos de los polos terrestres, variaciones en UT, deformación regional de la corteza y deriva continental.

El método puede determinar la posición del Polo dentro de los dos milisegundos de arco y el UT1 dentro de la décima de milésima de tiempo, además mejorar las tablas de nutación.

Las observaciones VLBI constituyen uno de los soportes fundamentales del IERS.

Durante la campaña 1989, tres programas de cuidadosas observaciones, han continuado: el proyecto IRIS (International Radio Interferometric Surveying), coordinado por el U.S. National Geodetic Survey; el proyecto CDP (Crustal Dynamics Project), de la Nasa, y el proyecto DSN (Deep Space Network), operado por el Jet Propulsion Laboratory (JPL).

Laser Lunar y Satelitario:

Las propiedades particulares de la luz emitida por Laser, han abierto todo un campo de aplicaciones originales inaccesibles a las fuentes luminosas clásicas. En particular, la gran potencia del Laser, asociado a su coherencia espacial y temporal, lo han transformado en un instrumento de preferencia en la investigación espacial, donde las grandes distancias puestas en juego introducen atenuaciones importantes.

La telemetría Laser funciona a la manera de un radar, pero con precisiones muy superiores a éste y sobre longitud de onda óptica. El principio del método consiste en medir el tiempo recorrido por la luz en su trayecto de ida y vuelta entre emisor y receptor. Estas determinaciones permiten un mejor y más acabado conocimiento en diversos dominios:

- a- Órbita y movimientos de la Luna
- b- Geodesia terrestre
- c- Dinámica de la Tierra: fluctuaciones del Polo, irregularidades de la rotación
- d- Mecánica celeste: Medidas de GM.

La atenuación que sufre la señal en estas determinaciones es muy significativa y sólo será detectable si la energía de la señal es muy concentrada angularmente, tanto de ida como de vuelta. Esto justifica el empleo del Laser como fuente y exige la utilización de reflectores capaces de reenviar los rayos incidentes en un fino haz en

la dirección de incidencia, cualquiera que sea esta dirección.

Las técnicas de medición Laser a la Luna, no difieren en lo esencial de las mediciones a satélites artificiales. Su mayor complejidad es debida a la mayor distancia a recorrer lo que implica mayor potencia, mejor direccionabilidad y menor divergencia del haz. Las mediciones a la Luna son posibles gracias a la instalación en su superficie de retroreflectores en las misiones Apollo 11, 14 y 15 y en la misión Lunakhod 2.

El modelo matemático para el tratamiento de las mediciones LLR es complejo. Al vector observación: Estación-Reflector, debe hacerse corresponder los vectores: Estación-Centro de masas de la Tierra; Centro de masas de la Tierra-Centro de masas de la Luna; Centro de masas de la Luna-Reflector. El vector que une los centros de masa, encierra toda la complejidad de la mecánica del movimiento de los cuerpos en un sistema inercial.

Cada uno de estos vectores se definen en sistemas de coordenadas diferentes en los que las escalas de tiempo, para la datación del evento, son distintas. Así la propia observación se expresa en UTC; la rotación de la Tierra en UT1, mientras que las coordenadas de la Luna vienen dadas en función de la escala TDT (tiempo dinámico terrestre).

Como las coordenadas geocéntricas de las Estaciones y sus variaciones, el movimiento del Polo y la Rotación de la Tierra intervienen en la definición del modelo, resultan determinados en el proceso de ajuste.

La órbita lunar, a diferencia de los satélites artificiales, permite mayor estabilidad en el tiempo del sistema así definido.

Resumiendo podemos decir que la alta precisión alcanzada en la medida de intervalos de tiempo, la posibilidad de emitir, por medio de un Laser una señal óptica extremadamente corta y coherente y las potencias obtenidas, permiten las medidas de las distancias que separa

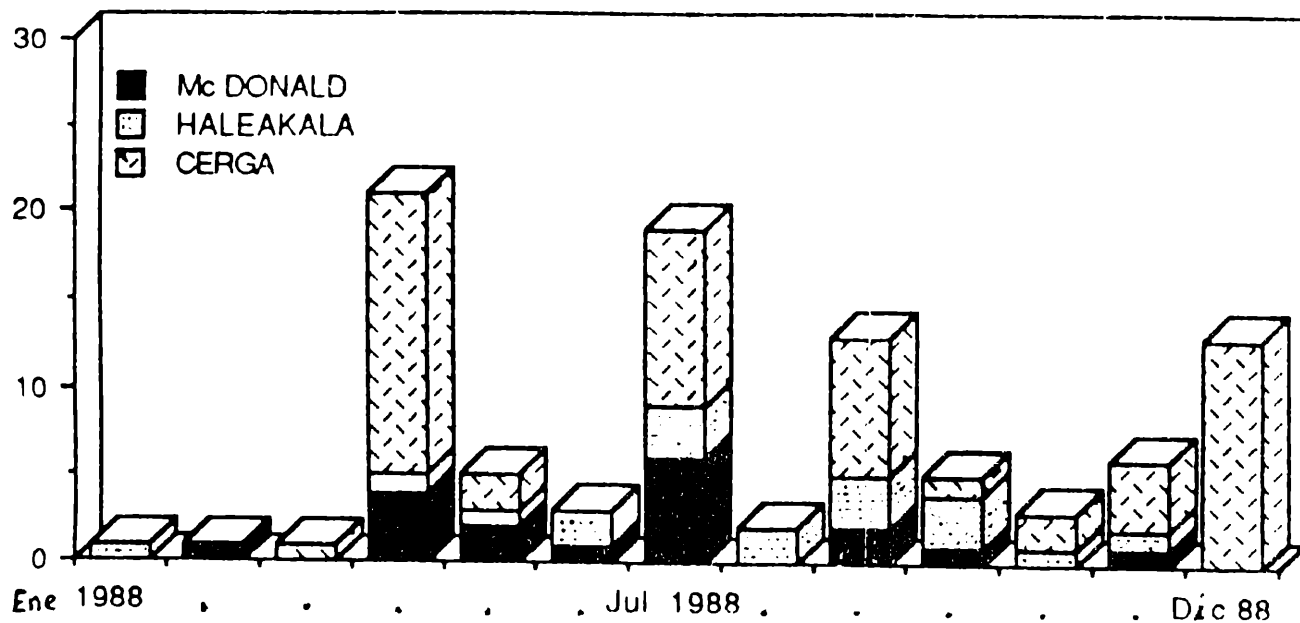
una Estación terrestre de un punto del suelo lunar o satélite artificial.

Estas medidas contribuyen al mejor conocimiento de las dimensiones y movimientos de la Luna y permiten calcular, con gran precisión, la distancia que separa la Estación del eje de rotación terrestre y su longitud. La determinación de estos mismos elementos relativos a varias estaciones, aunque muy alejadas, permite relacionarlos y deducir el movimiento del eje terrestre.

En 1988 tres Estaciones han estado en funcionamiento: Cerga (Grace, Francia), Haleakala (Hawaii, USA) y la más antigua, McDonald, MLRS (Texas, USA). Es la primera ocasión que se recibe información desde tres lugares, a lo largo del año, según información del IERS.

La precisión de las medidas está dentro de 2 a 3 cm. Como el rms es normalmente menor que 1 cm. en una sola noche, la meta de 1 centímetro podrá ser alcanzada dentro de 1 a 2 años. UTO-UTC puede ser determinado en sesiones de observación de una hora a una hora y media, según informe del IERS.

El gráfico siguiente muestra el número de valores de UT por lunación para 1988.



Número de valores de UT por lunación (informe del IERS)

Laser Satelitario (SLR)

En el empleo de Satélites artificiales convergen conocimientos de distintas ramas de la ciencia: Mecánica celeste, física solar, física de la atmósfera, física de la Tierra, meteorología, óptica, electrónica, computación, lo que ha traído aparejado un acercamiento de científicos de distinta formación y como resultado un incremento de la investigación científica mundial.

El procesamiento de la información proporcionada por los satélites, ha permitido avances significativos en el conocimiento de múltiples temas de Astronomía, Geodesia y Geofísica. Por ejemplo: determinación de GM; coeficientes del potencial terrestre y determinación del geoide; tectónica global y movimiento de placas; tectónica lunar y planetaria; definición de sistemas de referencia, y en el caso que nos ocupa, determinación del movimiento del polo, velocidad de rotación de la Tierra, deformación de nuestro planeta.

La precisión en los resultados depende del grado de conocimiento que se tenga del modelo de fuerzas que rige el desplazamiento del Satélite, del sistema de coordenadas al que están vinculadas las Estaciones de observación, del modelo de propagación de las señales y particularmente de la precisión en el registro de la señal.

Estos modelos son, en general, el resultado del análisis conjunto de las observaciones satelitarias disponibles en el instante de cálculo, al que se agrega información gravimétrica terrestre. La realización de un nuevo modelo exige disponer de información de alta calidad. Esta información es proporcionada por satélites diseñados para permitir mediciones laser: el LAGEOS (Laser Geodynamics Satellite) de 60 cm. de diámetro, 407 kg. de masa, perigeo: 5858 km., apogeo: 5958 km., $i = 110^\circ$, $e = 0.004$, y el STARLETTE, de 24 cm. de diámetro, 47 kg. de masa, apogeo 1105 km., perigeo: 810 km., $i = 55^\circ$, $e = 0.051$.

No obstante la alta precisión alcanzada, las observaciones laser están limitadas por las condiciones meteorológicas.

Las ecuaciones de movimiento de un satélite se expresan en un sistema inercial. Conocidas las relaciones entre este sistema y un sistema fijo a la Tierra, no es obstáculo que la integración se realice prácticamente en este último. Como el modelo potencial terrestre es conocido en el sistema fijo a la Tierra, es necesario utilizar un sistema terrestre convencional y un sistema celeste convencional que deben ser materializados. Su definición implica establecer un origen y la dirección de dos de sus ejes. Estos sistemas deben ser permanentemente monitoreados ya que la Tierra no es un cuerpo indeformable y de dinámica muy compleja.

Los resultados del Servicio rápido de la Rotación de la Tierra de los Parámetros de orientación: x e y , UT1 y LOD, son calculados semanalmente a partir de la información proporcionada por LAGEOS principalmente, que en 1988 ha sido uno de los soportes del IERS.

1. x e y son las coordenadas del Polo celeste con respecto al Polo de referencia del IERS.

El eje x está en la dirección del meridiano de referencia del IERS. El eje y está en la dirección de los 90° de longitud oeste.

2. UT1 está relacionado al tiempo sidereo medio de Greenwich por medio de una relación convencional (Aoki et al., 1982). Está expresado como la diferencia: UT1 - TAI o UT1 - UTC.

TAI es la escala de tiempo atómico del BIPM (Bureau International des Poids et Mesures), formada por la integración de tiempos unitarios o segundos, de acuerdo con la definición del SI (Sistema Internacional de unidades). Su origen, así como la diferencia UT1-UTC, es el 1º de enero de 1958 a las cero horas. La estabilidad del TAI es unas seis veces superior a la del UT1. Al disponer de una escala de tiempo de tan grandes cualidades, es lógico hacer uso

de ella en Astronomía y otras ciencias para referencia y estudio de sus investigaciones.

Más conocida, debido al gran número de usuarios, es la denominada "Escala de tiempo universal coordinado", UTC, definida de acuerdo a la recomendación del CCIR 460-4 (1986). Difiere del TAI en un número entero de segundos, de manera tal que $UT1 - UTC$ es menor que 0.9 seg. en valor absoluto. La decisión de introducir saltos de un segundo es responsabilidad del IERS. Estos saltos se introducen, en primer lugar, a fines de diciembre o junio y en segundo lugar, a fines de mayo o setiembre. UTC es el tiempo que con ayuda de los husos horarios rige la Hora oficial de los países.

DUT1 es la diferencia $UT1 - UTC$, expresada con 0.1 de precisión. Se transmite inserta en las señales horarias. Los cambios de DUT1 son decididos por el IERS.

UT2 puede ser deducido de UT1 agregando términos convencionales anuales y semi-anuales.

La diferencia entre la duración del día (D), determinada astronómicamente y 86400 segundos del TAI, se denomina también "duración del día" (lod). Su relación con la velocidad angular, w , de la Tierra se expresa así:

$$w = 72921151.467064 - 0.843994803 D$$

donde w está dada en picorradianes/seg. y D en unidades de 0.01 ms.

UT1, y en consecuencia D y w están sujetos a variaciones ocasionadas por efectos de las mareas terrestres.

3. $d\psi$, $d\epsilon$ son los términos de corto período de la nutación en longitud y oblicuidad ϵ del Polo celeste, con respecto a una posición definida por los modelos de precesión-nutación convencional de la UAI.

Nuestro país ha contribuido por más de un siglo al desarrollo de la Astronomía, en todas sus ramas, a través de investigaciones y trabajos de alto nivel. Particularmente, en la investigación de la rotación de la Tierra, ha dado muestras de responsabilidad y entusiasmo en todas las tareas realizadas en sus distintas Estaciones astrométricas: Observatorio Astronómico de La Plata, Punta Indio, Observatorio Naval, Instituto Geográfico Militar, Estación Río Grande, Observatorio de Córdoba y Observatorio Astronómico "Félix Aguilar" de San Juan.

Se impone entonces que Argentina cuente en breve o mediano plazo con alguna de estas nuevas técnicas, no sólo para contribuir con el IERS, sino también para enriquecer los conocimientos adquiridos. Para tal fin, será necesario aunar esfuerzos entre los distintos institutos interesados, y sobre todo, con decisión, encarar la tarea con optimismo, sin dejar de reconocer la importancia que tendría la ayuda de los centros internacionales.

Finalmente, creo que será de utilidad citar muy brevemente algunos de los principales trabajos realizados y en ejecución por los distintos Grupos de investigación del OAF, que a través de estos 36 años, han realizado todo un esfuerzo para bien de la Astronomía argentina.

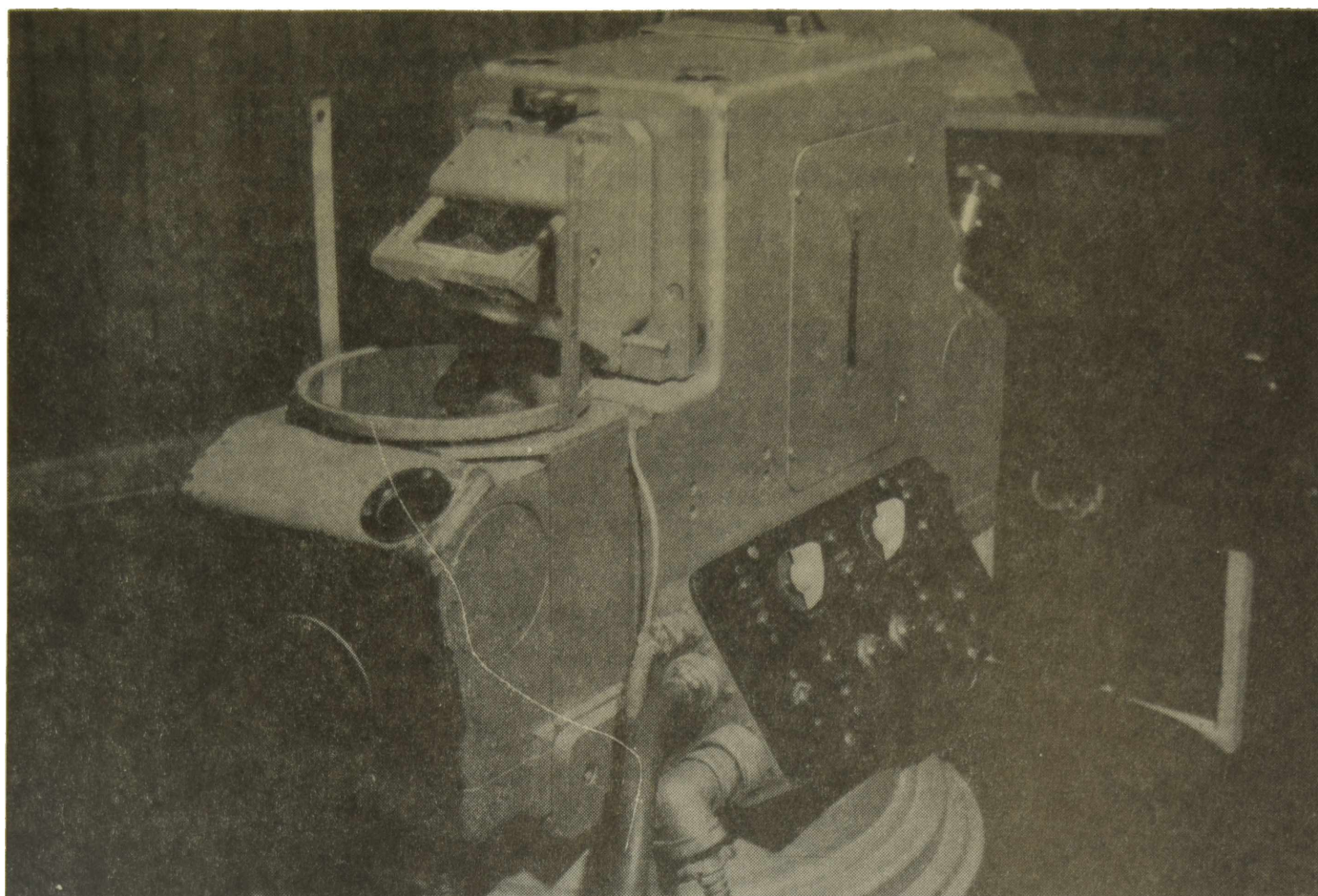
ASTROMETRIA EXTRAMERIDIANA

INSTRUMENTO: Astrolabio Impersonal Danjon Nº 36.

Abertura del objetivo: 100 mm

Distancia focal: 100 cm

Ocular ortoscópico de 20 mm de foco, 175 aumentos y 11° de campo.



Algunos de los trabajos realizados:

- a. Determinación de la Latitud y Tiempo (UTO-UTC)¹, para colaborar con el BIH e IPMS desde enero de 1968 a enero de 1988.
- b. Primer Catálogo Astrolabio de San Juan.
- c. Segundo Catálogo Astrolabio de San Juan.
- d. Análisis de la Latitud. Pilar Astrolabio: 1968-1978.
- e. Observación de grandes Planetas y Radio-fuentes ópticas.

Trabajos en ejecución:

- a. Tercer Catálogo Astrolabio de San Juan.
- b. Observación de grandes Planetas: Urano y Saturno.

- c. Cálculo de movimientos propios.
- d. Observación de Radio-fuentes ópticas.

SERVICIO INTERNO DE HORA



Como base para las observaciones astronómicas, el OAFa dispone de un conjunto horario compuesto por relojes cuyas estabilidades y precisiones satisfacen plenamente las exigencias de los distintos programas de investigación. Se dispone de:

- a. Tres relojes a cristal de cuarzo, Rodhe y Schwarz, con estabilidades de frecuencia de 1×10^{-9} y 1×10^{-10} , reglados en UTCi.
- b. Dos relojes a cristal de cuarzo, Rodhe y Schwarz, reglados en tiempo sidereo y estabilidades de 1×10^{-9} .
- c. Un compacto patrón secundario, que utiliza la frecuencia de resonancia hiperfina del rubidio 87, para estabilizar la frecuencia de un oscilador de cuarzo.
- d. Sistema de distribución y transmisión de la Hora.
- e. Sistema de baterías que asegura el funcionamiento del conjunto horario por 48 horas.

ASTROMETRIA MERIDIANA

CIRCULO MERIDIANO "REPSOLD": Abertura: 190 mm; Distancia focal: 2,25 m

Trabajos realizados:

1. **Primer Catálogo Fundamental Círculo Meridiano de San Juan.**
935 estrellas FK4; $\epsilon_{\alpha} \cos \delta = 0,022$, $\epsilon_{\delta} = 0,47$
2. **Segundo Catálogo Círculo Meridiano de San Juan (FKSZ)**
617 estrellas FKSZ; Zona: -90° a $+30^{\circ}$; $\epsilon_{\alpha} \cos \delta = 0,021$, $\epsilon_{\delta} = 0,39$
3. **Catálogo San Juan 72**
7184 estrellas; Zonas: -40° a -60° y -60° a -90° ; Equin.: 1950.0
 $\epsilon_{\alpha} \cos \delta = \pm 0,021$, $\epsilon_{\delta} = \pm 0,41$
4. **Cuarto Catálogo Círculo Meridiano de San Juan**
364 estrellas FK4; Zona: -90° a -30° ; $\epsilon_{\alpha} \cos \delta = 0,023$, $\epsilon_{\delta} = 0,33$
5. **Quinto Catálogo Fundamental Círculo Meridiano de San Juan**
689 estrellas FK4; Zona: -90° a -30° ; $\epsilon_{\alpha} \cos \delta = 0,020$, $\epsilon_{\delta} = 0,31$

Trabajos en ejecución:

Observación de un listado de 512 radio-estrellas, de magnitud más brillante que 10 y declinación al sur de $\delta = +40^\circ$, con el objeto de contribuir a la vinculación de los sistemas óptico y radial.

**ESTACION DE ALTURA EL LEONCITO
ASTROMETRIA FOTOGRAFICA**



ASTROGRAFO DOBLE:

Consta de dos objetivos cromatizados de 20" de abertura. Longitud de onda efectiva: 4300 A en el azul y 5500 A en el amarillo. Distancia focal: 3,70 m. Permite fotografiar el cielo en un campo de

6,3x6,3, usando placas de 17"x17". Limite de magnitud: 19 en el azul y 18 en el amarillo.

Programas de investigación

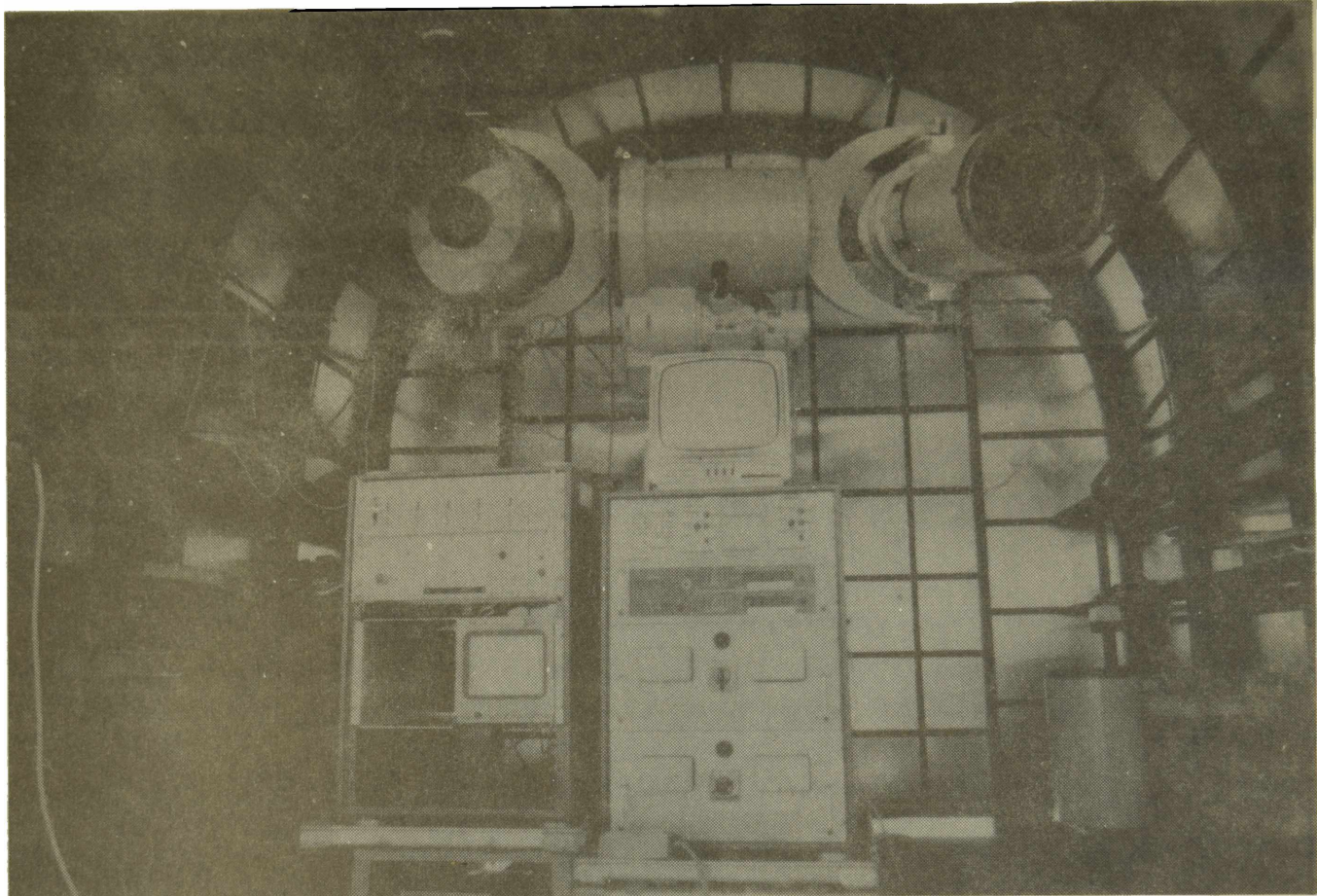
1. Movimientos propios (SPM): se lleva a cabo en colaboración con la Universidad de Yale, USA; es complementario del realizado por el Observatorio de Lick, en el hemisferio norte.
2. Observación de Asteroides: se trata de observar y reobservar asteroides, para mejorar su posición. Se puede dividir este programa en:
 - a. Observación de asteroides débiles.
 - b. Observación de asteroides de lista crítica e inusuales
 - c. Observación de asteroides para otros proyectos:
 - c1) Para el proyecto Telescopio Espacial, a pedido de la Universidad de Texas.
 - c2) Para el proyecto Giotto, se observan los asteroides IDA y HAMBURGA.
3. Observación de Cometas: este proyecto se cumple dentro de las posibilidades de tiempo del Instrumento. Se han descubierto seis de estos objetos.
4. Observación de Grandes Planetas: Plutón en particular, a pedido del Observatorio Naval de Washington.

ESTACION DE ALTURA EL LEONCITO AREA ELECTRONICA

TELESCOPIO DOBLE SUPER SCHMIT: $f = 350$ mm y $F/0.75$. Dotado de cámaras de TV de alta sensibilidad y cámaras fotográficas.

Tareas realizadas en colaboración con el Instituto Max Planck de Física Extraterrestre (MPE) de Alemania.

1. Observación y registro de los experimentos realizados en la magnetósfera por el satélite IRM (Injection Release Module), 1984.



2. Observaciones ópticas, a través de la cámara de TV tipo CID intensificada, de la experiencia del proyecto internacional AMPTE (Active Magnetospheric Particle Tracer (1985)), para el estudio del campo magnético terrestre y la incidencia de los vientos solares, a

través de la inyección, en la alta atmósfera, de nubes ionizadas de bario, litio y europio.

3. Observación de Cometas: Halley, Wilson y otros.

Tareas futuras: Continuación de las experiencias con nubes ionizadas en colaboración con el Instituto Max Planck.

ASTRONOMIA TEORICA

Proyectos de investigación

A. Espectroscopia y Atmósferas estelares

1. Determinación de abundancias químicas de estrellas químicamente peculiares.

Se realiza en base a espectrogramas de 16.9 \AA/mm de dispersión, obtenidos en el espectrógrafo Coudé del telescopio de 2,10 m del Kitt Peak National Observatory, USA.

2. Rotación y anomalías espectrales en el Bright Star Catalogue

Proyecto en colaboración con Astrónomos del CASLEO, Observatorio de La Plata y Observatorio de Córdoba.

3. Frecuencia de binarias en estrellas con anomalías de He y CNO.

En colaboración con investigadores del Observatorio de La Plata y CASLEO.

B. Astronomía Dinámica

1. Estudios cualitativos y cuantitativos de pequeños sistemas estelares (N 25)

Se estudia la evolución dinámica, criterios de estabilidad, captura y escape.

2. Cálculo de efemérides de miembros del Sistema Solar. (cometas, asteroides, etc.).

AREA ELECTRONICA DEL Oafa

El area electrónica se dedica al desarrollo y mantenimiento de equipos del Oafa y Estación de Altura El Leoncito.

Trabajos realizados

1. Construcción de un fotómetro fotoeléctrico digital para el telescopio reflector de 76 cm. y 20 m. de distancia focal.
2. Elaboración del modelo y construcción del Sistema de distribución de la Hora del Oafa.
3. Construcción de fuentes de tensiones reguladas permanentes.
4. Construcción de sendos cronógrafos totalizadores digitales para el Astrolabio y Circulo Meridiano.
5. Desarrollo de un nuevo sistema de seguimiento electrónico para el Telescopio de 76 cm.

Trabajos en ejecución

Proyecto de modernización del Astrógrafo Doble, incluyendo su automatización.