

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
CURSOS ABIERTOS

**ASTRONOMIA DE POSICION  
USOS TOPOGRAFICOS**

del 23 de Marzo al 3 de Abril

---

F E C H A

T E M A

P R O F E S O R

---

L. a V. de 17:00 a 21:00 h.  
Sábado de 9:00 a 13:00 h.

1. Sistema de Coordenadas Esféricas.
2. Sistemas de Tiempo
3. Azimut, Latitud y Longitud por el Sol
4. Azimut y Latitud por la Polar
5. Azimut, Latitud y Longitud por dos estrellas
6. Precisiones
7. Conclusiones
8. Programas HP-11C-41C

Ing. José Octavio Reyna Cortés

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: Astronomía de Posición.  
Usos Topográficos.

FECHA: 23 de Marzo al 3 de Abril.

CONFERENCISTA		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
1.	Ing. José Octavio Reyna Cortés				
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					





## EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

2.- Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR  
ANUNCIO TITULADO DE  
VISION DE EDUCACION  
CONTINUA

PERIODICO NOVEDADES  
ANUNCIO TITULADO DE  
VISION DE EDUCACION  
CONTINUA

FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL

RADIO UNIVERSIDAD

COMUNICACION CARTA,  
TELEFONO, VERBAL,  
ETC.

REVISTAS TECNICAS

FOLLETO ANUAL

CARTELERIA UNAM "LOS  
UNIVERSITARIOS HOY"

GACETA  
UNAM

3.- Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL  
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

4.- ¿Qué cambios haría en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

---

---

---

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI

NO

5.a. ¿Qué periódico lee con mayor frecuencia?

---

---

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

---



---



---

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 a 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON. COMIDAD)	LUNES A VIERNES DE 17 a 21 H.	LUNES A MIERCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.		VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 H. DE 14 A 18 H.	OTRO
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

---



---



---

10.- Otras sugerencias:

---



---



---



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSOS ABIERTOS**

**ASTRONOMIA DE POSICION**

**USOS TOPOGRAFICOS**

**ING. JOSE OCTAVIO REYNA CORTES**

**PALACIO DE MINERIA**



C O N T E N I D O

C A P I T U L O 1

I N T R O D U C C I O N

1.1.- BOSQUEJO HISTORICO

1.2.- DEFINICIÓN DE ASTRONOMÍA

1.3.- DEFINICIÓN DE BOVEDA CELESTE

1.4.- PUNTOS, LÍNEAS Y PLANOS PRINCIPALES DE LA ESFERA CELÉSTE

C A P I T U L O 2

S I S T E M A S D E C O O R D E N A D A S

2.1.- COORDENADAS GEOGRÁFICAS

2.2.- COORDENADAS CELESTES

2.2.1.- SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTALES

2.2.2.- SISTEMA DE COORDENADAS ECUATORIAL (1)

DEPENDIENTE

2.2.3.- SISTEMA DE COORDENADAS ECUATORIAL (11)

INDEPENDIENTE

### CAPITULO 3

#### CORRECCIONES A LAS COORDENADAS

3.1.- CORRECCIÓN POR REFRACCIÓN

3.2.- CORRECCIÓN POR PARALEJE

### CAPITULO 4

#### SISTEMAS DE TIEMPO

4.1.- TIEMPO SIDÉREO O DÍA SIDÉREO

4.2.- DÍA SOLAR VERDADERO

7

4.3.- ~~TE~~EMPO Y DÍA SOLAR MEDIO

4.4.- ECUACIÓN DEL TIEMPO

## CAPITULO 5

### TRIANGULO ASTRONÓMICO

5.1.- TRIÁNGULO ESFÉRICO

5.2.- TRIÁNGULO ASTRONÓMICO

5.3.- PRINCIPALES FÓRMULAS DE TRIGONOMETRÍA ESFÉRICA EN TÉR-  
MINOS ASTRONÓMICOS.

---

8

---

## CAPITULO I

9

---

**"INTRODUCCION"**

10

-1-

---

BOSQUEJO HISTÓRICO

---

EN EL CURSO DE MILLONES Y MILLONES DE AÑOS, NUESTRA TIERRA SE MOVIÓ EN TORNO DE LA ÍGNEA ESFERA DEL SOL, ANTES DE QUE EL HOMBRE HABITARA SU SUPERFICIE. HACE ALGUNOS MILES DE MILLONES DE AÑOS SE FORMÓ NUESTRO PLANETA Y HACE MÁS DE QUINIENTOS MILLONES DE AÑOS APARECIERON EN ÉL LOS ANIMALES Y PLANTAS MÁS SENCILLOS; PERO SÓLO HA TRANSCURRIDO UN MILLON DE AÑOS DESDE QUE COMENZÓ LA HISTORIA DEL GÉNERO HUMANO, HASTA QUE EL HOMO-SER QUE AÚN ERA MEDIO BESTIA SE TRANSFORMÓ EN HOMBRE. Y EXPLORÓ SU AMBIENTE, DEL QUE HASTA CIERTO PUNTO ESCLAVIZÓ A LA NATURALEZA.

PARA COMPRENDER ESTOS GRANDES MOVIMIENTOS EN EL CONCEPTO DEL MUNDO Y LAS ACTUALES REPRESENTACIONES DE SU ESTRUCTURA Y FUNCIÓN, DEBEMOS RECORRER POR ENTERO, CON EL PENSAMIENTO, EL-

ÁRDUO CAMINO HISTÓRICO-FILOSÓFICO DE LA HUMANIDAD Y EMPEZAN-  
DO POR LOS PRIMEROS CONOCIMIENTOS DE LAS PODEROSAS FUERZAS -  
DE LA NATURALEZA, LLEGAR A LOS MODERNOS OBSERVATORIOS DE LOS  
ÁSTRÓNOMOS, EN LOS QUE; CON AYUDA DE LA TÉCNICA HAN DE ARRAN-  
CAR SUS SECRETOS AL UNIVERSO.

LOS PRIMEROS ESTUDIOS DE ASTRONOMÍA FUERON OBSERVACIONES  
A SIMPLE VISTA, QUE PROPORCIONARON CONOCIMIENTOS MUY LIMITA-  
DOS DEL UNIVERSO, LOS QUE CON EL TIEMPO SE HA IDO COMPLEMEN-  
TANDO.

CUANDO EL CIELO SE EXTIENDE POR ENCIMA DE UNA GRANDIOSA  
CÚPULA, ÉSTA BÓVEDA CELESTE NO ES TANGIBLE, NO ES MATERIA. Y-  
PODEMOS DECIR QUE EL HOMBRE PRIMITIVO TENÍA UNA CONCEPCIÓN -  
TOTALMENTE DISTINTA AL CRITERIO ACTUAL.

LOS EGIPCIOS CREÍAN QUE UNA GIGANTESCA VACA SOSTENÍA A-  
LA TIERRA, OTROS DECÍAN QUE LA BÓVEDA CELESTE MATERIALIZABA-  
A UNA MUJER QUE SE INCLINABA SOBRE LA TIERRA Y ERA LA DIVINI-  
DAD CELESTE DE LA DIOSA NUT, HACIA CUYO CUERPO SE DESLIZA-  
BAN LAS ESTRELLAS, EL SOL Y LA LUNA.

ENTRE LOS MÁS IMPRESIONANTES Y SIEMPRE REPETIDOS ESPECTÁCULOS CELESTES, ESTÁ EL CAMBIO DE CLARIDAD A OSCURIDAD, - EL DÍA Y LA NOCHE, EL SOL AL QUE HEMOS DE AGRADECER ÉSTE RITMO, PUDO POR TANTO HABER SIDO OBSERVADO EN LOS TIEMPOS PRIMITIVOS DE MANERA MUY ESPECIAL.

AL ALBA, A LA SALIDA DEL SOL CUANDO EL RADIANTE ASTRO - DEL DÍA ASOMABA SU FAZ POR EL ORIENTE LEVANTÁNDOSE DEL IMPERIO DE LOS MUERTOS, LE ERAN RECITADOS CANTOS DE AMOR POR --- LOS SÚBDITOS DEL FARAÓN.

EL HOMBRE PRIMITIVO VEÍA QUE EL SOL NO SOLO BRINDABA A LA TIERRA LUZ Y CALOR, SINO TAMBIÉN LA VIDA, Y ASÍ LO ELEVÓ A UNA ESPECIAL VENERACIÓN.

CUANDO AL ATARDECER EL SOL SE HUNDE POR EL OCCIDENTE, - PARA COMENZAR SU PEREGRINACIÓN POR LA REGIÓN DE LOS MUERTOS, DESTELLAN EN EL CIELO LOS MENSAJEROS DE LA NOCHE, SON MILES Y MILES DE PUNTITOS LUMINOSOS, MÁS O MENOS INTENSOS DESPARRAMADOS POR EL UNIVERSO DE MANERA IRREGULAR, SIN EMBARGO EL --

HOMBRE CONCIBIÓ AGRUPAR LAS ESTRELLAS AISLADAS FORMANDO ASÍ LAS PRIMERAS CONSTELACIONES.

LOS NOMBRES ACTUALES DE LAS CONSTELACIONES, PROCEDEN - PRINCIPALMENTE DE LOS GRIEGOS, Y EN PARTE TAMBIÉN DE LOS BA BILÓNICOS.

LOS EGIPCIOS SIN EMBARGO, CONOCIERON EN LA MÁS TEMPRANA ÉPOCA (3000 AÑOS A.C.) CONSTELACIONES A LAS QUE PUSIERON POR NOMBRE, AVESTRUZ EN EL MAR, LA CABEZA MAGNÍFICA, EL HIPOPÓTAMO Y LOS GIGANTES DE LA NOVILLA, QUE CORRESPONDE A -- NUESTRA OSA MAYOR O CARRO.

LOS CHINOS EN CAMBIO, NOMBRARON A LAS CONSTELACIONES - COMO REDES DE DIQUE, CANALES, MOLINOS, HENO, LÁTIGOS, SANDALIAS, ETC., SIGNIFICANDO CON ELLO, EL MEDIO AMBIENTE CAMPESINO Y AGRÍCOLA DE SU PUEBLO.

TAMBIÉN SE ENCONTRABAN DIGNIDADES Y CARGOS DE LA CORTE IMPERIAL EN LAS CONSTELACIONES CHINAS.

NO OBSTANTE LOS GRIEGOS EN CASI TODAS SUS CONSTELACIONES TIENEN REFERENCIA A FIGURAS MITOLÓGICAS. QUIZÁS EL MÁS-BELLO SEA EL MITO DE PERSEO, QUE DIÓ NOMBRE A CINCO CONSTELACIONES LLAMADAS; PERSEO, CEFEO, CASIOPEA, ANDRÓMEDA Y BALLENA (CETUS).

TAMBIÉN EN TORNO A LA VÍA LÁCTEA, ESA CURIOSA FAJA DE-RESPLANDOR MATE QUE SE EXTIENDE RODEANDO TODO EL CIELO, SE-TEJEN NUMEROSAS FÁBULAS Y MITOS, COMO EL QUE A CONTINUACIÓN EXPONGO BREVEMENTE.

FAETÓN, HIJO DEL DIOS SOL (HELIOS) HABÍA IDO POR EL --CIELO MONTANDO EN EL CARRO DEL SOL SIN CONOCIMIENTO DE SU --PADRE. PERO IGNORANDO SU MANEJO SE DESVIÓ EN SU CAMINO, INCENDIANDO AL MUNDO.

ASÍ TAMBIÉN EN MÉXICO NUESTROS ANTEPASADOS ABORÍGENES--DEDICARON PARTICULAR ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN DEL CIELO Y--LOS FENÓMENOS QUE AHÍ SE PRODUCEN.



CONSIDERABAN COMO SER DIVINO AL SOL Y LE TRIBUTABAN CULTO CON EL NOMBRE DE TONAHTIU "EL SEÑOR QUE SUSTENTA NUESTRA CARNE".

EL PLANETA VENUS ERA REPRESENTADO POR QUETZALCOATL, TEZCATLIPOCA ERA EL CIELO NOCTURNO; HUEHUETEOTL EL DIOS DEL FUEGO Y EL CENTRO DE LOS CUATRO PUNTOS CARDINALES Y LA DIOSA MEZTLI QUE ERA LA LUNA, FUERON OBJETO DE ADORACION.

HABIAN IDENTIFICADO AL PLANETA VENUS COMO UN MISMO ASTRO, EL VESPERTINO Y EL MATUTINO, SEGUN SEA VISIBLE EN LA TARDE DESPUES DE LA PUESTA DEL SOL, O ANTES DE LA SALIDA DE ESTE ASTRO EN LA MAÑANA Y HASTA IDEARON UNA LEYENDA PARA EXPLICAR ESTE FENOMENO NATURAL: EL CUAL DICE ASI.

LOS DIOSOS ARREMETIERON CONTRA QUETZALCOATL, ASTRO DE LA TARDE Y LO OBLIGARON A OCULTARSE POR EL PONIENTE; PERO ESTE NO SE DIÓ POR VENCIDO Y APARECIÓ POR EL ORIENTE COMO ASTRO DE LA MAÑANA.

NOTARON LAS GRANDES MANCHAS DE LA LUNA, O MARES COMO --  
LOS LLAMAMOS A LA QUE TAMBIÉN LE CREARON UNA LEYENDA. LOS SA  
CERDOTES QUE TRIBUTABAN CULTO A LAS DIVERSAS DIVINIDADES, LU  
CHARON CONTRA LOS SACERDOTES DE TEZCATLIPOCA Y MEZTLI, (LA -  
LUNA), ASIERON UN CONEJO POR LAS PATAS TRASERAS Y COMO ES--  
CARNIO LO TIRARON EN EL ROSTRO DE ESOS DIOSES, FUÉ TANTA LA-  
FUERZA DEL IMPACTO QUE APARECIERON LAS FORMAS DEL CONEJO EN-  
EL DISCO LUNAR.

SU MODO DE COMPUTAR EL TIEMPO ERA MÁS PERFECTO QUE EL -  
USADO EN EUROPA.

DIVIDIÁN EL AÑO CIVIL EN 18 MESES DE 20 DÍAS, Y AL CABO  
DE LOS 360 DÍAS AGREGABAN 5, LOS LLAMADOS NEMONTEMI O INÚTI-  
LES. ADEMÁS DE ESTE AÑO HABÍA EL RELIGIOSO O ADIVINATORIO Y-  
CONSTABA DE 20 TRECENAS. LO DENOMINARON TONALÁMATL (DE TONA-  
LLI, TIEMPO Y ÁMATL PAPEL, LIBRO: EL LIBRO DEL TIEMPO O SEA-  
CALENDARIO).

ESTE AÑO Y EL CIVIL CORRÍAN CADA UNO POR SU CUENTA.

AFIRMAN LOS HISTORIADORES QUE SI BIÉN NO PUEDE ASEGURARSE QUE SABÍAN PREDECIR LOS ECLIPSES, SÍ CONOCÍAN SU CAUSA, -- SOBRE TODO LA INTERVENCIÓN DE LA LUNA EN LOS ECLIPSES DEL SOL Y DECÍAN QUE EN ÉSTA CIRCUNSTANCIA NUESTRO SATÉLITE SE COMÍA AL ASTRO REY.

EN CUANTO A LAS CONSTELACIONES, CONOCÍAN ALGUNAS, COMO EL ESCORPIÓN, EL TORO, EN DONDE BRILLA LA ESTRELLA (ALDEBARÁN) QUE PARA ELLOS ERA EL SEÑOR DE LA NOCHE. UNO QUE OTRO NOMBRE FUÉ SUGERIDO POR EL ASPECTO DE LA CONSTELACIÓN, COMO LAS PLÉYADES, A LAS QUE DESIGNARON POR TIANQUIZTLI (INDICANDO ABUNDANCIA DE GENTE, COMO EN UN MERCADO, DE AHÍ SE DERIVA LA PALABRA TIANGUIS.

NO SÓLO LOS NAHOAS, SINO TAMBIÉN LOS MAYAS SE DEDICARON A LA ASTRONOMÍA, QUEDANDO COMO VESTIGIO DE ELLO EN LAS RUINAS DE CHICHEN-ITZÁ EL LLAMADO CARACOL.

EN ESTE CARACOL HAY UNA ABERTURA A MANERA DE VENTANA -- QUE MIRA HACIA EL PONIENTE.

HECHAS VARIAS OBSERVACIONES, SE LLEGÓ A LA CONCLUSIÓN QUE LAS VISUALES DESDE LA SALA DE OBSERVACIÓN SITUADA EN LA PARTE CENTRAL DEL CARACOL, CORRESPONDEN SEGÚN CIERTAS DIRECCIONES PRECISAS CON RESPECTO A LA VENTANA, A LA POSICIÓN DEL SOL EN LOS EQUINOCCIOS Y LA DIRECCIÓN DEL SUR.

OTRA VISUAL PERMITE CONOCER LA MÁXIMA DECLINACIÓN POSITIVA DE LA LUNA EN LA ÉPOCA DE LOS EQUINOCCIOS, MIENTRAS QUE OTRA SEÑALA LA DECLINACIÓN MÍNIMA DE NUESTRO SATÉLITE, TAMBIÉN EN EL EQUINOCCIO.

DE ÉSTE MODO SE HA INFERIDO QUE LOS ASTRÓNOMOS MAYAS CONOCÍAN YA EL PERÍODO LUNAR DE 18 AÑOS, LO CUAL REPRESENTA LARGO TIEMPO DE OBSERVACIONES Y UN CALENDARIO BIEN CALCULADO.

EN FECHA REMOTA SE OBSERVÓ QUE LAS CONSTELACIONES SE DESPLAZAN REGULARMENTE DE ORIENTE A OCCIDENTE SOBRE LA BÓVEDA CELESTE, IGUAL QUE DURANTE EL DÍA LO HACE EL SOL, JAMÁS MOSTRAN MOVIMIENTOS ENTRE SÍ, POR LO QUE SU CONFIGURACIÓN NO PARECÍA CAMBIAR.

PERO UNA OBSERVACIÓN MÁS PRECISA, PERMITIÓ SABER QUE ALGUNOS CUERPOS CELESTES DEAMBULAN A TRAVÉS DE LAS CONSTELACIONES Y SON LLAMADAS ESTRELLAS ERRANTES Y A LAS OTRAS QUE SON INMÓVILES SE LES LLAMA FIJAS.

TODA LA ASTRONOMÍA DESDE SUS COMIENZOS HASTA LOS FANTÁSTICOS PROGRESOS ACTUALES, ASUMIERON UN PRECISO SIGNIFICADO, SIENDO UNA EXALTACIÓN DE LOS MARAVILLOSOS FENÓMENOS QUE SE DESARROLLAN EN EL UNIVERSO, QUE PACIENTES Y GENIALES ESTUDIOSOS HAN INVESTIGADO E INVESTIGAN CON MEDIOS TÉCNICOS CADA VEZ

MÁS PODEROSOS Y PERFECCIONADOS.

EN VERDAD LA ASTRONOMÍA Y SU HISTORIA EN EL CURSO DE LOS TIEMPOS, NO HA TENIDO ENTRE LOS PUEBLOS CIVILIZADOS ESA BASTA DIVULGACIÓN QUE DEBERÍA ESPERARSE DE UNA CIENCIA, QUE PODEMOS DECIR, ESTÁ SIEMPRE PRESENTE EN EL ACONTECER DE LOS DÍAS Y -- LAS NOCHES Y EN LOS VARIADOS Y MAGNÍFICOS FENÓMENOS CELESTES-- A LOS QUE ASISTIMOS DE CONTINUO DESDE LA CREACIÓN.

DEFINICION DE ASTRONOMIA

DEL GRIEGO

ASTRON .- ASTRO Y

NOMOS .- LEY

CIENCIA QUE TRATA DE LA POSICIÓN, MOVIMIENTO Y CONSTITUCIÓN DE LOS CUERPOS CELESTES, SUS MOVIMIENTOS TANTO REALES COMO APARENTES Y LAS LEYES QUE RIGEN ESTOS MOVIMIENTOS.

LA ASTRONOMÍA SE DIVIDE EN DOS RAMAS, COMO ES CONVENCIONAL CITARÉ LOS QUE CONSIDERO MÁS IMPORTANTES EN LA APLICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA.

A) ASTRONOMÍA PRÁCTICA

SE OCUPA DEL DIBUJO Y USO DE LOS INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS, LOS MÉTODOS DE OBSERVACIÓN Y LA ELIMINACIÓN DE LOS ERRORES.

B) ASTRONOMÍA DE POSICIÓN (ASTROMETRÍA)

ESTUDIA LA RELACIÓN GEOMÉTRICA ENTRE LOS CUERPOS CELESTES, POSICIÓN, DISTANCIA Y DIMENSIÓN, COMO ES DE POSICIÓN, NOS DETALLA SUS MOVIMIENTOS REALES Y APARENTES.

C) ASTRONOMÍA MECÁNICA CELESTE

SE ENCARGA DE ESTUDIAR LOS CUERPOS MATERIALES BAJO LA ACCIÓN DE UNA FUERZA.



D) LA ASTROFÍSICA

ESTUDIA LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS ASTROS (BRILLO, TEMPERATURA, RADIACIÓN, NATURALEZA, SUPERFICIE, ETC.).

DEFINICION DE BOVEDA CELESTE

PUEDE DEFINIRSE COMO LA PARTE DE UNA ESFERA COMPUESTA POR UN DISCO DE RADIO INFINITO EN CUYO CENTRO SE ENCUENTRA EL OBSERVADOR. LLAMÁNDOSE ESTE CENTRO, PUNTO DE OBSERVACIÓN.

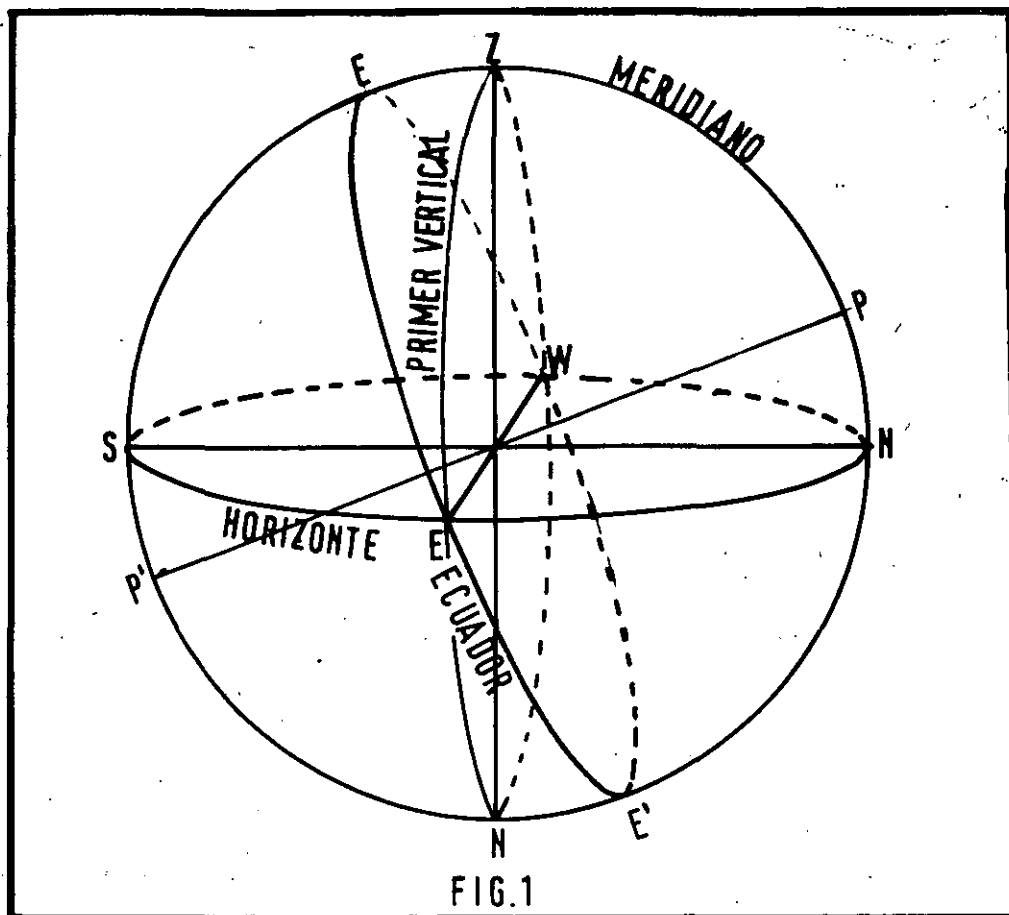
SOBRE ESTE DISCO SE HAYA LA BÓVEDA COMO UN FORMIDABLE CASQUETE SEMIESFÉRICO, EN EL CUAL LOS ASTROS AISLADOS EN EL ESPACIO Y SITUADOS EN TODAS LAS DIRECCIONES Y DISTANCIAS SE PROYECTAN A LA BÓVEDA CELESTE QUE SE SUPONE LEJANA.

PUNTOS, LINEAS Y PLANOS PRINCIPALES DE LA ESFERA CELESTE

SI DESDE UN LUGAR EN LA TIERRA, SUSPENDEMOS UNA PLOMADA, NOS DETERMINA LA DIRECCIÓN DE LA VERTICAL Y SI LA PROLONGAMOS EN AMBOS SENTIDOS, SU INTERSECCIÓN CON LA ESFERA CELESTE HACIA ARRIBA NOS DETERMINA EL ZENIT, Y SU PROLONGACIÓN HACIA ABAJO EL NADIR, SIMBOLIZADOS POR (Z,N).

DEL PLANO PERPENDICULAR A LA LÍNEA ZENIT-NADIR OBTENDREMOS EL PLANO HORIZONTAL Y SI PROLONGAMOS EL EJE DE ROTACIÓN DE LA TIERRA HASTA QUE CORTE A LA BÓVEDA CELESTE, OBTENDREMOS DOS PUNTOS QUE SERÁN OPUESTOS ENTRE SÍ, CONOCIDOS COMO POLOS CELESTES.

POLO NORTE Y POLO SUR. PN, Ps.



EL PLANO PERPENDICULAR A LA LINEA DE LOS POLOS EN LA TIERRA SE LLAMA ECUADOR TERRESTRE Y PROLONGADO INFINITAMENTE RECIBE EL NOMBRE DE ECUADOR CELESTE, (DESIGNADO E E').

CADA LUGAR DE LA TIERRA TIENE UNA SOLA VERTICAL Y POR ELLA SE PUEDEN HACER PASAR UN NÚMERO INFINITO DE PLANOS QUE --

LA CONTENGAN Y TODOS RESULTAN PLANOS VERTICALES, PERO SÓLAMENTE UNO DE ELLOS RECIBE EL NOMBRE DE PLANO MERIDIANO, EL CUAL CONTENDRÁ LOS EXTREMOS DE LA VERTICAL ZENIT-NADIR Y A LOS POLOS CELESTES P<sub>N</sub>, P<sub>S</sub>; OTRO PLANO VERTICAL DE SUMA IMPORTANCIA, ES EL PERPENDICULAR AL MERIDIANO Y RECIBE EL NOMBRE DE "PRIMER-VERTICAL".

PLANOS QUE CONTIENE LA ESFERA CELESTE.

1.- HORIZONTE

PLANO PERPENDICULAR A LA VERTICAL DEL LUGAR QUE DIVIDE A LA ESFERA EN PARTES IGUALES. SU INTERSECCIÓN CON EL MERIDIANO ORIGINA LOS PUNTOS CARDINALES NORTE Y SUR.

2.- PRIMER VERTICAL

PLANO VERTICAL QUE ES PERPENDICULAR AL PLANO DEL MERIDIANO, Y QUE EN LA INTERSECCIÓN CON EL HORIZONTE DA LUGAR A LOS PUNTOS CARDINALES ESTE Y OESTE.

3.- ECUADOR

PLANO PERPENDICULAR AL EJE DE ROTACIÓN DE LA TIERRA Y --  
DIVIDE A LA ESFERA CELESTE EN DOS PARTES IGUALES , EN CUAL---  
QUIER LATITUD (EXCEPTO LOS POLOS) SE INTERSECTA CON EL HORI--  
ZONTE EN LOS PUNTOS CARDINALES ESTE Y OESTE, IGUALMENTE QUE -  
EL PRIMER VERTICAL.

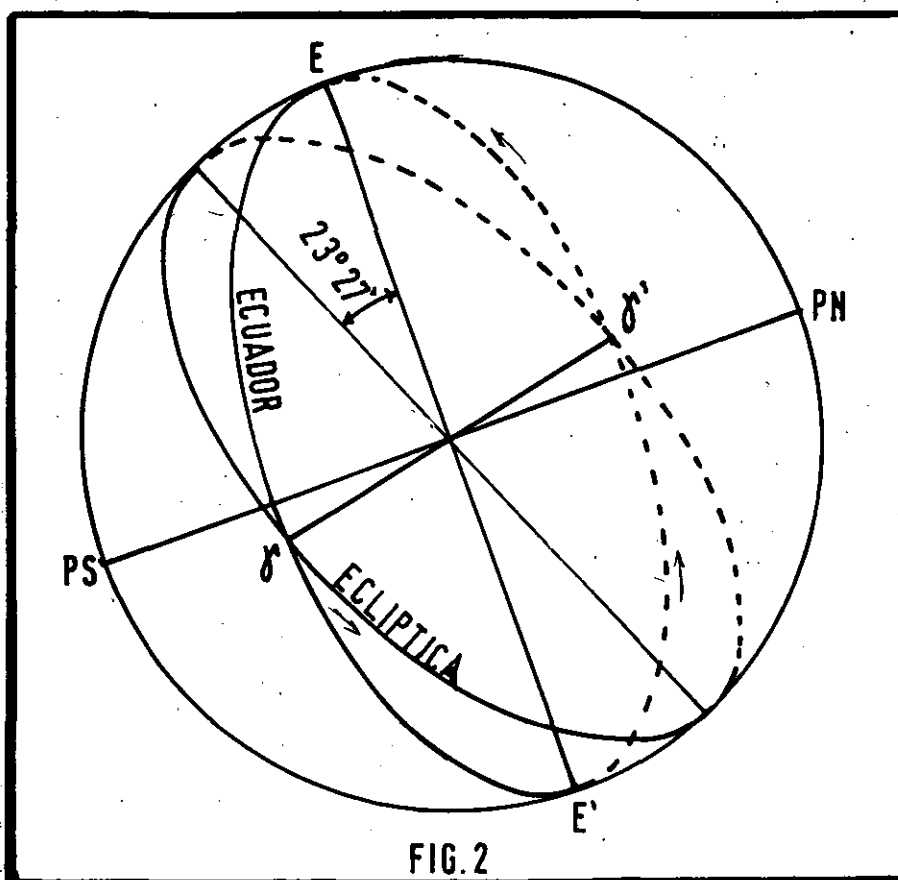
4.- CÍRCULO HORARIO

PLANO QUE PASA POR EL EJE DE ROTACIÓN Y EL ASTRO, CUAN  
DO CONTIENE A LA VEZ A LA VERTICAL DEL LUGAR SE CONVIERTE -  
EN MERIDIANO . SE DICE ENTONCES QUE EL ASTRO ESTÁ EN SU PASO-  
(SUPERIOR Ó INFERIOR) POR EL MERIDIANO.

5.- ECLÍPTICA

PLANO QUE CONTIENE A LA ÓRBITA DE LA TIERRA EN SUS MOVI-

MIENTOS ALREDEDOR DEL SOL, ÉSTE PLANO ESTÁ INCLINADO CON RESPECTO AL PLANO DEL ECUADOR  $23^{\circ}27'$  Y SE LLAMA OBLICUIDAD DE LA ECLÍPTICA.



LÍNEAS Y PUNTOS QUE PRODUCEN LAS INTERSECCIONES  
DE LOS PLANOS

A) LÍNEA MERIDIANA

ES LA LÍNEA DE INTERSECCIÓN DE LOS PLANOS DEL MERIDIANO  
Y DEL HORIZONTE.

B) PUNTOS CARDINALES NORTE Y SUR

SE FORMAN AL CORTARSE EL PLANO MERIDIANO CON EL PLANO --  
DEL HORIZONTE, PRODUCIÉNDOSE EN LA INTERSECCIÓN LOS DOS --  
PUNTOS CARDINALES NORTE Y SUR.



c) LÍNEA DE LOS EQUINOCIOS

ES LA INTERSECCIÓN DEL PLANO DEL ECUADOR CON EL PLANO DE LA ECLÍPTICA, ÉSTA LÍNEA TOCA A LA ESFERA CELESTE EN DOS PUNTOS LLAMADOS EQUINOCIOS, DEL CUAL EL MÁS IMPORTANTE ES EL DE LA PRIMAVERA Y ES CUANDO EL SOL INICIA SU VIAJE AL HEMISFERIO NORTE, EL OTRO ES EL DEL OTOÑO.

AL PRIMERO SE LLAMA TAMBIÉN PUNTO VERNAL Ó PUNTO GAMMA ( $\gamma$ ), DICHA INTERSECCIÓN TIENE LUGAR EL 21 DE MARZO DE CADA AÑO, EN ÉSTA FECHA EL DÍA ES IGUAL A LA NOCHE.

EN TODOS LOS DEMÁS DÍAS DE PRIMAVERA Y VERANO; LOS DÍAS SON MAYORES QUE LAS NOCHES Y, EN OTOÑO É INVIERNO LAS NOCHES SON MAYORES QUE LOS DÍAS.

EL DÍA 21 DE SEPTIEMBRE ES EL INICIO DEL EQUINOCIO DE OTOÑO.

PERO ESTAS FECHAS SON PARA UN LUGAR SITUADO EN EL HEMIS  
FERIO NORTE Y EN EL SUR SE INVIERTEN, ES DECIR EL 21 DE SEP--  
TIEMPRE ES EL INICIO DE LA PRIMAVERA.

CIRCULOS MENORES O DE DECLINACION

SON LOS PLANOS EN LOS QUE ESTÁN CONTENIDAS LAS TRAYEC--  
TORIAS APARENTES DE LAS ESTRELLAS, DEBIDO AL MOVIMIENTO DIA--  
RIO; SON PARALELAS AL PLANO DEL EQUADOR. SE DICE TRAYECTORIA--  
APARENTE PORQUE EN REALIDAD LAS ESTRELLAS SE CONSIDERAN FI--  
JAS Y ES EL MOVIMIENTO DE ROTACIÓN DE LA TIERRA (QUE SE LLA--  
MA MOVIMIENTO DIURNO) LO QUE HACE QUE LAS ESTRELLAS SIGAN ---  
CIERTA TRAYECTORIA ALREDEDOR DE LA TIERRA.

CAPITULO 2

ELEMENTOS PARA DETERMINAR LA POSICION DE UN PUNTO

SISTEMA DE COORDENADAS

PARA FIJAR LA POSICIÓN DE UN PUNTO SOBRE UNA ESFERA, -  
PUEDE DETERMINARSE POR MEDICIONES ANGULARES DESDE DOS PLA---  
NOS DE REFERENCIA QUE SE CORTAN EN ÁNGULOS RECTOS Y QUE PA--  
SAN POR EL CENTRO DE LA ESFERA; CONFORMANDO ESTOS UN "SIS---  
TEMA DE COORDENADAS", QUE HA CONTINUACIÓN SE DEFINE CADA UNO  
DE ESTOS SISTEMAS DE COORDENADAS EXISTENTES.

36

COORDENADAS GEOGRAFICAS

ESTAS COORDENADAS SE PUEDEN UBICAR MEDIANTE LA INTERSECCIÓN DE SU MERIDIANO Y SU PARALELO Y ASÍ OBTENER LA POSICIÓN DE UN PUNTO O LUGAR DETERMINADO SOBRE LA TIERRA.

SE LLAMAN COORDENADAS GEOGRÁFICAS, POR ESTAR REFERIDAS AL ECUADOR TERRESTRE COMO CÍRCULO FUNDAMENTAL.

DEFINICION

CUANDO UN PUNTO ESTÁ SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, SU REFERENCIA QUEDA FORMADA DESDE EL PLANO DEL ECUADOR Y EL PLANO DE UN MERIDIANO DE ORIGEN; (SE ACEPTA MUNDIALMENTE QUE ÉSTE SEA EL MERIDIANO DE GREENWICH).

3)

LAS COORDENADAS SON: EL ÁNGULO QUE FORMA LA VERTICAL --  
DEL LUGAR CON EL PLANO DEL ECUADOR (LATITUD), Y EL ÁNGULO --  
QUE FORMA EL PLANO DEL MERIDIANO DEL PUNTO CON EL PLANO DEL--  
MERIDIANO DE ORIGEN (LONGITUD). ÉSTOS FORMAN EL SISTEMA DE --  
COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

### LATITUD ( $\varphi$ )

EMPIEZA A CONTARSE A PARTIR DEL PLANO DEL ECUADOR, PERO;  
COMO EL PUNTO PUEDE ESTAR EN EL HEMISFERIO NORTE O EN EL HE--  
MISFERIO SUR, HAY QUE DAR ADEMÁS DE LA MAGNITUD DEL ÁNGULO, --  
EL SENTIDO EN QUE DEBE MEDIRSE. (SE CONSIDERAN POSITIVOS LOS--  
MEDIDOS HACIA EL NORTE Y NEGATIVOS LOS MEDIDOS HACIA EL SUR).

EL MAYOR ÁNGULO QUE PUEDE FORMAR LA VERTICAL DE UN LU---  
GAR CON EL PLANO DEL ECUADOR, ES UN ÁNGULO RECTO. EL VALOR --  
MÁXIMO DE LA LATITUD ES DE  $90^{\circ}$  Y CORRESPONDE A LOS POLOS, SI--  
SE MARCA SOBRE LA TIERRA LOS PUNTOS QUE TIENEN LA MISMA LATI--  
TUD, QUEDAN SITUADOS TODOS SOBRE EL MISMO CÍRCULO MENOR QUE --  
SE LLAMA PARALELO.

¡POR ESTA RAZÓN CADA PARALELO SE DESIGNA CON EL NOMBRE DE LA LATITUD DE SUS PUNTOS, EJEMPLO (PARALELO 40°N).

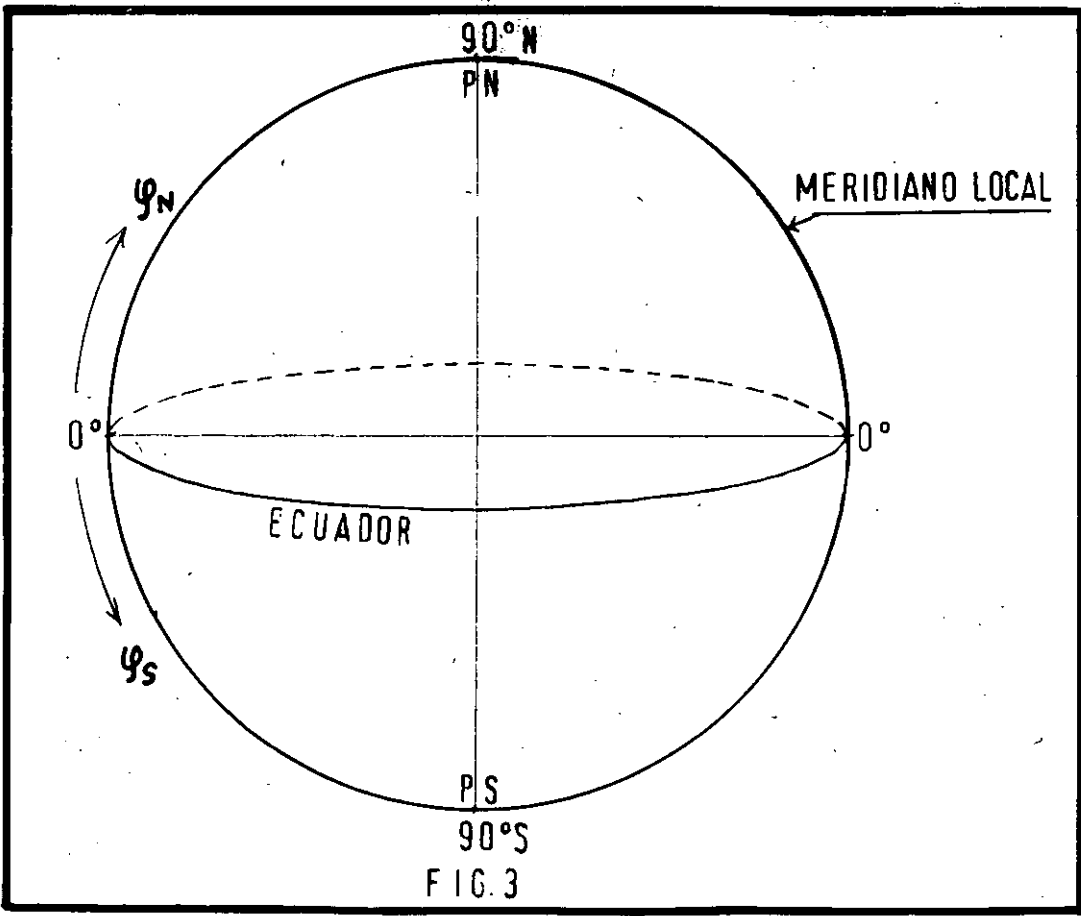


FIG. 3

LONGITUD ( $\lambda$ )

EMPIEZA CONTARSE A PARTIR DEL MERIDIANO DE ORIGEN, PERO --  
COMO EL PLANO DEL MERIDIANO DEL PUNTO PUEDE ESTAR AL ESTE O --  
AL OESTE DEL MERIDIANO ORIGEN; HAY QUE INDICAR SI LA LONGITUD--  
ES ORIENTAL U OCCIDENTAL. LA MAYOR DISTANCIA QUE PUEDE HABER --  
ENTRE EL PLANO DEL MERIDIANO DEL PUNTO Y EL PLANO DEL MERIDIA--  
NO DE ORIGEN, ES DE  $180^{\circ}$ .

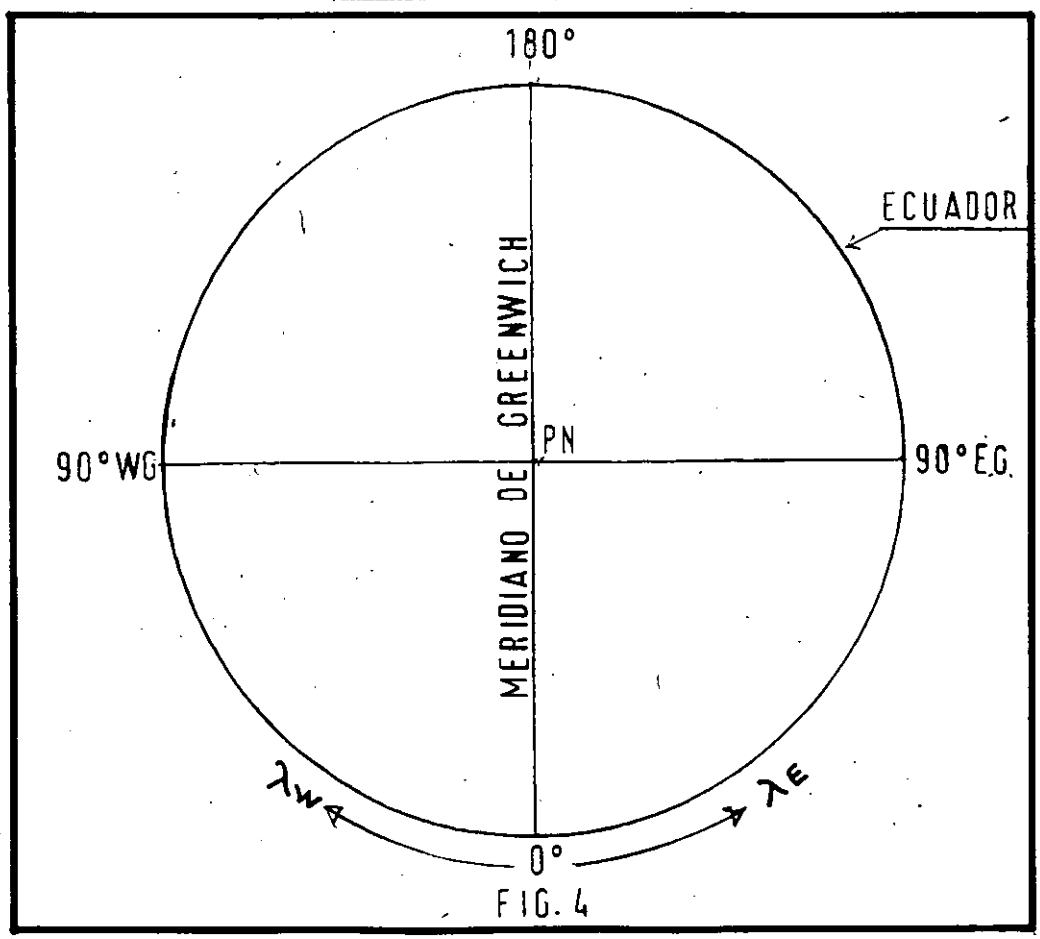
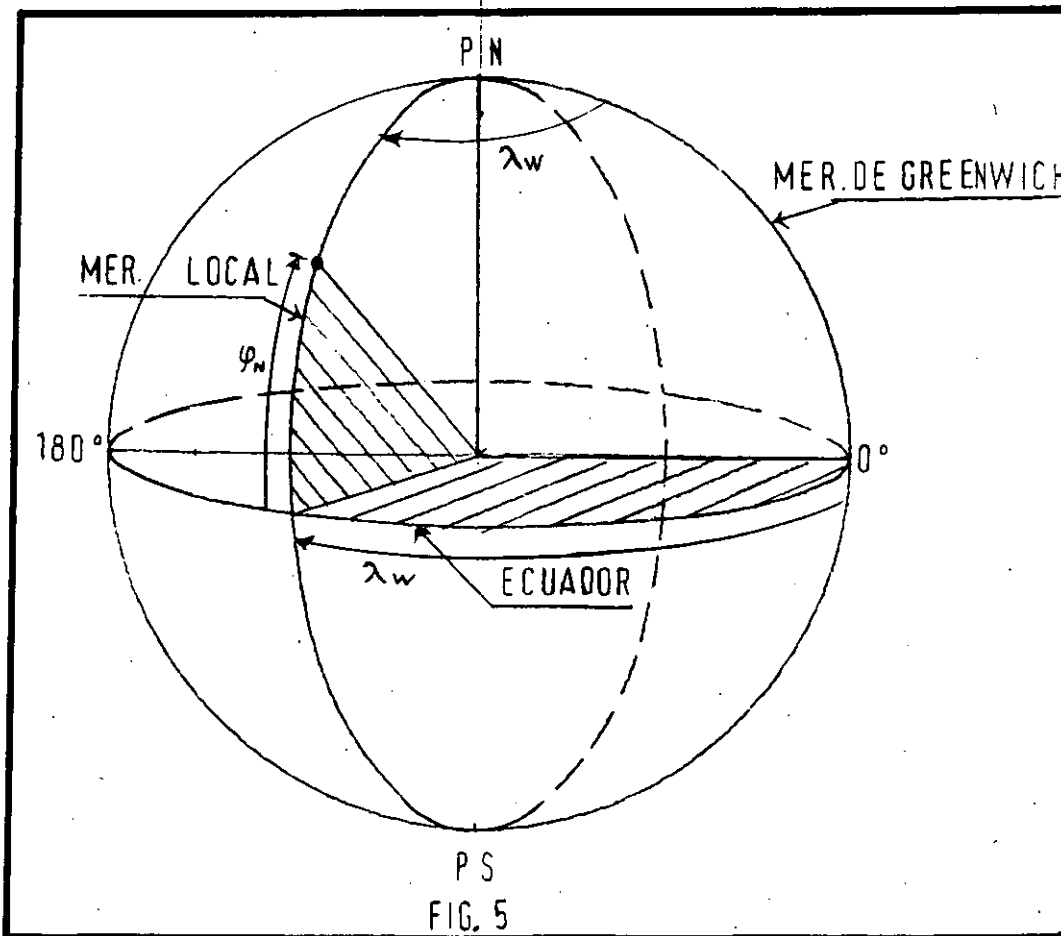


FIG. 4

LA LONGITUD ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE  $0^{\circ}$  Y  $180^{\circ}$  (ESTE U OESTE). POR LA DEFINICIÓN MISMA DE LONGITUD, VEMOS QUE TODOS LOS PUNTOS QUE ESTÁN SOBRE UN MISMO MERIDIANO, TIENEN LA MISMA LONGITUD, POR ÉSTA CAUSA SE DESIGNA A LOS MERIDIANOS CON EL NOMBRE DE LONGITUD DE SUS PUNTOS. POR LO TANTO, EL PUNTO QUE SE BUSQUE DEBE ESTAR EN LA INTERSECCIÓN DEL PARALELO DE LA LATITUD CON EL MERIDIANO DE LA LONGITUD.

EJEMPLO; MERIDIANO DE  $90^{\circ}$  W





COORDENADAS CELESTES

EN ASTRONOMÍA SE USAN COMUNMENTE TRES SISTEMAS DE COORDENADAS. EL PRIMERO SE LLAMA HORIZONTAL Y LOS OTROS DOS RECIBEN EL NOMBRE DE ECUATORIALES.

SISTEMA DE COORDENADAS HORIZONTALES

EL PLANO PRINCIPAL ES EL HORIZONTE Y LOS SECUNDARIOS SON LOS PLANOS VERTICALES QUE PASAN POR EL ZENIT Y EL NADIR, DE ESTE SISTEMA DE COORDENADAS SE DEFINE LO SIGUIENTE:

ALTURA

SE REPRESENTA POR EL SIGNO (H, A) Y ES EL ÁNGULO FORMADO POR EL RADIO VECTOR QUE VA DEL OBSERVADOR AL ASTRO Y EL PLANO DEL HORIZONTE.

ESTE ÁNGULO SE MIDE SOBRE EL CÍRCULO VERTICAL DE  $0^{\circ}$  A  $\pm 90^{\circ}$  A PARTIR DEL HORIZONTE AL ASTRO, POSITIVAMENTE HACIA EL ZENIT.

DISTANCIA ZENITAL (Z)

ES EL ÁNGULO FORMADO POR EL RADIO VECTOR, QUE VA DEL OBSERVADOR A UN ASTRO Y LA VERTICAL DEL LUGAR. ES EL ÁNGULO COMPLEMENTARIO DE LA ALTURA ( $Z=90^{\circ}-A$ ). AL MEDIR LA DISTANCIA ANGULAR DEL ZENIT AL ASTRO, RECIBE EL NOMBRE DE DISTANCIA ZENITAL Y SE REPRESENTA POR ( Z ).

ESTA COORDENADA SE MIDE SOBRE EL CIRCULO VERTICAL DE  $0^{\circ}$ , A  $90^{\circ}$  Y CUANDO EL ASTRO SE ENCUENTRA EN EL MERIDIANO A ESTA COORDENADA SE LE LLAMA DISTANCIA ZENITAL MERIDIANA Y SE REPRESENTA POR  $\zeta$  (SEDDA); ADEMÁS SE DICE QUE ES LA CULMINACIÓN DE ESE ASTRO Y ( Z ) TENDRÁ SU VALOR MÍNIMO.

AZIMUT

SE REPRESENTA POR EL SIGNO ( AZ ) Y ES EL ÁNGULO DIEDRO FORMADO POR EL PLANO DEL MERIDIANO LOCAL Y EL PLANO VERTICAL DEL ASTRO; QUE SE MIDE EN EL CÍRCULO DEL HORIZONTE, A PARTIR DEL NORTE DE  $0^{\circ}$  A  $360^{\circ}$  EN SENTIDO RETRÓGRADO (SENTIDO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ).

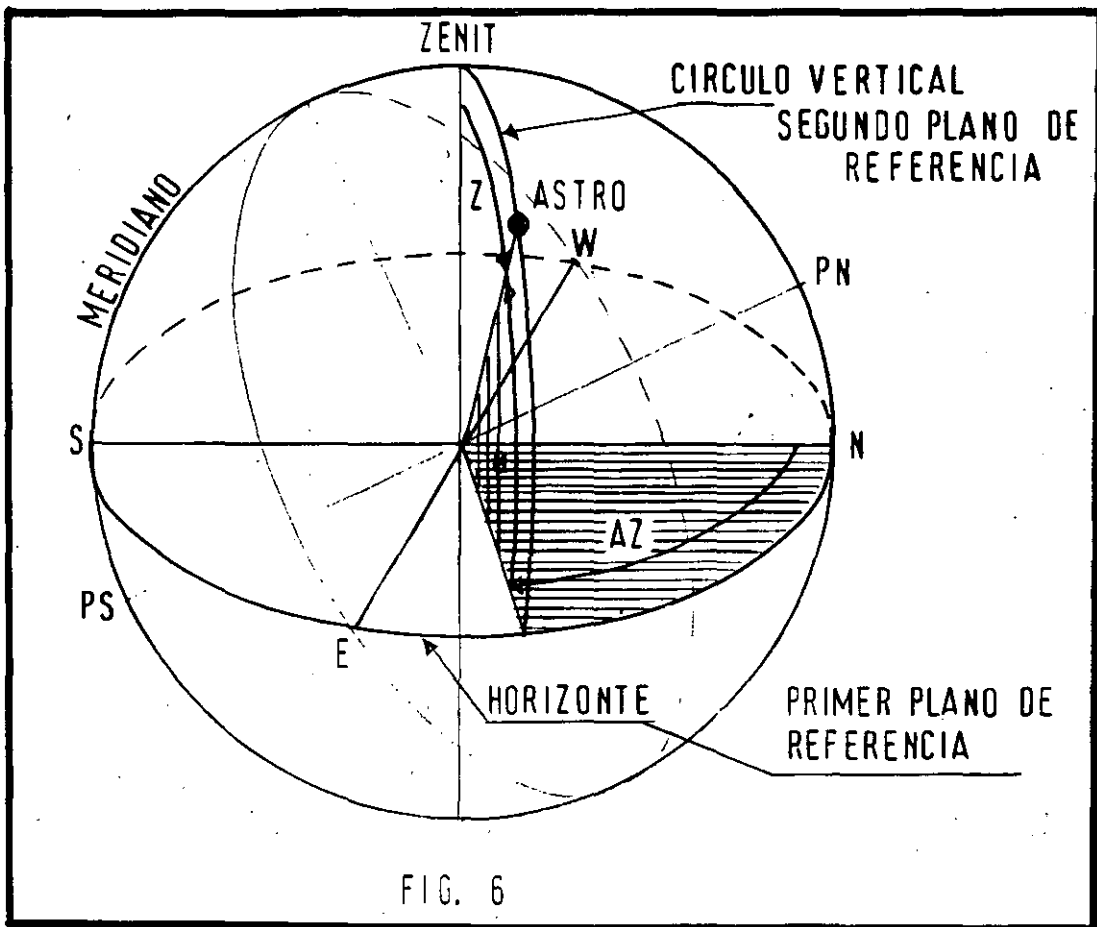
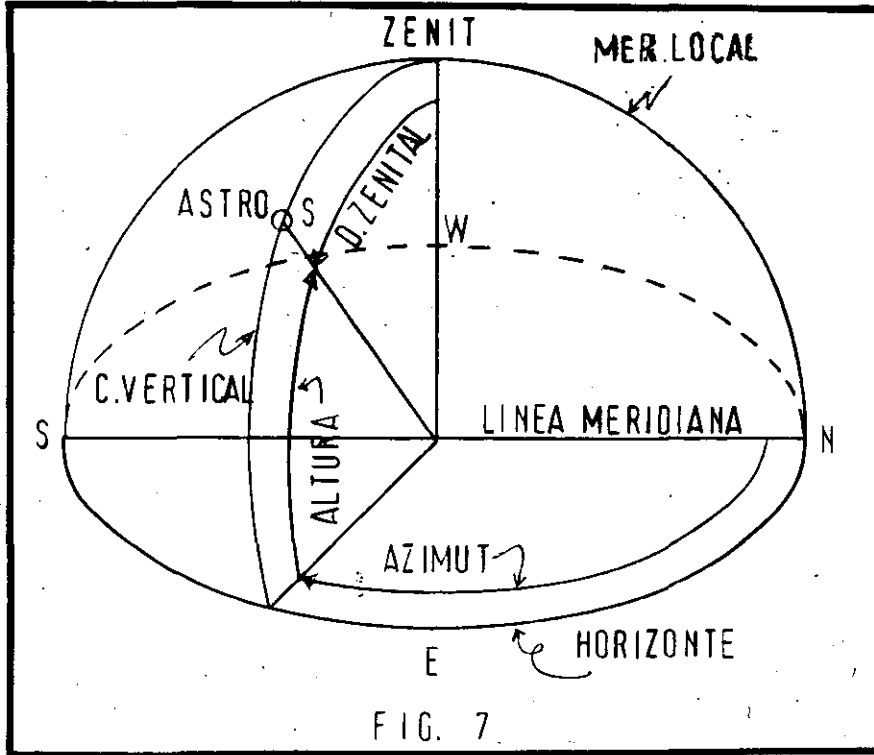


FIG. 6

ESTAS COORDENADAS DEL SISTEMA HORIZONTAL, TIENEN COMO --  
VENTAJA DE QUE SE PUEDEN MEDIR DIRECTAMENTE CON EL TEODOLITO--  
COMÚN DE INGENIERÍA PERO TIENE COMO DESVENTAJA QUE SUS COORDE--  
NADAS VARÍAN CONTINUAMENTE DEBIDO AL MOVIMIENTO APARENTE DE --  
LOS ASTROS.



SISTEMA HORIZONTAL DE COORDENADAS

LA POSICIÓN EN LA ESFERA CELESTE DEL HORIZONTE Y DEL ZENIT ES DIFERENTE PARA CADA LUGAR DE LA TIERRA, Y POR LO TANTO LAS COORDENADAS DE UN ASTRO EN EL SISTEMA NO SON LAS MISMAS PARA OBSERVADORES COLOCADOS EN DISTINTOS LUGARES; POR OTRA PARTE PARA UN MISMO OBSERVATORIO ÉSTAS COORDENADAS VARÍAN CONSTANTEMENTE POR EFECTOS DEL MOVIMIENTO DIURNO. DURANTE UNA ROTACIÓN COMPLETA DE LA ESFERA CELESTE, EL AZIMUT, LA DISTANCIA ZENITAL Y LA ALTURA DE UNA ESTRELLA, VARÍAN DENTRO DE CIERTOS LÍMITES QUE DEPENDEN DE LA POSICIÓN RELATIVA DEL HORIZONTE CON EL PARALELO QUE RECORRE LA ESTRELLA (CÍRCULO DE DECLINACIÓN).

SISTEMA DE COORDENADAS ECUATORIAL (1) DEPENDIENTE

EN ESTE SISTEMA EL PLANO PRINCIPAL ES EL ECUADOR Y LOS SECUNDARIOS LOS DE LOS CÍRCULOS HORARIOS, Y SUS COORDENADAS SON:

- DECLINACIÓN
- DISTANCIA POLAR
- ANGULO HORARIO

DECLINACION

REPRESENTADA POR LA LETRA  $\delta$  (DELTA). ES LA DISTANCIA --  
ANGULAR A PARTIR DEL ECUADOR HACIA EL POLO NORTE O POLO SUR--  
Y MEDIDA SOBRE EL CÍRCULO HORARIO, DE  $0^{\circ}$  A  $\pm 90^{\circ}$ , CONTADOS --  
DEL ECUADOR HACIA EL ASTRO.

SE HA CONVENIDO LLAMAR (+) O BOREAL A LA DECLINACIÓN --  
CUANDO EL ASTRO SE ENCUENTRA EN EL HEMISFERIO NORTE Y ES (-)  
O AUSTRAL CUANDO EL ASTRO ESTÁ EN EL HEMISFERIO OPUESTO QUE--  
ES EL SUR.

DISTANCIA POLAR

ES EL COMPLEMENTO DE LA DECLINACIÓN SOBRE EL MISMO CÍRCULO  
HORARIO, REPRESENTADA POR (P), Y ES LA DISTANCIA ANGULAR --  
DEL ASTRO AL POLO NORTE, MEDIDA SOBRE EL CÍRCULO HORARIO, DEL  
POLO HACIA EL ASTRO DE  $0^{\circ}$  A  $180^{\circ}$ .

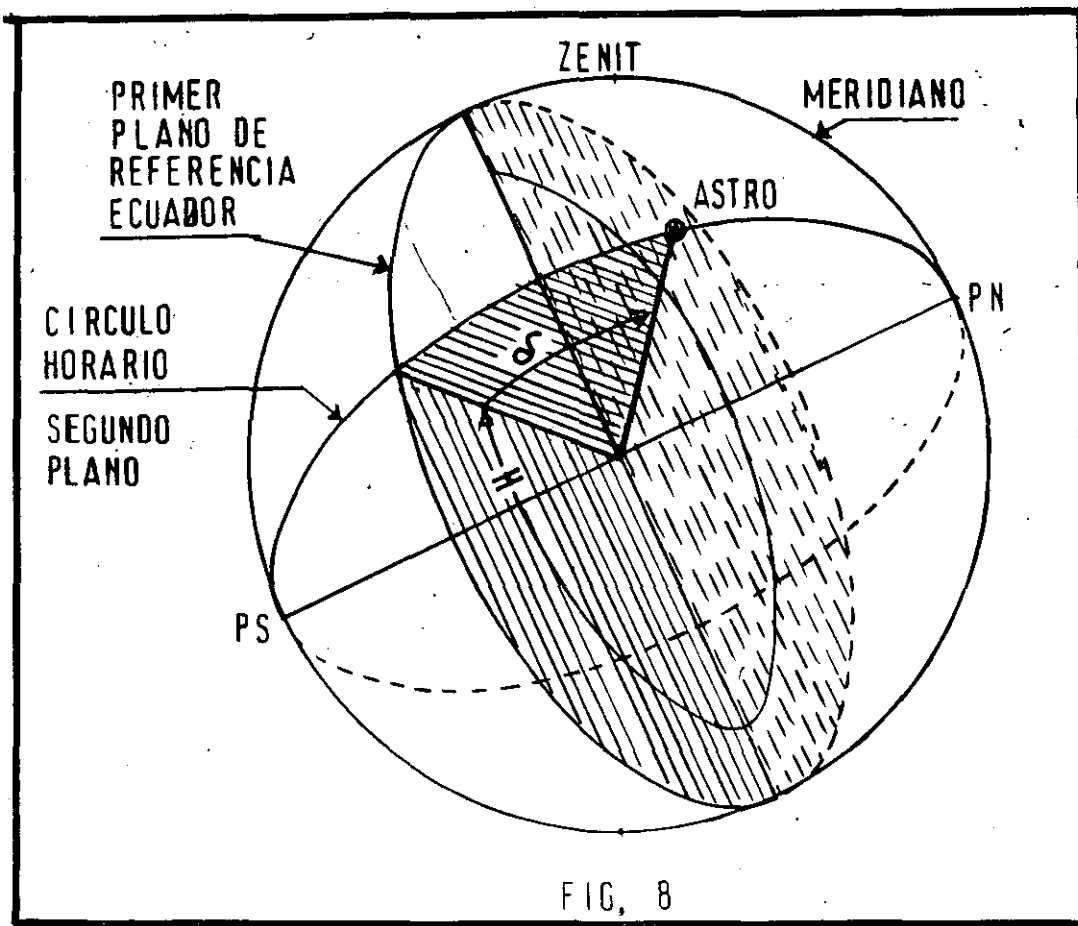


FIG. 8

ANGULO HORARIO

REPRESENTADO POR LA LETRA (H), ES EL ARCO MEDIDO SOBRE EL ECUADOR ENTRE EL MERIDIANO DEL OBSERVADOR Y EL CIRCULO HORARIO DEL ASTRO, SE MIDE HACIA EL OESTE (MOVIMIENTO APARENTE DE LOS ASTROS) DE 0 A 24 HORAS O DE 0° A 360°, POR LO QUE PUEDE DECIRSE QUE TARDA 24 HORAS EN RECORRER LOS 360° DEL ECUADOR,

Y POR TANTO LA VELOCIDAD ANGULAR SERA:  $\frac{360^\circ}{24 \text{ h}} = 15 \text{ o/h}$



PARA LA MEDIDA DEL TIEMPO EL ÁNGULO HORARIO PUEDE CONTARSE DESDE LA RAMA SUPERIOR DEL MERIDIANO O DESDE SU RAMA INFERIOR.

EN ESTE SISTEMA EL ÁNGULO HORARIO ES VARIABLE, PERO DICHA VARIACIÓN SE PUEDE MEDIR POR MEDIO DE UN RELOJ, A RAZÓN DE 15° GRADOS POR HORA, EN CAMBIO LA DECLINACIÓN ES FIJA.

SISTEMA DE COORDENADAS ECUATORIAL (II) INDEPENDIENTE

EN ESTE SISTEMA EL CÍRCULO FUNDAMENTAL ES EL ECUADOR Y LOS SECUNDARIOS SON LOS CÍRCULOS HORARIOS. CUANDO EL CÍRCULO HORARIO DEL ASTRO ADEMÁS DE CONTENER A LOS POLOS CONTIENE AL ZENIT Y AL NADIR, ÉSTE COINCIDE CON EL MERIDIANO Y EL ASTRO ESTARÁ EN SU PASO MERIDIANO (SUPERIOR O INFERIOR), SUS COORDENADAS SON:

- $\delta$  - DECLINACIÓN
- $P$  - DISTANCIA POLAR
- $\alpha$  - ASCENCIÓN RECTA

DECLINACION

ES LA MISMA QUE EN EL SISTEMA ANTERIOR Y SE MIDE SOBRE -  
EL MISMO CÍRCULO HORARIO.

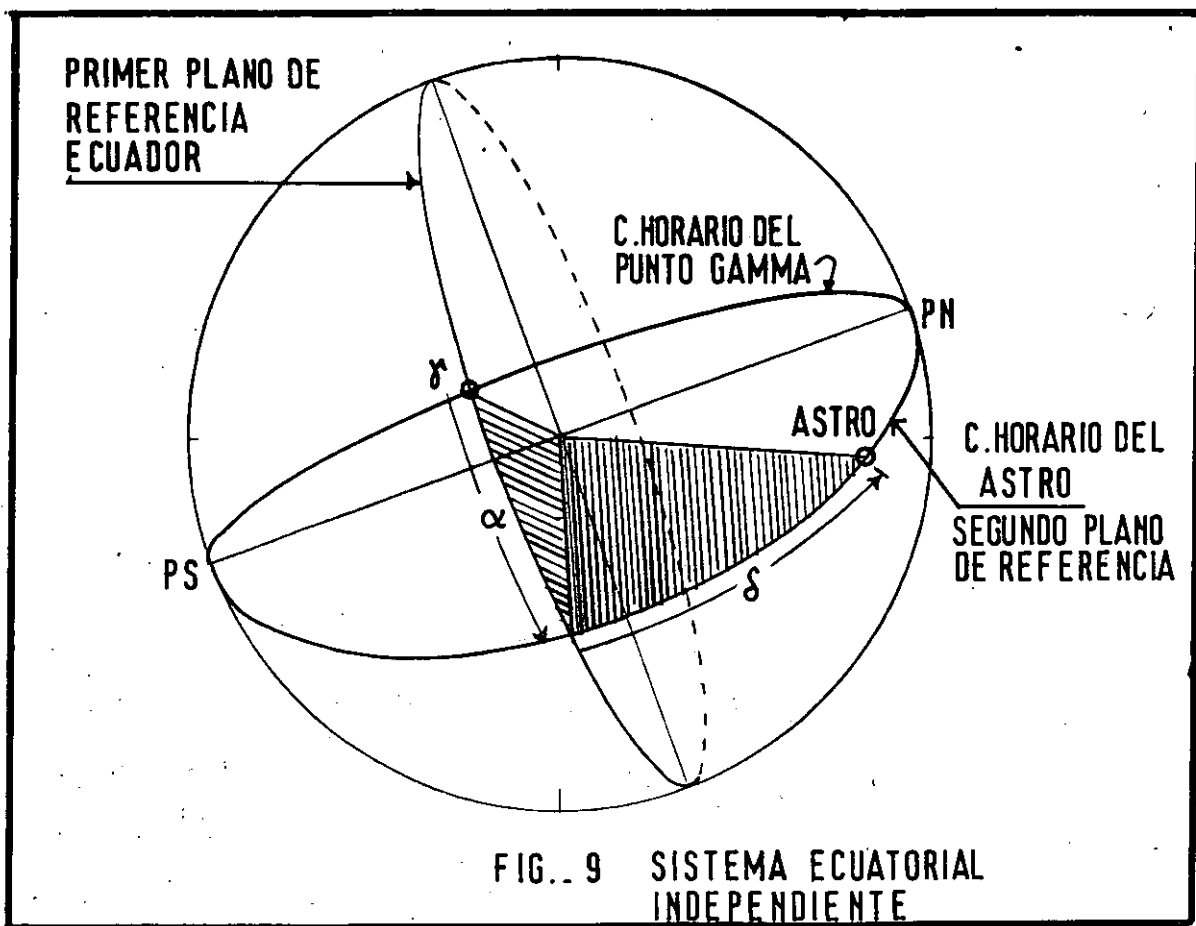
DISTANCIA POLAR

ES EL COMPLEMENTO DE LA DECLINACIÓN Y SE MIDE DEL POLO-  
NORTE HACIA EL ASTRO.

ASCENSION RECTA

REPRESENTADA POR EL SIGNO  $\alpha$  Y SE DEFINE COMO EL ÁNGULO  
DIEDRO FORMADO POR EL CÍRCULO HORARIO DEL ASTRO Y EL CÍRCULO  
HORARIO DEL PUNTO  $\delta$  (GAMMA) QUE SE TOMA COMO ORIGEN, DE ---  
 $0^{\circ}$  A  $360^{\circ}$  SOBRE EL CÍRCULO DEL ECUADOR EN SENTIDO DIRECTO. -  
PERO, DEFINIÉNDOLO DE UNA MANERA MÁS SIMPLE, ES LA DISTANCIA-

ANGULAR CONTADA SOBRE EL ECUADOR, ENTRE EL PUNTO  $\delta$  (VERNAL -  
 Ó GAMMA) Y LA INTERSECCIÓN DEL CÍRCULO HORARIO DEL ASTRO, ---  
 PUEDE MEDIRSE EN ARCO O EN TIEMPO.



POR LO QUE RESPECTA A ESTE TERCER SISTEMA, SUS DOS COOR-  
 DENADAS ASCENSIÓN RECTA Y DECLINACIÓN SON FIJAS, TANTO EN EL  
 SEGUNDO SISTEMA COMO EN ÉSTE, EXISTE LA DESVENTAJA EN -

EL 2º SISTEMA DE QUE PARA MEDIR SUS COORDENADAS ES NECESARIO  
 CONTAR CON UN APARATO CUYO LIMBO HORIZONTAL COINCIDA CON EL-  
 PLANO DEL ECUADOR Y CUYO EJE AZIMUTAL SEA PARALELO A LA LÍ-  
 NEA DE LOS POLOS.

ESTE TIPO DE APARATO RECIBE EL NOMBRE DE ECUATORIAL Y -  
 NO SON MUY COMUNES.

POR LO TANTO ESTOS SISTEMAS DE COORDENADAS NO SON ADAP-  
 TABLES A LAS NECESIDADES, PERO PARA LOS ESTUDIOS DE ASTRONO-  
 MÍA QUE CONSISTEN EN TRANSFORMAR LAS COORDENADAS DE UNO A OTRO  
 SISTEMA, SON FACTIBLES DE MEDIRSE CON APARATOS COMUNES, PERO  
 EL INGENIERO NO LAS PODRÁ MEDIR DIRECTAMENTE, TENDRÁ QUE PA-  
 SAR DE COORDENADAS FIJAS A COORDENADAS FÁCILES DE MEDIR, A -  
 CONTINUACIÓN REPRESENTARÉ ÉSTOS SISTEMAS DE COORDENADAS EN -  
 UN CUADRO SINÓPTICO

EN GENERAL LAS COORDENADAS SON MAGNITUDES QUE SIRVEN --  
 PARA LOCALIZAR UN PUNTO EN EL ESPACIO.

SISTEMA	COORDENADAS	ORIGEN DE COORDENADAS	SE MIDEN DE	CRECEN HACIA	SIMBOLO
HORIZONTAL	AZIMUT	PUNTO SUR	$0^{\circ}$ A $360^{\circ}$	EL OESTE	AZ
	ALTURA	DEL HORIZONTE	$0^{\circ}$ A $90^{\circ}$	EL ZENIT	A (H)
EQUATORIAL I	ANGULO HORARIO	INTERSECCION DEL MERIDIANO Y ECUADOR	$0^{\circ}$ A $360^{\circ}$	EL OESTE	H
	DECLINACION	A PARTIR DEL ECUADOR HACIA LOS POLOS	$0^{\circ} \pm 90^{\circ}$	LOS POLOS	$\delta$
EQUATORIAL II	ASCENSION RECTA	DEL PUNTO VERNAL	$0^{\circ}$ A $360^{\circ}$	EL ESTE	$\alpha$
	DECLINACION	DEL ECUADOR HACIA LOS POLOS	$0^{\circ} \pm 90^{\circ}$	LOS POLOS	$\delta$

COMPARACION DE LOS DOS SISTEMAS DE COORDENADAS ECUATORIALES

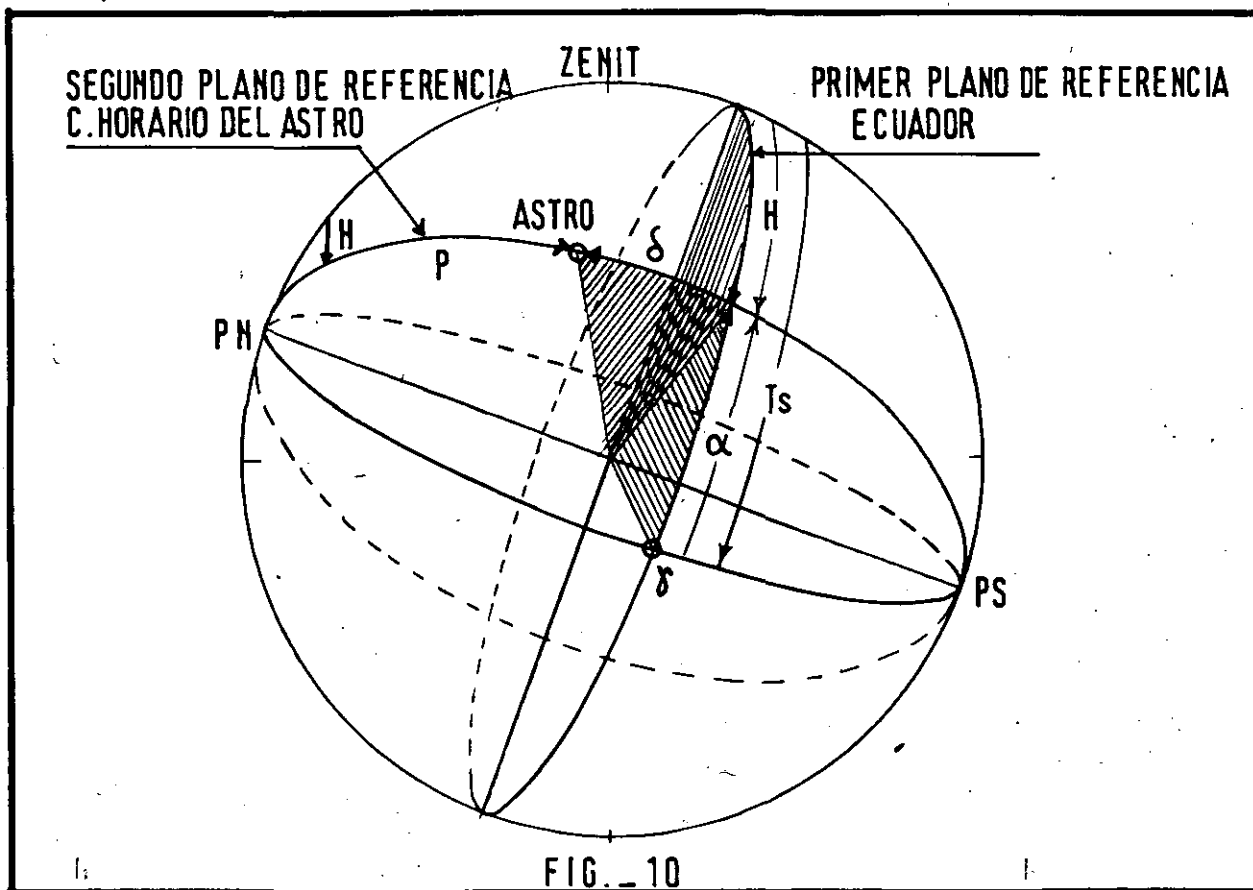
CONSIDERANDO EN QUE PUEDA EXISTIR ALGUNA CONFUSIÓN CON RESPECTO A ESTOS DOS SISTEMAS ECUATORIALES HARÉ UNA DEFINICIÓN BREVE:

LOS SISTEMAS DESCRITOS CON ANTERIORIDAD SON MUY PARECIDOS ENTRE SÍ, CON LA DIFERENCIA DE QUE EN EL PRIMERO LA DISTANCIA ANGULAR SOBRE EL ECUADOR (ÁNGULO HORARIO) SE MIDE AL OESTE, DESDE EL MERIDIANO LOCAL, MIENTRAS QUE EN EL SEGUNDO, LA DISTANCIA ANGULAR SOBRE EL ECUADOR (ASCENCIÓN RECTA) SE MIDE HACIA EL ESTE, DESDE EL EQUINOCCIO DE PRIMAVERA, QUE ES UN PUNTO DEL ECUADOR QUE GIRA CON LA ESFERA CELESTE.

DE ESTE MODO MIENTRAS LA ASCENSIÓN RECTA DE ESTRELLAS --

FIJAS VARÍA AL AÑO SÓLO UNOS SEGUNDOS, EL ÁNGULO HORARIO DE ESTAS MISMAS ESTRELLAS, CAMBIA CON LA MISMA VELOCIDAD QUE LA APARENTE DE ROTACIÓN DE LA ESFERA CELESTE.

LOS DOS SISTEMAS SE LLAMAN COORDENADAS ECUATORIALES, POR QUE EN AMBOS EL PLANO PRINCIPAL DE REFERENCIA ES EL ECUADOR CELESTE. LA POSICIÓN DE UN ASTRO POR ENCIMA O POR DEBAJO DEL ECUADOR, ESTÁ DADA POR LA DECLINACIÓN QUE ES LA MISMA EN UN SISTEMA QUE EN OTRO.



**"CORRECCIONES A LAS COORDENADAS"**

56

---

**CAPITULO 3**



CORRECCIONES QUE EXISTEN EN ESTOS SISTEMAS

LOS PROBLEMAS DE LA ASTRONOMÍA ESFÉRICA SON PRINCIPALMENTE DE TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS DE UN SISTEMA A OTRO. ESTOS SISTEMAS TIENEN UN ORIGEN COMÚN, PERO DIFERENTES EJES Y DEBE TOMARSE EN CUENTA QUE LOS DATOS OBSERVADOS PARA ESTAS TRANSFORMACIONES FRECUENTEMENTE NECESITAN ALGUNAS CORRECCIONES ANTES DE QUE PUEDAN USARSE EN LAS ECUACIONES QUE INTERVIENEN EN LA RESOLUCIÓN DEL TRIÁNGULO ASTRONÓMICO.

LOS ERRORES COMETIDOS EN LAS OBSERVACIONES DE LOS ASTROS, PUEDEN SER DEBIDOS A VARIAS CIRCUNSTANCIAS, TALES COMO LA IMPERFECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS Y SU FORMA DE USO, EL MEDIO AMBIENTE Y EL LUGAR OCUPADO POR EL OBSERVADOR DEL ASTRO, CUANDO TIENE UN DIÁMETRO APRECIABLE.

LAS CORRECCIONES QUE DEBEN APLICARSE A LAS OBSERVACIONES

SE RESUMEN ASÍ:

- a) - INSTRUMENTALES
- b) - POR DESVIACION DE LOS RAYOS LUMINOSOS O SEA LA REFRACCION
- c) - POR EL LUGAR OCUPADO POR EL OBSERVADOR O SEA EL PARALAJE Y DEPRESION DEL HORIZONTE.
- d) - POR EL PUNTO OBSERVADO DEL ASTRO O SEA EL SEMIDIAMETRO.

ABORDARÉ LOS QUE SON PRODUCIDOS POR LOS ERRORES DE RE--

FRACCIÓN Y PARALAJE:

CORRECCION POR REFRACCION

LA ATMÓSFERA PUEDE CONSIDERARSE FORMADA POR CAPAS SUPERPUESTAS DE DENSIDAD DECRECIENTE DE ABAJO HACIA ARRIBA.

LA FÍSICA NOS MUESTRA QUE CUANDO UN RAYO LUMINOSO PASA DE UN MEDIO MENOS DENSO A OTRO DE MAYOR DENSIDAD, LA DIRECCIÓN DEL RAYO SE DESVÍA ACERCÁNDOSE A LA NORMAL. DE AQUÍ RESULTA QUE LA POSICIÓN EN QUE PERCIBIMOS A LOS ASTROS ES UN POCO DIFERENTE DE LA QUE TIENE EN REALIDAD.

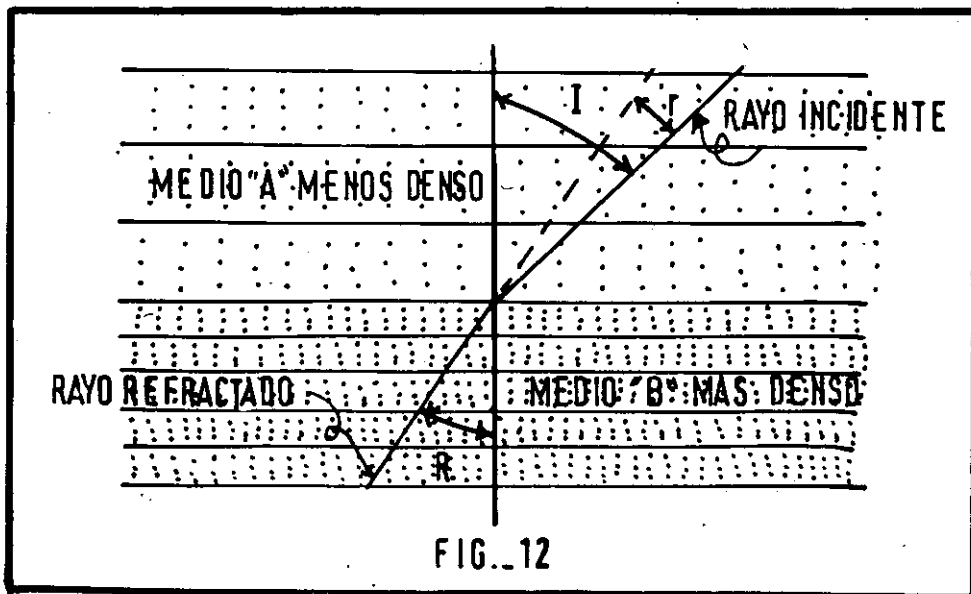


FIG. 12

EXPRESADO DE OTRO MODO, ESTE FENÓMENO DESCRITO COMO RE --  
FRACCIÓN DISMINUYE LAS DISTANCIAS ZENITALES DE LOS ASTROS.

LAS DISTANCIAS ZENITALES DE LOS ASTROS MEDIDOS INMEDIATAMENTE  
DURANTE LAS OBSERVACIONES, ANTE TODO, SE DEBEN CORREGIR  
TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO DISTORSIONANTE DE LA REFRACCIÓN.

LA MAGNITUD DE LA REFRACCIÓN QUE ES IGUAL A CERO PARA--  
EL ZENIT, VA CRECIENDO RÁPIDAMENTE AL APROXIMARSE AL HORIZON--  
TE Y EN EL HORIZONTE ALCANZA 34' DE CORRECCIÓN. A LA TEMPERA--  
TURA DEL AIRE + 10<sup>0</sup>C Y LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE 760 MM/HG.

LA REFRACCIÓN SE EXPRESA APROXIMADAMENTE POR LA FÓRMULA--  
 $R = 58.2'' \text{Tg } Z$ , LA CUAL DIFIERE CADA VEZ MÁS DE LOS VALORES--  
REALES A MEDIDA QUE AUMENTA Z .

SIENDO  $Z = 70^{\circ}$ , LA FÓRMULA DA UN VALOR CUYO ERROR ES DE 1". PARA MAYORES VALORES DE Z ÉSTA FÓRMULA NO SE PUEDE APLICAR EN ABSOLUTO.

PARA CALCULAR LA REFRACCIÓN CON MÁS PRECISIÓN SE DEBEN CONSIDERAR, LA TEMPERATURA Y LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

ESTA DESVIACIÓN DE LOS RAYOS LUMINOSOS, HACE AUMENTAR LA ALTURA Y DISMINUIR LA DISTANCIA ZENITAL DE LOS ASTROS, ELEVÁNDOSE EN SU PROPIO CÍRCULO VERTICAL, POR LO CUAL NO INFLUYE EN EL AZIMUT CUYO VALOR NO SE ALTERA. POR ÉSTO, ES PRECISO HACER UNA CORRECCIÓN IGUAL AL VALOR DE LA REFRACCIÓN CUANDO SE MIDEN DISTANCIAS ZENITALES.

LA REFRACCIÓN ES MAYOR EN EL HORIZONTE Y DISMINUYE CON LA ALTURA HASTA SER NULA EN EL ZENIT; DEPENDE TAMBIÉN DE LA DENSIDAD Y ESTÁ EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y DE LA TEMPERATURA DEL AIRE, POR LO CUAL EL VALOR DE LA REFRACCION LO OBTENEMOS MEDIANTE LA FÓRMULA SIGUIENTE: ----

(  $R = RBT$  ) EN LA QUE:  $R = 60.6'' \text{ TG } Z'$

$$B = \frac{P'}{762} =$$

ÉSTE FACTOR DEPENDE DE "P'" QUE ES LA PRESIÓN, EXPRESADA EN MM/HG

$$T = \frac{1}{1+0.004 T} =$$

FACTOR QUE DEPENDE DE LA TEMPERATURA, T EN GRADOS CENTÍGRADOS

POR ÚLTIMO Z' QUE ES LA DISTANCIA ZENITAL OBSERVADA, UNA VEZ OBTENIDA LA REFRACCIÓN Y LLAMANDO A Z LA DISTANCIA ZENITAL VERDADERA TENDREMOS:

$$Z = Z' + R$$

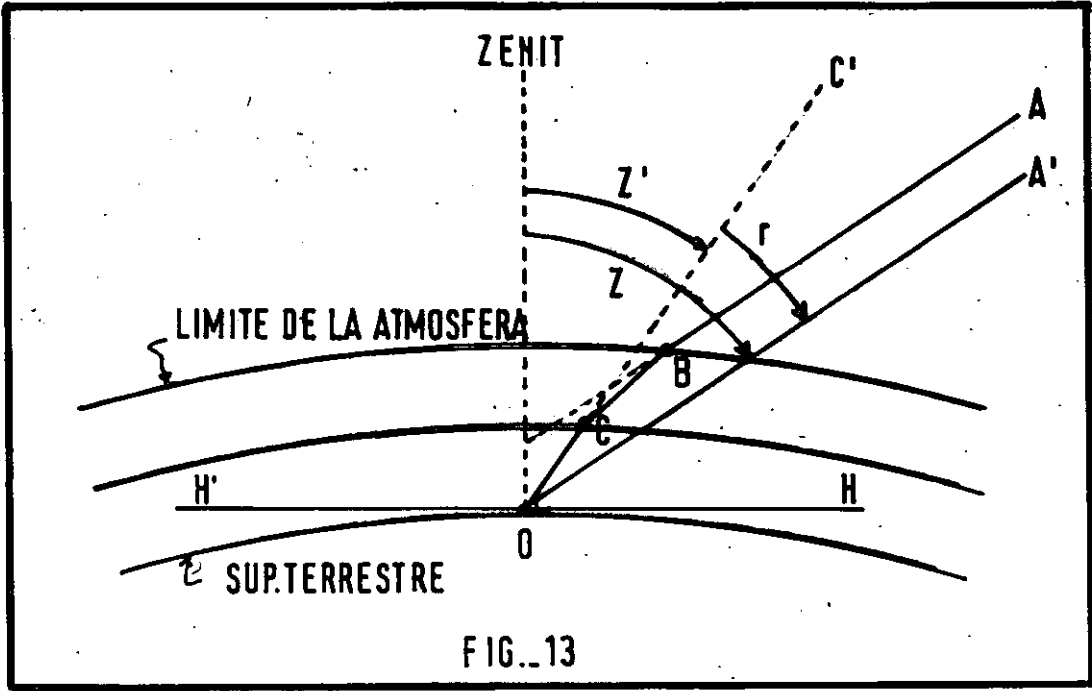
DONDE:

Z = DIST. ZENITAL VERDADERA

z' = DIST. ZENITAL OBSERVADA

R = REFRACCIÓN

SIENDO LA REFRACCIÓN EN EL HORIZONTE MAYOR QUE EL DIÁMETRO APARENTE DE TODOS LOS ASTROS, RESULTA QUE LOS VEMOS ANTES DE SU SALIDA REAL Y DESPUÉS DE SU OCASO.



EN CONDICIONES NORMALES, LA CORRECCIÓN DE REFRACCIÓN ES-  
DE UNOS 34' CUANDO EL ASTRO ESTÁ EN EL HORIZONTE DEL OBSERVADOR.

A CAUSA DE LA FALTA DE SEGURIDAD EN LA CORRECCIÓN PARA AL  
TURAS MUY BAJAS LAS OBSERVACIONES PARA FINES MUY PRECISOS NO DE  
BEN HACERSE CUANDO EL CUERPO CELESTE ESTÁ PRÓXIMO AL HORIZONTE.

CORRECCION POR PARALAJE

AL TRATAR LA ESFERA CELESTE Y LAS OBSERVACIONES -  
 PARA FIJAR EN ELLA LA POSICIÓN DE LOS ASTROS, HEMOS SUPUESTO-  
 A LA TIERRA COMO UN PUNTO, LAS DIMENSIONES REALES DE NUESTRO-  
 GLOBO SON CIERTAMENTE MUY PEQUEÑAS EN RELACIÓN CON LA ENORME-  
 DISTANCIA QUE NOS SEPARA DE LAS ESTRELLAS, SIENDO POR TANTO -  
 INSIGNIFICANTE EL ERROR QUE SE TIENE AL OBSERVARLAS, DESPRE-  
 CIANDO ESAS DIMENSIONES.

PERO TRATÁNDOSE DEL SOL, LA LUNA Y LOS PLANETAS Y EN GE-  
 NERAL DE AQUELLOS ASTROS QUE PUEDAN ENCONTRARSE A DISTANCIAS-  
 NO MUY GRANDES, EL ERROR ES APRECIABLE; Y EN LAS OBSERVACIONES  
 PARA FIJAR SU POSICIÓN EN EL CIELO, INFLUYE LA POSICIÓN DEL -  
 OBSERVADOR EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, ASÍ COMO SU CAMBIO-  
 DE LUGAR OCASIONADO POR LA ROTACIÓN TERRESTRE.

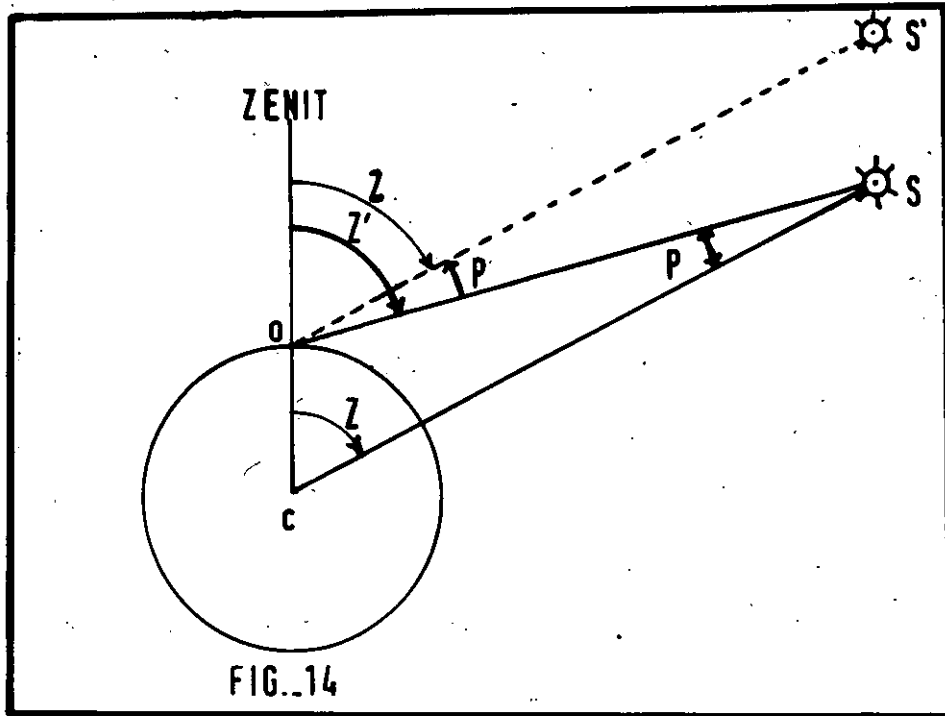


CON EL FIN DE HACER QUE LAS OBSERVACIONES DE LOS ASTROS--  
NO MUY LEJANOS SEAN INDEPENDIENTES A ESAS VARIACIONES, SE LES  
REFIERE AL CENTRO DE LA TIERRA; MEDIANTE UNA CORRECCIÓN QUE --  
SE DENOMINA PARALAJE.

EN VISTA DE QUE LAS COORDENADAS OBTENIDAS POR OBSERVA---  
CIÓN DIRECTA POR MEDIO DE LOS INSTRUMENTOS QUE NECESARIAMENTE  
SE HACEN DESDE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, DEBEN SER ÉSTAS ÚL  
TIMAS COORDENADAS REDUCIDAS AL CENTRO DE LA TIERRA, ES DECIR,--  
OBSERVADA LA ALTURA DE UN ASTRO, SE NECESITA OBTENER SU ALTU-  
RA GEOCÉNTRICA, CON EXCEPCIÓN DE LA LUNA; QUE ESTÁ SUFICIENTE-  
MENTE CERCA. SE CONSIDERA PARA LOS DEMÁS CUERPOS CELESTES UNA  
GRAN DISTANCIA Y POR LO TANTO ES SUFICIENTEMENTE PRECISO CON-  
SIDERAR A LA TIERRA COMO UNA ESFERA.

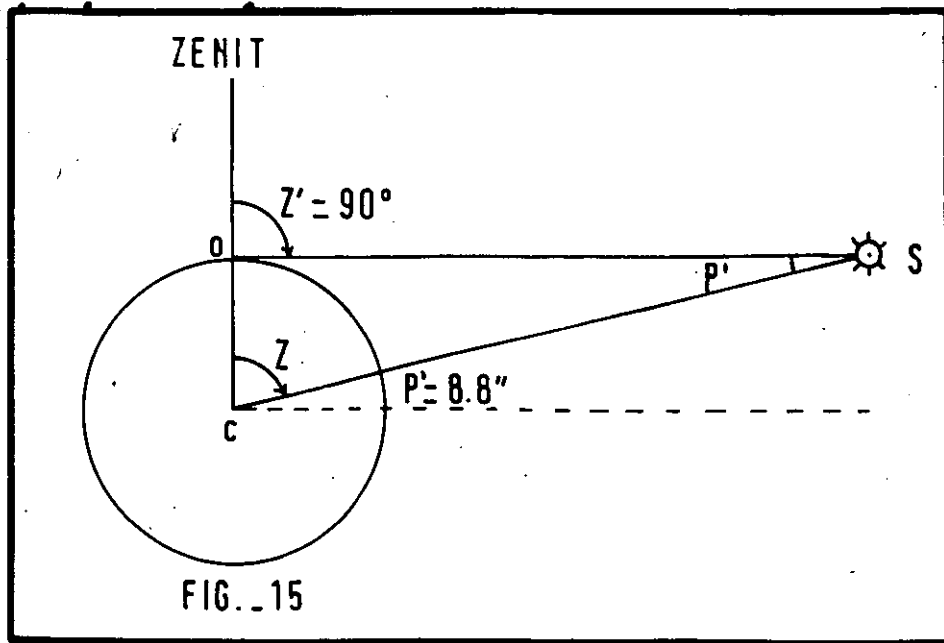
PARALAJE ES EL ÁNGULO QUE SUBTIENDE AL RADIO DE LA TIE--  
RRA DESDE EL ASTRO CONSIDERADO.

PARA ASTROS MUY LEJANOS  $P''$  ES MUY PEQUEÑO Y PARA LA LUNA  
Y EL SOL ES GRANDE, POR LO QUE EN ASTRONOMÍA DE POSICIÓN SÓLO  
SE APLICARÁ EL PARALAJE SOLAR.



ÉN LA SIGUIENTE FIGURA Z' ES LA DISTANCIA ZENITAL Y A' LA ALTURA, Z ES LA DISTANCIA ZENITAL GEOCÉNTRICA Y A LA ALTURA-GEOCÉNTRICA .

VEMOS QUE S APARENTA ESTAR MÁS BAJO OBSERVADO DESDE "O", QUE SI OBSERVARAMOS DESDE "C", EN ESTE CASO  $Z' > Z$ .



ESTE APARENTE DESPLAZAMIENTO DEL ASTRO EN LA ESFERA CELESTES SE LLAMA PARALAJE, Y EL EFECTO HACE DISMINUIR LA ALTURA DEL ASTRO. EL ÁNGULO P ES LA CORRECCIÓN POR PARALAJE, CUANDO EL ASTRO SE ENCUENTRA EN EL ZENIT, ESE ÁNGULO ES CERO Y CUANDO EL ASTRO S' ESTÁ EN EL HORIZONTE, EL ÁNGULO P' TIENE UN VALOR MÁXIMO, Y RECIBE EL NOMBRE DE PARALAJE HORIZONTAL.

EN EL TRIÁNGULO S O C TENEMOS:

$$\frac{\text{SEN } P}{\text{OC}} = \frac{\text{SEN } \text{SOC}}{\text{CS}}$$

$$\text{SEN } P = \frac{\text{OC} \cdot \text{SEN } \text{SOC}}{\text{CS}}$$

$$\text{SEN } P = \frac{R}{\text{CS}} \cdot \text{SEN } Z$$

$$\text{SEN } P = \frac{R}{D} \cdot \text{SEN } Z$$

EN EL TRIÁNGULO S' O C SE TIENE:

$$\text{SEN } P = \frac{R}{D}$$

$$\text{SEN } P = \text{SEN } P' \cdot \text{SEN } Z$$

COMO P Y P' SON ÁNGULOS PEQUEÑOS SUSTITUYENDO LOS SENOS  
POR LOS ÁNGULOS SE TIENE

$$P = P' \text{ SEN } Z$$

$$P = P' \text{ COS } A$$

SIENDO P' EL PARALAJE HORIZONTAL, EL CUAL SE LE PUEDE -  
ACEPTAR UN VALOR MEDIO DE P' = 8.8" CONSIDERANDO ÉSTE ---  
VALOR CON LAS FORMULAS ESCRITAS TENEMOS:

$$P = 8.8" \text{ SEN } Z$$

$$P = 8.8" \text{ COS } A$$

EN LA QUE:

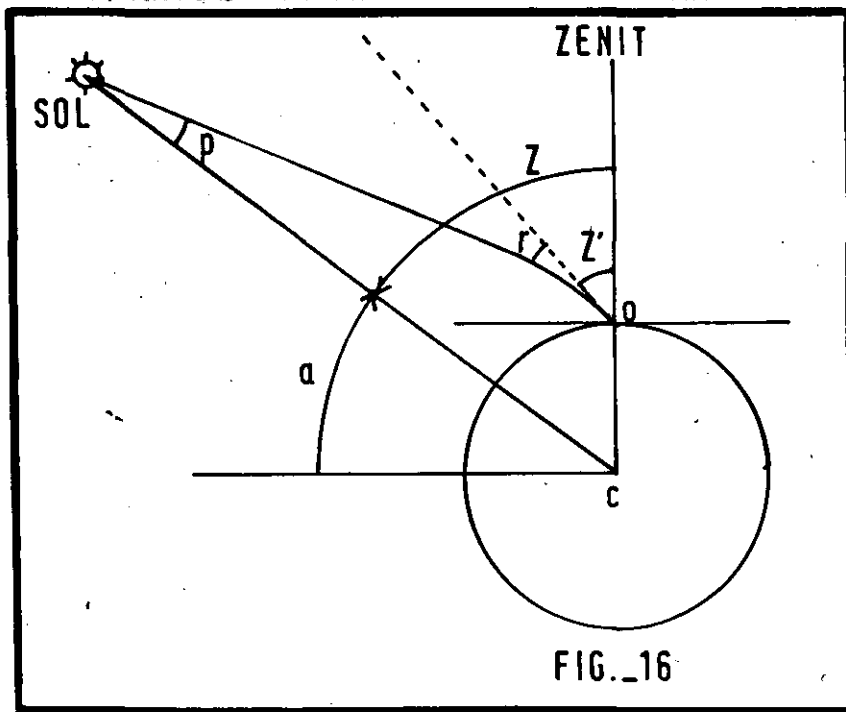
$$Z = \text{DISTANCIA ZENITAL Y}$$

$$A = \text{ALTURA}$$

POR LO QUE SE PUEDE DEFINIR QUE:

$$Z = Z' + R - P$$

LA FIGURA SIGUIENTE NOS MUESTRA ESTAS DOS CORRECCIONES -  
VISTAS DESDE EL OBSERVADOR Y, DEFINE DE UNA MANERA GRÁFICA -  
LA REFRACCIÓN Y EL PARALAJE.



**CAPITULO 4**

---

**"SISTEMAS DE TIEMPO"**

72

SISTEMAS DE TIEMPO

EXISTEN TRES PRINCIPALES QUE SON:

- 1.- TIEMPO SIDEREO
- 2.- TIEMPO SOLAR VERDADERO
- 3.- TIEMPO SOLAR MEDIO

TIEMPO SIDEREO O DIA SIDEREO

ES EL INTERVALO DE TIEMPO ENTRE DOS CULMINACIONES UNÍ--  
 VOCAS SUCESIVAS DEL PUNTO VERNAL, O SEA, ES EL INTERVALO DEL  
 TIEMPO QUE TARDA LA TIERRA EN HACER UNA ROTACIÓN SOBRE SU --  
 EJE, EL CUAL SE MIDE POR EL PERÍODO DE TIEMPO QUE TRANSCURRE  
 ENTRE DOS PASOS SUCESIVOS DE UNA MISMA ESTRELLA POR UN MERI--  
 DIANO. SE HA ESCOGIDO SIN EMBARGO, EL INSTANTE DE LA CULMI--

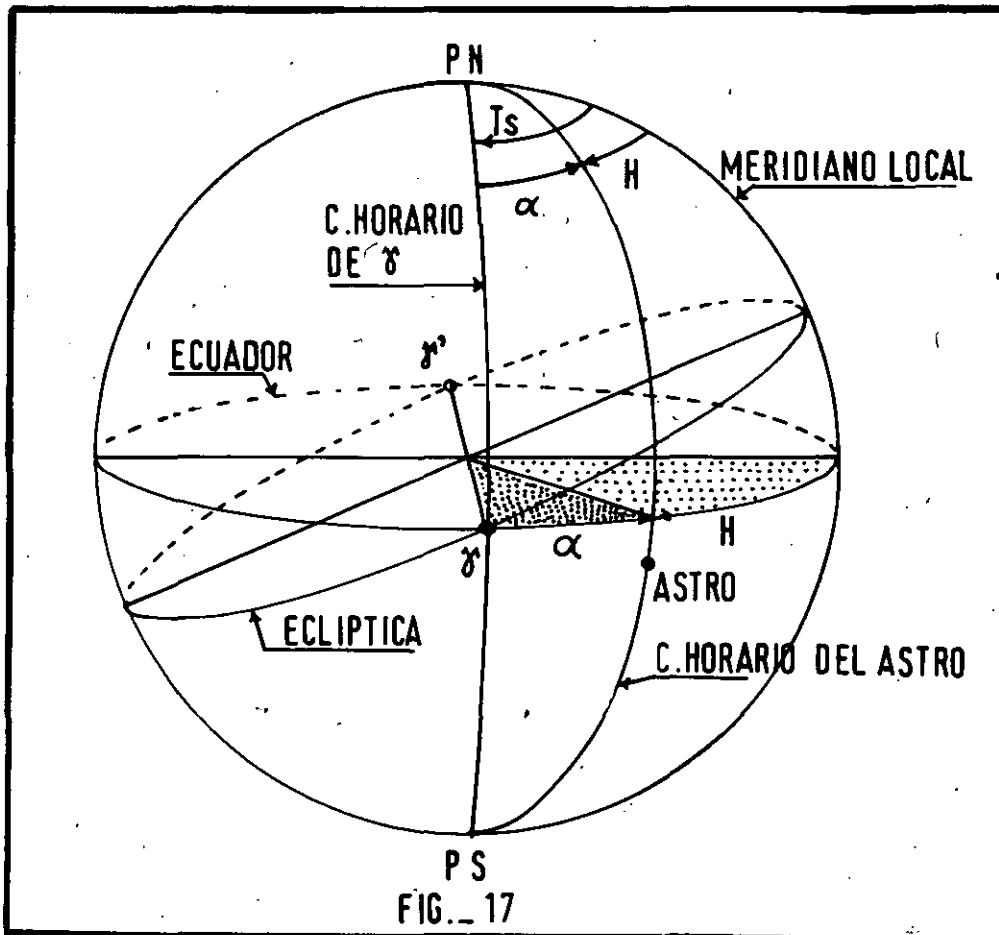
NACIÓN DEL PUNTO  $\delta$  (GAMMA) COMO ORIGEN PARA MEDIR EL TIEMPO--  
SIDÉREO.

SE CUENTA DE 0 A 24 HORAS, SIENDO LAS 00 H 00 M, 00 S.  
SIDERALES EN EL MOMENTO EN QUE EL PUNTO VERNAL CULMINA Y COMO-  
ES UNIFORME, SU FORMULA, SE EXPRESA ASI:

$$T_s = \alpha + H$$

DONDE:

- $T_s$  = HORA SIDERAL O TIEMPO SIDÉREO
- $\alpha$  = ASCENCIÓN RECTA DEL ASTRO
- $H$  = ÁNGULO HORARIO DEL ASTRO





EL DÍA SIDERAL (QUE SE EMPLEA EN ASTRONOMÍA) RESULTA --  
INADECUADO EN LA VIDA CIVIL, POR ESTAR NATURALMENTE VINCULA-  
DAS NUESTRAS COSTUMBRES A LA LUZ DEL SOL, EL QUE SOLAMENTE --  
UNA VEZ AL AÑO COINCIDE CON EL PUNTO VERNAL. LA ASCENSIÓN --  
RECTA DEL SOL VARÍA EN EL TRANCURSO DE UN AÑO DE  $0^{\circ}$  A  $360^{\circ}$ ,  
DE LO CUAL RESULTA QUE EN UN AÑO, EL DÍA SIDERAL PRINCIPIA A  
CONTARSE DURANTE TODAS LAS ETAPAS, TANTO DE LA LUZ SOLAR CO-  
MO DE LA OSCURIDAD NOCTURNA, SIENDO POR TANTO NECESARIO PA-  
RA LOS USOS CIVILES, QUE EL TIEMPO USADO SEA REFERIDO AL MO-  
VIMIENTO DEL SOL.

### DÍA SOLAR VERDADERO

ES EL INTERVALO DE TIEMPO ENTRE DOS CULMINACIONES SUPE-  
RIORES (O INFERIORES) CONSECUTIVAS DEL CENTRO DEL SOL POR EL  
MERIDIANO.

EL TIEMPO SOLAR VERDADERO (UNA HORA DE ÉSTE DÍA) SE MI-  
DE POR EL ÁNGULO HORARIO DEL CENTRO DEL SOL.

SERÍA CÓMODO TOMAR EL PASE SUPERIOR DEL SOL POR EL MERIDIANO COMO COMIENZO DEL DÍA, SIN EMBARGO ES USUAL CONSIDERAR LA MEDIANOCHE PASE INFERIOR COMO COMIENZO DEL DÍA. PARA ESTE ÚLTIMO CASO EL TIEMPO SOLAR ES IGUAL AL ÁNGULO HORARIO DEL SOL MÁS 12 HRS.

LA DURACIÓN DEL DÍA SOLAR VERDADERO EN EL TRANCURSO DEL AÑO, VARÍA A CONSECUENCIA DE LA VELOCIDAD NO UNIFORME DEL MOVIMIENTO DEL SOL POR LA ECLÍPTICA, ASÍ COMO TAMBIÉN DEBIDO A LA INCLINACIÓN DE LA ÚLTIMA CON RESPECTO AL ECUADOR, POR-

ÉSTO TENEMOS DÍAS HASTA CON UN MINUTO DE DIFERENCIA EN MÁS-  
 Ó EN MENOS DE LAS 24 HORAS.

TIEMPO Y DIA SOLAR MEDIO

DÍA SOLAR MEDIO.- ES EL INTERVALO DEL TIEMPO TRANSCURRIDO ENTRE DOS CULMINACIONES SUPERIORES (O INFERIORES) SUCESIVAS DEL SOL MEDIO. LA DURACIÓN DE ESTE DÍA ES CONSTANTE.

EL TIEMPO SOLAR MEDIO SE MIDE POR EL ÁNGULO HORARIO DEL SOL MEDIO. PERO HABRÁ QUE DEFINIR EL SOL MEDIO Y EL TIEMPO MEDIO.

TIEMPO MEDIO

SE HA DICHO QUE LA DURACIÓN DEL DÍA SOLAR VERDADERO ES DESIGUAL EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO, NO CONSTITUYE UNA-

UNIDAD APROPIADA PARA MEDIR EL TIEMPO CON EXACTITUD Y CONSERVAR LA HORA EMPLEANDO PARA ELLO MÁQUINAS COMO NUESTROS CRONÓMETROS, CUYO MOVIMIENTO EN SUS AGUJAS MARCADORAS ES UNIFORME, Y POR LO TANTO NECESITARÍAN CAMINAR MÁS APRISA O MÁS DESPACIO, SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO, PARA CONSERVAR CON PRECISIÓN LA HORASOLAR VERDADERA.

PARA EVITAR ESTE INCONVENIENTE Y SIENDO ADEMÁS NECESARIO PARA LAS COSTUMBRES DE LA VIDA CIVIL REGIRSE POR LA LUZ SOLAR, SE HA IDEADO EMPLEAR UNA UNIDAD DE TIEMPO DE DURACIÓN CONSTANTE Y RELACIONADA CON EL MOVIMIENTO DEL SOL QUE SE DENOMINA -- DÍA SOLAR MEDIO, LA CUAL DETERMINA UN TIEMPO QUE RECIBE EL -- NOMBRE DE TIEMPO SOLAR MEDIO O SIMPLEMENTE TIEMPO MEDIO, REGIDO POR EL MOVIMIENTO DE UN SOL FICTICIO QUE RECIBE EL NOMBRE-- DE SOL MEDIO.

DIA SOLAR MEDIO

ES EL INTERVALO DE TIEMPO COMPRENDIDO ENTRE DOS PASOS -- CONSECUTIVOS DEL SOL MEDIO POR EL MISMO MERIDIANO.

SIENDO UNA CONSTANTE EL INCREMENTO DIARIO DE LA ASCENSIÓN RECTA DEL SOL MEDIO, RESULTA QUE EL DÍA SOLAR MEDIO DIFIERE DEL DÍA SIDERAL UNA CANTIDAD CONSTANTE.

LA DURACIÓN DEL DÍA SIDERAL EN TIEMPO MEDIO ES DE 23 HRS. 56 M 04<sup>s</sup>.091, SIENDO POR LO TANTO CERCA DE 3 M 56 S. MÁS CORTO QUE EL DÍA SOLAR MEDIO.

EL DÍA SOLAR MEDIO SE DIVIDE TAMBIÉN EN 24 HORAS, LA HORA EN 60 MINUTOS Y EL MINUTO EN 60 SEGUNDOS. CON EL OBJETO DE EVITAR LOS TRASTORNOS QUE ACARREARÍAN EN LAS COSTUMBRES DE LA VIDA CIVIL EL CAMBIO DE FECHA AL MEDIODÍA, CONTANDO UNA FECHA POR LA MAÑANA Y LA SIGUIENTE, POR LA TARDE, EL DÍA SOLAR MEDIO PRINCIPIA A CONTARSE EN EL MOMENTO EN QUE EL SOL MEDIO PASA POR EL MERIDIANO INFERIOR O SEA A MEDIANOCHE Y, POR TANTO, EN UN LUGAR LA HORA MEDIA ES EN CADA INSTANTE IGUAL AL ÁNGULO HORARIO DEL SOL MEDIO MÁS 12 HORAS.  $T_M = H. + 12 \text{ HORAS}$ , SIENDO DE ADVERTIRSE QUE CUANDO ÉSTA SUMA DÉ UN NÚMERO DE HORAS MAYOR DE 24, HABRÁ QUE RESTARLE 24 HORAS.

SE ACOSTUMBRA DISTINGUIR EL DÍA SOLAR MEDIO POR ASTRÓNÓMICO Ó CIVIL, DIFERENCIÁNDOSE EN QUE LOS ASTRÓNOMOS COMIENZAN A CONTAR EL DÍA A PARTIR DEL PASO SUPERIOR DEL SOL MEDIO-POR EL MERIDIANO, Ó SEA A MEDIODÍA Y, PARA LOS USOS CIVILES, EL DÍA PRINCIPIA A MEDIA NOCHE.

TODOS TIENEN UNA COSA EN COMÚN, QUE EN CIERTO MOMENTO EL TIEMPO ES IGUAL AL ÁNGULO HORARIO DE UN PUNTO QUE CONSTITUYE EL ORIGEN DEL SISTEMA, EN EL SIDÉREO EL PUNTO CERO ES EL EQUINOCCIO DE PRIMAVERA O PUNTO VERNAL, YA QUE POR SER UN PUNTO - CUYA POSICIÓN ES CASI FIJA CON RESPECTO A LAS ESTRELLAS, ES EL ADECUADO PARA MEDIR EL TIEMPO.

EN EL SOLAR, EL PUNTO CERO ES EL CENTRO DEL SOL. COMO EL SOL VERDADERO EFECTÚA SU MOVIMIENTO DE TRANSLACIÓN EN UN PLANO INCLINADO CON RESPECTO AL ECUADOR, ÉSTO OCASIONA QUE EN UN AÑO UNA ESTRELLA PASE POR EL MERIDIANO UNA VEZ MÁS DE LAS QUE PASA EL SOL.

ECUACION DEL TIEMPO

SE SABE QUE EL TIEMPO SOLAR DEBE SER VERDADERO Ó MEDIO, --  
SEGÚN LO QUE SE TOME COMO REFERENCIA, YA SEA EL SOL VERDADERO  
QUE RECORRE LA ECLÍPTICA Ó EL SOL MEDIO QUE RECORRE EL ECUA--  
DOR. AMBOS PLANOS FORMAN UN ÁNGULO NO MAYOR DE  $23^{\circ}27'$ , AMBOS--  
SOLES TIENE RECORRIDOS IGUALES, EN TIEMPOS IGUALES Y, POR LO --  
TANTO, HAY UNA DIFERENCIA ENTRE LOS TIEMPOS MARCADOS POR AMBOS  
SOLES Y SE LE LLAMA ECUACIÓN DEL TIEMPO.

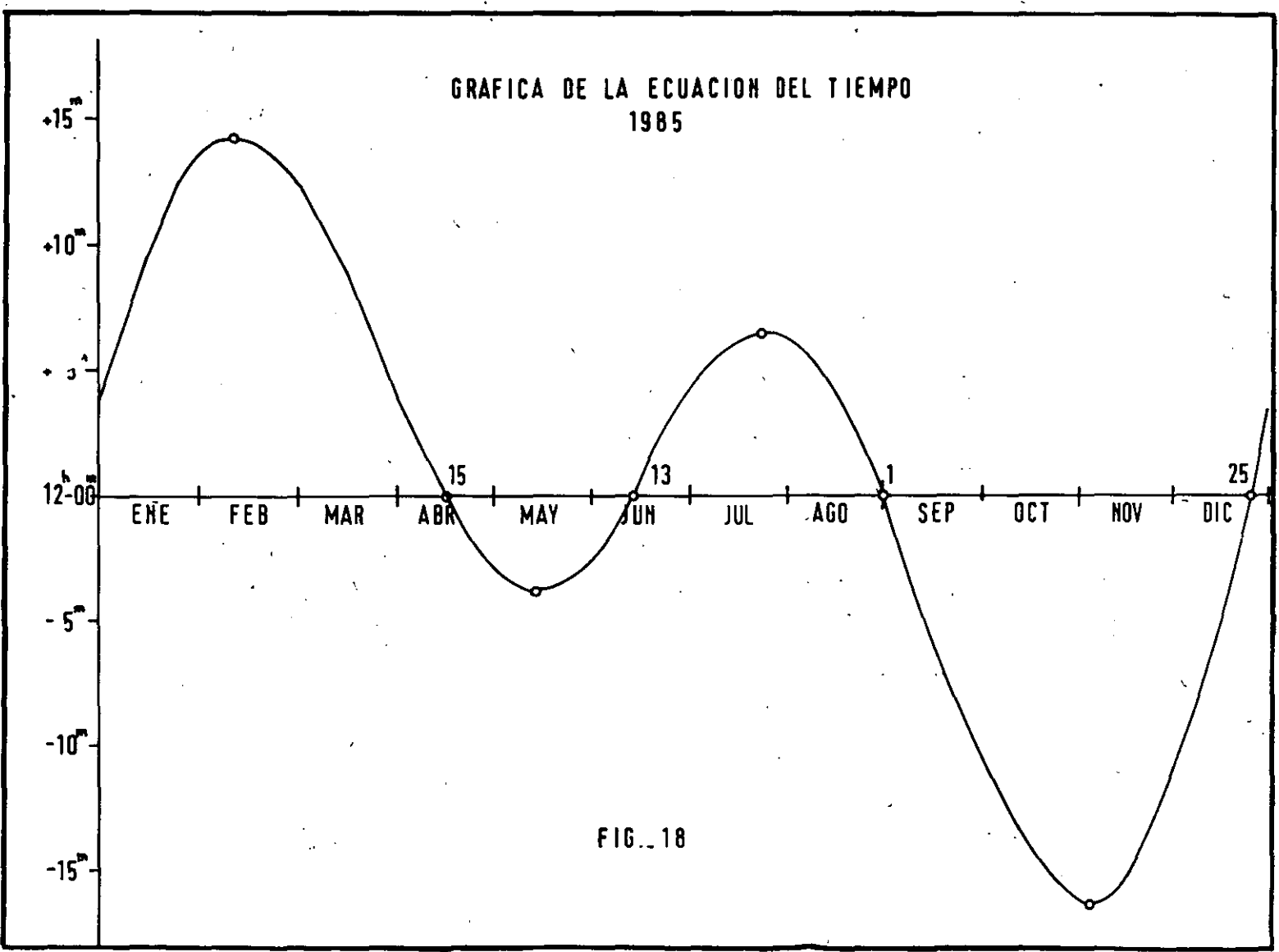
EL MOVIMIENTO DEL SOL VERDADERO ES IRREGULAR Y EL DEL --  
SOL MEDIO ES UNIFORME. EL VALOR DE LA ECUACIÓN DEL TIEMPO ES--  
VARIABLE Y TAMBIÉN SU SIGNO, Ó SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO. ESTA --  
ECUACIÓN SE REDUCE A CERO CUATRO VECES AL AÑO EN LAS FECHAS;--  
15 DE ABRIL, 14 DE JUNIO, 10. DE SEPTIEMBRE Y 24 DE DICIEMBRE.

SE LE LLAMA  $T_M$  AL TIEMPO SOLAR MEDIO,  $T_V$  AL VERDADERO Y --  
ET A LA ECUACIÓN DEL TIEMPO, POR LO QUE SE PUEDE DEFINIR ESTA--  
ECUACIÓN COMO:

$$ET = T_M - T_V.$$

82

PARA MAYOR INFORMACIÓN, EN LOS ANUARIOS HAN TABULADO LOS VALORES DE LA ECUACIÓN DEL TIEMPO PARA LOS DISTINTOS DÍAS DEL AÑO Y PARA CIERTO MERIDIANO.





RELACION ENTRE TIEMPO SIDEREO Y MEDIO

EL LLAMADO AÑO TRÓPICO ES EL TIEMPO QUE TRANSCURRE ENTRE DOS PASOS CONSECUTIVOS DEL SOL POR EL PUNTO VERNAL. LA DURACIÓN DE ESTE AÑO ES DE 365.242215 DÍAS SOLARES.

EN ESTE TIEMPO RECORRE APARENTEMENTE EL SOL TODA SU ÓRBITA Y SUPONIENDO SU MOVIMIENTO UNIFORME, SU RECORRIDO DIARIO SERÁ DE  $\frac{360^{\circ}}{365.242215} = 59' 08.33''$ .

ESTE SERÁ EL RECORRIDO DIARIO QUE SE ATRIBUYE AL SOL MEDIO EN SU ÓRBITA QUE SE SUPONE ES EL ECUADOR.

SI EN UN DÍA CUALQUIERA EL SOL OCUPA LA POSICIÓN P (GRADOS) EN SU ÓRBITA EN EL MOMENTO DE SU PASO POR EL MERIDIANO,-

AL DÍA SIGUIENTE AL PASAR POR EL MISMO MERIDIANO OCUPARÁ LA POSICIÓN: P + 59' 08". 33.

ENTONCES, PARA QUE EL MERIDIANO CONSIDERADO VUELVA A COINCIDIR CON EL SOL, LA TIERRA DEBE HABER GIRADO 360° 59' 08". 33, Y EL INTERVALO ENTRE ESOS DOS ESPACIOS CONSTITUYE EL DÍA MEDIO Y, ÉSTE TAMBIÉN SE DIVIDE EN 24 HORAS Y CADA HORA CORRESPONDERÁ EN ARCO A:

$$\frac{360^{\circ} 59' 08.33''}{24} = 15^{\circ} 02' 27.847''$$

COMO LAS ESTRELLAS SE CONSIDERAN FIJAS, LA TIERRA TIENE QUE GIRAR 360° PARA QUE UN MERIDIANO COINCIDA CON UNA ESTRELLA, SIENDO EL INTERVALO ENTRE DOS PASOS CONSECUTIVOS DE UNA ESTRELLA POR UN MERIDIANO UN DÍA SIDERAL. UNA HORA SIDÉREA CORRESPONDE EN ARCO A  $\frac{360}{24} = 15^{\circ}$ , DE LO ANTERIOR DEDUCIMOS QUE EL TIEMPO QUE TARDA EL SOL EN RECORRER EL ARCO 59' 08.33" REPRESENTA EL EXCESO DEL DÍA MEDIO SOBRE EL SIDÉREO Y ESE EXCESO SE PUEDE VALUAR TANTO EN TIEMPO MEDIO COMO EN SIDÉREO, ESTA EVALUACIÓN SE HACE DE LA SIGUIENTE MANERA.

$$T_M = \frac{15^{\circ} 02' 27''.847}{1 \text{ HRS.}} = \frac{59' 08.33''}{X}$$

$$X = \frac{1 \text{ HR. } (59'08.33'')}{15^{\circ}02'27.847''} = \frac{3600'' \times 35482''}{54147.847''} = 235.90944^s$$

X = 3'55.90944" EN TIEMPO MEDIO

EN TIEMPO SIDÉREO SERÁ:

$$T_s = \frac{15^{\circ}}{1 \text{ HRS.}} = \frac{59'08.33''}{X} ; \quad X = \frac{1 \text{ HRS. } (59'08''.33)}{15^{\circ}} = \frac{3600'' \times 3548.33''}{54000''} = 253.55533^s$$

X=3 M 56.55533" EN TIEMPO SIDÉREO.

LA DIFERENCIA ENTRE EL DÍA MEDIO Y EL SIDÉREO SE LLAMA - "ACELERACIÓN DE LAS ESTRELLAS FIJAS".

DE LOS VALORES DE ESA DIFERENCIA EN TIEMPO MEDIO Y EN - TIEMPO SIDÉREO, OBTENEMOS UNA RELACIÓN ENTRE AMBOS.

IM SE LE LLAMA AL INTERVALO DEL TIEMPO MEDIO; IS AL - INTERVALO DEL TIEMPO SIDÉREO, POR LO QUE PODEMOS TENER:

86

$$\frac{IM}{IS} = \frac{3M 55.90944}{3M 5655533} = 0.9972696$$

INVERSAMENTE TENEMOS:

$$\frac{IS}{IM} = \frac{1}{0.9972696} = 1.0027379$$

Y FINALMENTE

$$IM = 0.9972696 \text{ DE } IS \quad (1)$$

$$IS = 1.0027379 \text{ DE } IM \quad (2)$$

DE (1) RESTAREMOS IS

$$\begin{aligned} IM - IS &= 0.9972696 \quad IS - IS \\ &= (0.9972696 - 1) \quad IS \\ &= -0.0027304 \quad IS \\ IM &= IS - 0.0027304 \quad IS \quad (3) \end{aligned}$$

Y DE (2) RESTAMOS IM

$$\begin{aligned} IS - IM &= 1.0027379 \quad IM - IM \\ IS &= IM + 0.0027379 \quad IM \quad (4) \end{aligned}$$

LAS FÓRMULAS (3) Y (4) NOS SIRVEN PARA CONVERTIR INTERVALOS DE UN TIEMPO EN OTRO, APLICANDO UNA CORRECCIÓN AL INTERVALO PROPUESTO PARA OBTENER EL OTRO Y ESTÁ TABULADO EN LOS ANUARIOS, EN LAS TABLAS ASTRONÓMICAS.

CAMBIO DE MERIDIANO

EL CÁLCULO DE LA HORA MEDIA EN UN MERIDIANO LOCAL CONOCI  
DA LA DIFERENCIA DE LONGITUDES CON RESPECTO A OTRO MERIDIANO-  
TOMADO COMO ORIGEN, SE REALIZA POR LA FORMA SIGUIENTE.

$$HL = TM \pm \Delta\lambda$$

HL = HORA LOCAL

TM = TIEMPO SOLAR MEDIO DEL MERIDIANO ORIGEN

$\Delta\lambda$  = DIFERENCIA DE LONGITUDES

EN EL HEMISFERIO OCCIDENTAL (WG) SE TOMARÁ

+ CUANDO EL MERIDIANO LOCAL SE ENCUENTRA AL ESTE

- CUANDO EL MERIDIANO LOCAL SE ENCUENTRA AL OESTE

EJEMPLO:

TM = 8<sup>H</sup> 30<sup>M</sup> 40<sup>S</sup> (M 90<sup>0</sup> WG) TIEMPO DEL CENTRO

$\Delta\lambda = \frac{0^H 36^M 32^S}{\phantom{0^H 36^M 32^S}}$   $\lambda = 6^H 36^M 32^S W$  LONGITUD IPN

HL = 7<sup>H</sup> 54<sup>M</sup> 08<sup>S</sup> HORA LOCAL EN EL IPN

EJEMPLO.- CALCULAR LA HORA SIDÉREA (Ts) CORRESPONDIENTE -  
 EN EL MERIDIANO DE 90°WG A LAS 8<sup>H</sup> 30<sup>M</sup> 40<sup>S</sup> DE TIEMPO MEDIO ---  
 (Tc) EL DÍA 22 DE SEPTIEMBRE DE 1985.

$T_s = T_c + T_o + \Delta T_s$	$T_s =$ TIEMPO SIDÉREO
$T_c = 8^H 30^M 40^S$	$T_c =$ TIEMPO CIVIL (M90WG)
$T_o = 0 \ 04 \ 10.97$	$T_o =$ TIEMPO SIDÉREO A LAS 0 <sup>H</sup> DEL M90WG (FECHA/ANUARIO)
<hr/> $T_c + T_o = 8^H 34^M 50^S.97$	
$\Delta T_s = 1M \ 23S.89$	$\Delta T_s =$ CORRECCIÓN POR INTERVALO -- SIDEREO
<hr/> $T_s = 8^H 36^M 14^S.86$	$\Delta T_s = 0.0027379 T_c$ ó TABLA

EL CASO MÁS GENERAL DE TRANSFORMACIÓN DE TIEMPOS ES --  
 CUANDO SE DESEA CONOCER LA HORA SIDÉREA CORRESPONDIENTE A --  
 UNA HORA MEDIA, O VICEVERSA EN UN MERIDIANO DIFERENTE DEL --  
 MERIDIANO DE 90°WG, PARA LO CUAL UTILIZAMOS LAS FÓRMULAS --  
 DEL ANUARIO.

"SIGNO PARA  $\Delta\lambda$ "

$$T_s = T_c + T_o \pm \Delta\lambda + \Delta T_s \left\{ \begin{array}{l} (-) \text{ CUANDO EL ML SE ENCUENTRA --} \\ \text{AL W DEL M90WG} \\ (+) \text{ CUANDO ESTÁ AL ESTE} \end{array} \right.$$

$$T_c = T_s - T_o \pm \Delta\lambda - \Delta T_c \left\{ \begin{array}{l} (+) \text{ CUANDO EL ML SE ENCUENTRA --} \\ \text{AL W DEL M90WG} \\ (-) \text{ CUANDO ESTÁ AL ESTE} \end{array} \right.$$

$T_s = 0.0027379 T_c$  CORRECCIÓN ADITIVA

$T_c = 0.0027304 (T_s - T_o \pm \Delta\lambda)$  CORRECCIÓN SUBSTRACTIVA

EJEMPLO.- CALCULAR LA HORA SIDÉREA EN EL IPN CUYAS COORDE-

NADAS GEOGRÁFICAS SON:

$$\begin{aligned} \varphi &= 19^{\circ} 30^{\text{M}} 10'' \\ \lambda &= 6^{\text{H}} 36^{\text{M}} 32^{\text{S}} \\ \lambda_0 &= 6^{\text{H}} 00^{\text{M}} 00^{\text{S}} \\ \hline \Delta\lambda &= 0^{\text{H}} 36^{\text{M}} 32' \end{aligned}$$

PARA EL DÍA 25 DE MARZO DE 1985 A LAS 20<sup>H</sup> 15<sup>S</sup> DE TIEMPO DEL --  
CENTRO.

PROBLEMA INVERSO

$$\begin{aligned} * \quad T_c &= 20^{\text{H}} 10^{\text{M}} 15^{\text{S}} \\ T_0 &= 12^{\text{H}} 10^{\text{M}} 34^{\text{S}}.31 \\ \hline T_c + T_0 &= 32^{\text{H}} 20^{\text{M}} 49^{\text{S}}.31 \\ &- 24^{\text{H}} \\ \hline T_c + T_0 &= 8^{\text{H}} 20^{\text{M}} 49^{\text{S}}.31 \\ - \Delta\lambda &= 36^{\text{M}} 32^{\text{S}}.00 \\ \hline T_c + T_0 - \Delta\lambda &= 7^{\text{H}} 44^{\text{M}} 17^{\text{S}}.31 \\ + \Delta T_s &= 3^{\text{M}} 18^{\text{S}}.81 \\ \hline T_s &= 7^{\text{H}} 47^{\text{M}} 36^{\text{S}}.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= 7^{\text{H}} 47^{\text{M}} 36^{\text{S}}.12 \\ &+ 24^{\text{H}} \\ \hline T_s &= 31^{\text{H}} 47^{\text{M}} 36^{\text{S}}.12 \\ T_0 &= 12^{\text{H}} 10^{\text{M}} 34^{\text{S}}.31 \\ \hline T_s - T_0 &= 19^{\text{H}} 37^{\text{M}} 01^{\text{S}}.81 \\ + \Delta\lambda &= 36^{\text{M}} 32^{\text{S}}.00 \\ \hline * \quad T_s - T_0 + \Delta\lambda &= 20^{\text{H}} 13^{\text{M}} 33^{\text{S}}.81 \\ - \Delta T_c &= 3^{\text{M}} 18^{\text{S}}.81 \\ \hline T_c &= 20^{\text{H}} 10^{\text{M}} 15^{\text{S}}.00 \end{aligned}$$

\* ARGUMENTO PARA LAS TABLAS DEL ANUARIO (VIII Y IX)

ARGUMENTO

$T_c$	$\Delta T_s$	$T_s - T_o + \Delta \lambda$	$\Delta T_c$
$8^H 30^M$	$1^M 23^S.78$	$20^H 10^M$	$3^M 18^S.81$
$40^S$	$0^S.11$	$3^M 30^S$	$0^S.57$
$8^H 30^M 40^S$	$1^M 23^S.89$	$3^S.81$	$0^S.011$
$20^H 10^M$	$3^M 18^S.77$	$20^H 13^M 33^S.81$	$3^M 18^S.811$
$15^S$	$.04$		
$20^H 10^M 15^S$	$3^M 18^S.81$		

CALCULO DE  $\Delta T_s$  CON TABLAS Y  $\Delta T_c$



CAPITULO 5

" TRIANGULO ASTRONOMICO "

### TRIANGULO ASTRONOMICO

EN MUCHOS DE LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN ASTRONOMÍA, HAY QUE PASAR DE UN SISTEMA DE COORDENADAS O OTRO, LO QUE SE CONSIGUE AL RESOLVER UN TRIÁNGULO, PERO HAY DOS CLASES DE --- TRIÁNGULOS, EL ESFÉRICO Y EL ASTRONÓMICO.

94

ESFERICO

ES UNA FIGURA QUE ESTÁ LIMITADA SOBRE LA SUPERFICIE ESFÉRICA POR TRES ARCOS DE CÍRCULO MÁXIMO. A, B Y C, QUE UNEN A LOS PUNTOS A, B Y C.

ESTA CONSTITUIDO POR SEIS ELEMENTOS, TRES LADOS Y TRES ÁNGULOS. CUANDO SON CONOCIDOS TRES ELEMENTOS CUALESQUIERA PUEDEN HAYARSE LOS OTROS TRES.

TANTO LOS LADOS COMO LOS ÁNGULOS, SE MIDEN EN UNIDADES ANGULARES, NORMALMENTE EN GRADOS Y MINUTOS. LA MAGNITUD DE UN ÁNGULO SE MIDE POR EL ÁNGULO DIEDRO DEFINIDO POR LOS PLANOS DE LOS CÍRCULOS MÁXIMOS QUE LO FORMAN.

PUEDE MEDIRSE TAMBIÉN POR EL ÁNGULO QUE DEFINE LAS TANGENTES A LOS CÍRCULOS MÁXIMOS EN SU INTERSECCIÓN.

TRES PUNTOS CUALESQUIERA DE LA ESFERA PUEDEN UNIRSE POR-  
 ARCOS DE CÍRCULO MÁXIMO PARA FORMAR UN TRIÁNGULO EN EL CUAL,-  
 NINGUNO DE SUS ELEMENTOS SEA IGUAL A  $180^{\circ}$ . (LADOS Ó ÁNGULOS)

LAS FÓRMULAS FUNDAMENTALES DEL TRIÁNGULO ESFÉRICO QUE --  
 TIENEN USO CONSTANTE EN ASTRONOMÍA PRÁCTICA SON:

- 1.- LA LEY DEL COSENO
- 2.- LA LEY DEL SENO-COSENO
- 3.- LA LEY DE LOS SENOS

QUE ALGEBRÁICAMENTE SE EXPRESAN COMO SIGUE.

$$\cos A = (\cos B) (\cos C) + (\sin B) (\sin C) \cos A$$

$$\sin A \cos B = (\cos B) (\sin C) - (\sin B) (\cos C) \cos A$$

$$\frac{\sin A}{\sin A} = \frac{\sin B}{\sin B} = \frac{\sin C}{\sin C}$$

TRIANGULO ASTRONOMICO

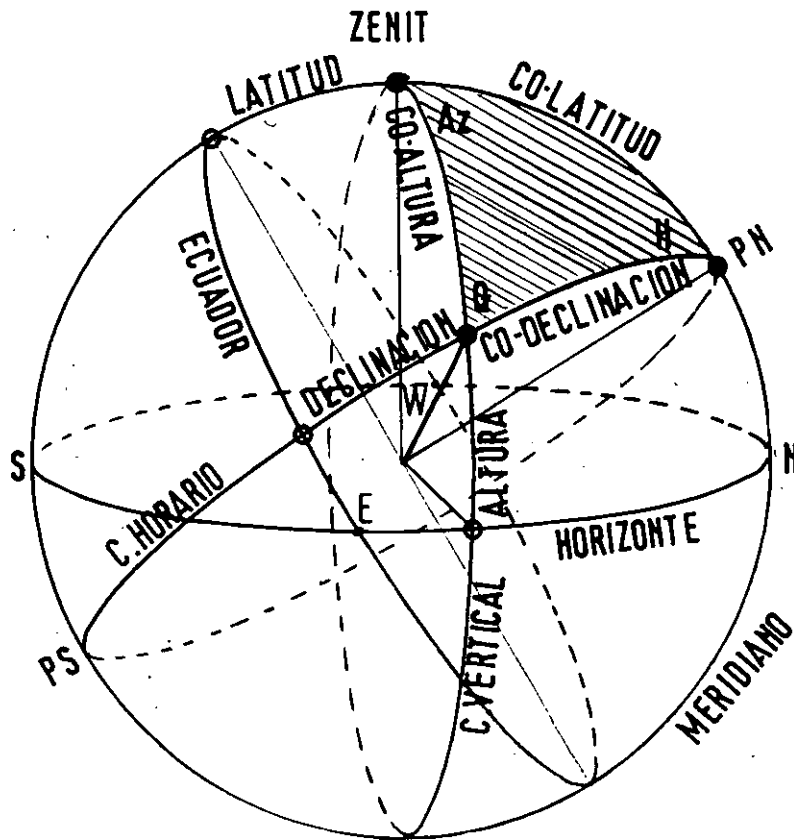
ES MANIFIESTO QUE PARA FORMARLO SE REQUIERE COMBINAR LOS TRES SISTEMAS DE COORDENADAS (EQUATORIAL, HORIZONTAL Y GEOGRÁFICAS).

AL TRIÁNGULO P Z Q, SE CONOCE COMO TRIÁNGULO ASTRONÓMICO. PUEDE CONSTRUIRSE AL OESTE DEL MERIDIANO COMO SE REPRESENTA, O AL ESTE DEL MERIDIANO SI EL CUERPO CELESTE ESTÁ SITUADO.

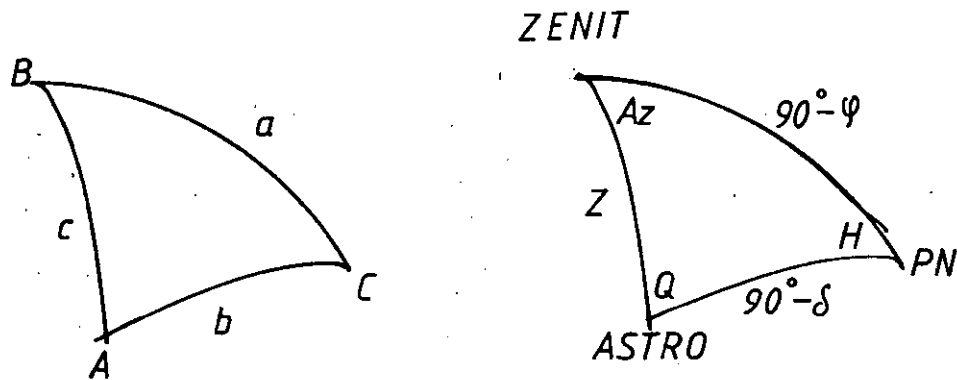
ES UN TRIÁNGULO ESFÉRICO FORMADO POR ARCOS DE CÍRCULOS MÁXIMOS AL CUAL SE APLICAN LAS FÓRMULAS DE LA TRIGONOMETRÍA ESFÉRICA.

TODAS LAS FORMAS DEL TRIÁNGULO SE RESUELVEN POR LAS MIS-  
MAS FÓRMULAS, PERO LOS RESULTADOS OBTENIDOS, NO INDICAN SI EL  
CUERPO ESTÁ AL ESTE O AL OESTE DEL MERIDIANO, HABIENDO NECESI-  
DAD DE HACER UN ANÁLISIS YA SEA DE ÁNGULO HORARIO O DE LOS --  
VALORES DE LA OBSERVACIÓN.

COMPARACION GRAFICA DE LOS DOS TRIANGULOS



TRIANGULO ASTRONOMICO EN LA ESFERA CELESTE



TRIANGULO ESFERICO

LADOS	ANGULOS
A	A
B	B
C	C

TRIANGULO ASTRONOMICO

LADOS	ANGULOS
$(90^\circ - \varphi)$	Q
$(90^\circ - \delta)$	Az
Z	H

PRINCIPALES FORMULAS DE TRIGONOMETRIA ESFERICA EN  
TERMINOS ASTRONOMICOS

EXISTEN TRES LEYES FUNDAMENTALES PARA LA SOLUCIÓN DEL -  
TRIÁNGULO ASTRONÓMICO YA ANOTADAS ANTERIORMENTE.

A CONTINUACIÓN SE INDICAN ESTAS FÓRMULAS EN DOS TRIANGU-  
LOS.

LEY DEL COSENO

TRIANGULO ESFERICO

$$\cos A = \cos B \cos C + \sin B \sin C \cos A$$

$$\cos B = \cos A \cos C + \sin A \sin C \cos B$$

$$\cos C = \cos A \cos B + \sin A \sin B \cos C$$



TRIANGULO ASTRONOMICO

$$\text{SEN } \varphi = \text{SEN } \delta \text{ COS } z + \text{COS } \delta \text{ SEN } z \text{ COS } Q$$

$$\text{SEN } \delta = \text{SEN } \varphi \text{ COS } z - \text{COS } \varphi \text{ SEN } z \text{ COS } AZ$$

$$\text{COS } z = \text{SEN } \varphi \text{ SEN } \delta + \text{COS } \varphi \text{ COS } \delta \text{ COS } H$$

LEY DEL SENO - COSENO

TRIANGULO ESFERICO

$$\text{SEN } A \text{ COS } B = \text{COS } B \text{ SEN } C - \text{SEN } B \text{ COS } C \text{ COS } A$$

$$\text{SEN } A \text{ COS } C = \text{COS } C \text{ COS } B - \text{SEN } C \text{ COS } B \text{ COS } A$$

$$\text{SEN } B \text{ COS } A = \text{COS } A \text{ SEN } C - \text{SEN } A \text{ COS } C \text{ COS } B$$

$$\text{SEN } B \text{ COS } C = \text{COS } C \text{ SEN } A - \text{SEN } C \text{ COS } A \text{ COS } B$$

$$\text{SEN } C \text{ COS } A = \text{COS } A \text{ SEN } B - \text{SEN } A \text{ COS } B \text{ COS } C$$

$$\text{SEN } C \text{ COS } B = \text{COS } B \text{ SEN } A - \text{SEN } B \text{ COS } A \text{ COS } C$$

TRIANGULO ASTRONOMICO

$$- \text{COS } \varphi \text{ COS } AZ = \text{SEN } \delta \text{ SEN } z - \text{COS } \delta \text{ COS } z \text{ COS } P$$

$$\begin{aligned}
\cos \varphi \cos H &= \cos Z \cos \delta - \sin Z \sin \delta \cos P \\
\cos \delta \cos P &= \sin \varphi \sin Z + \cos Z \cos \varphi \cos AZ \\
\cos \delta \cos H &= \cos Z \cos \varphi + \sin Z \cos \varphi \cos AZ \\
\sin Z \cos P &= \sin \varphi \cos \delta - \cos \varphi \sin \delta \cos H \\
- \sin Z \cos AZ &= \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos H
\end{aligned}$$

LEY DE LOS SENOS

TRIANGULO ESFERICO

$$\frac{\text{SEN A}}{\text{SEN A}} = \frac{\text{SEN B}}{\text{SEN B}} = \frac{\text{SEN C}}{\text{SEN C}}$$

TRIANGULO ASTRONOMICO

$$\frac{\text{Cos } \varphi}{\text{SEN } \varphi} = \frac{\text{Cos } \delta}{\text{SEN } AZ} = \frac{\text{SEN } Z}{\text{SEN } A}$$

EN EL TRIÁNGULO ASTRONÓMICO CON 3 ELEMENTOS, PODEMOS CAL  
CULAR CUALQUIER OTRO ELEMENTO.

LOS PROBLEMAS BÁSICOS QUE SE RESUELVEN POR MEDIO DE ESTE  
TRIÁNGULO SON LOS SIGUIENTES:

- 1.- DETERMINACIÓN DE LA HORA
- 2.- DETERMINACIÓN DEL AZIMUT DE UNA LÍNEA
- 3.- DETERMINACIÓN DE LA LATITUD GECGRÁFICA
- 4.- DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA · U.N.A.M.**

**CURSOS ABIERTOS**

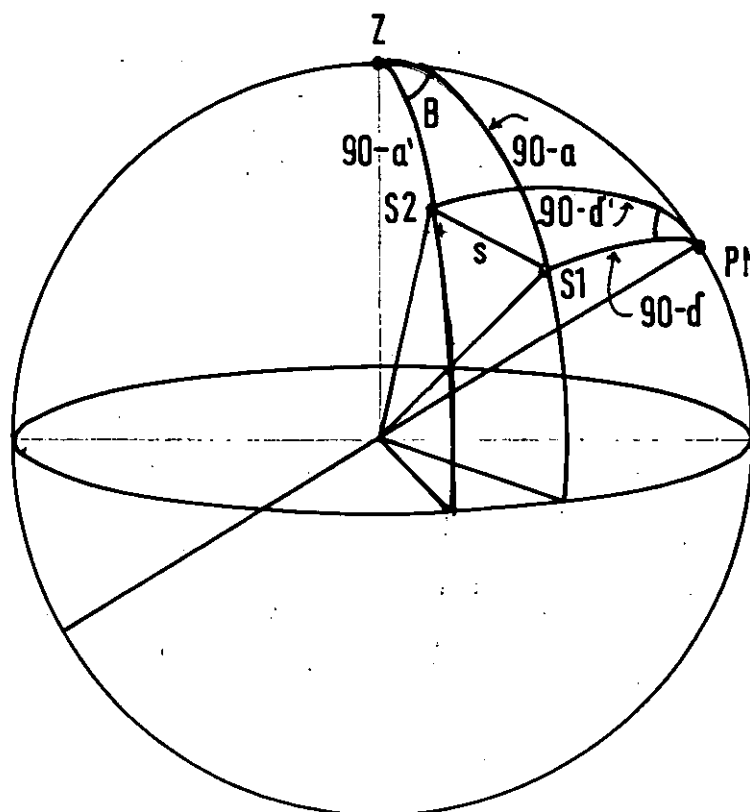
**NOTAS DEL CURSO**

**ASTRONOMIA DE POSICION  
USOS TOPOGRAFICOS**

**ING. JOSE OCTAVIO REYNA CORTES**

**MARZO DE 1991**

AZIMUT Y LATITUD POR EL SOL EN DOS POSICIONES.  
METODO DEL ING. RICARDO TOSCANO.



Del triángulo astronómico:

$$\operatorname{sen} \delta = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} A + \cos \varphi \cos A \cos U \quad \dots 1$$

$$\operatorname{sen} A = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h \quad \dots 2$$

$$\frac{\operatorname{sen} h}{\cos A} = -\frac{\operatorname{sen} U}{\cos \delta} = \frac{\operatorname{sen} Q}{\cos \varphi} \quad \dots 3$$

Diferenciando 1 con relación a U y A :

$$0 = \operatorname{sen} \varphi \cos A dA - \cos \varphi \cos A \operatorname{sen} U dU - \cos \varphi \cos U \operatorname{sen} A dA$$

$$\operatorname{sen} \varphi \cos A dA = \cos \varphi \operatorname{sen} A \cos U dA + \cos \varphi \cos A \operatorname{sen} U dU$$

Despejando de 1 :

$$\cos \varphi \cos U = (\operatorname{sen} \delta - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} A) \sec A$$

substituyendo:

$$\operatorname{sen} \varphi \cos A dA = (\operatorname{sen} \delta - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} A) \tan A dA + \cos \varphi \cos A \operatorname{sen} U dU$$

$$\operatorname{sen} \varphi = (\operatorname{sen} \delta - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} A) \frac{\operatorname{sen} A}{\cos^2 A} + \cos \varphi \operatorname{sen} U \frac{dU}{dA}$$

$$= \frac{\operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A}{\cos^2 A} - \frac{\operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen}^2 A}{\cos^2 A} + \cos \varphi \operatorname{sen} U \frac{dU}{dA}$$

$$\operatorname{sen} \varphi + \operatorname{sen} \varphi \tan^2 A = \frac{\operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A}{\cos^2 A} + \cos \varphi \operatorname{sen} U \frac{dU}{dA}$$

$$\operatorname{sen} \varphi \sec^2 A = \frac{\operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A}{\cos^2 A} + \cos \varphi \operatorname{sen} U \frac{dU}{dA}$$

$$\operatorname{sen} \varphi = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \cos \varphi \operatorname{sen} U \cos^2 A \frac{dU}{dA} \quad \dots 4$$

Diferenciando 2 con relación a A y h :

$$\cos A dA = 0 - \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} h dh$$

$$-\cos A dA = \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} h dh$$

De 3. —  $\operatorname{sen} h = -\operatorname{sen} U \cos A \sec \delta$

Substituyendo:

$$-\cos A dA = -\cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} U \cos A \sec \delta dh$$

$$dA = \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} U \sec \delta dh$$

$$dA = \cos \varphi \operatorname{sen} U dh \quad \dots 5$$

Substituyendo 5 en 4

$$\operatorname{sen} \varphi = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \frac{\cos \varphi \operatorname{sen} U \cos^2 A}{\cos \varphi \operatorname{sen} U} \frac{dU}{dh}$$

$$= \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \cos^2 A \frac{dU}{dh}$$

Haciendo  $dU = B$  y  $dh = I$

$$\underline{\underline{\sin \varphi = \sin \delta \sin A + \cos^2 A \frac{B}{I} \quad \dots 6}}$$

De las dos triángulos formados por las dos posiciones del sol:

$$\cos S = \sin a' \sin a + \cos a' \cos a \cos B \quad \dots 7$$

$$\cos S = \sin \delta' \sin \delta + \cos \delta' \cos \delta \cos I \quad \dots 8$$

como:  $\cos(a'-a) = \cos a' \cos a + \sin a' \sin a$

$$\cos(\delta'-\delta) = \cos \delta' \cos \delta + \sin \delta' \sin \delta$$

$$\text{Y : } 1 - \cos B = 2 \sin^2 \frac{B}{2}$$

$$1 - \cos I = 2 \sin^2 \frac{I}{2}$$

Igualando 7 y 8 :

$$\sin a' \sin a + \cos a' \cos a \cos B = \sin \delta' \sin \delta + \cos \delta' \cos \delta \cos I$$

$$\sin a' \sin a + \cos a' \cos a - \cos a' \cos a + \cos a' \cos a \cos B =$$

$$= \sin \delta' \sin \delta + \cos \delta' \cos \delta - \cos \delta' \cos \delta + \cos \delta' \cos \delta \cos I$$

$$\cos(a'-a) - (1 - \cos B) \cos a' \cos a = \cos(\delta'-\delta) - (1 - \cos I) \cos \delta' \cos \delta$$

$$\cos(a'-a) - 2 \sin^2 \frac{B}{2} \cos a' \cos a = \cos(\delta'-\delta) - 2 \sin^2 \frac{I}{2} \cos \delta' \cos \delta \dots 9$$

como:  $a \doteq a'$  ;  $\cos a' \cos a = \cos^2 A$

y  $\delta \doteq \delta'$  ;  $\delta = \delta'$

$$\cos(a'-a) - 2 \sin^2 \frac{B}{2} \cos^2 A = 1 - 2 \sin^2 \frac{I}{2} \cos^2 \delta \quad \dots 10$$

como:  $\cos(a'-a) = 1 - 2 \sin^2 \frac{a'-a}{2} \quad \dots 11$

Substituyendo en 10. -

134

$$1 - 2 \operatorname{sen}^2 \frac{a'-a}{2} - 2 \operatorname{sen}^2 \frac{B}{2} \cos^2 A = 1 - 2 \operatorname{sen}^2 \frac{I}{2} \cos^2 \delta$$

$$\operatorname{sen}^2 \frac{a'-a}{2} + \operatorname{sen}^2 \frac{B}{2} \cos^2 A = \operatorname{sen}^2 \frac{I}{2} \cos^2 \delta \quad \dots 12$$

Como los ángulos son pequeños, los ponemos en lugar de los senos. —

$$(a'-a)^2 + B^2 \cos^2 A = I^2 \cos^2 \delta \quad \dots 13$$

$$I = \frac{(a'-a)^2}{\cos^2 \delta} + \frac{B^2 \cos^2 A}{\cos^2 \delta}$$

$$= \sec \delta \sqrt{(a'-a)^2 + B^2 \cos^2 A} = (a'-a) \sec \delta \sqrt{1 + \frac{B^2 \cos^2 A}{(a'-a)^2}}$$

$$\text{Haciendo: } \frac{B \cos A}{a'-a} = \tan M \quad \dots 15 \quad 14$$

$$I = (a'-a) \sec \delta \sqrt{1 + \tan^2 M} = (a'-a) \sec \delta \sec M \quad \dots 16$$

De 15

$$B = \frac{(a'-a) \tan M}{\cos A}$$

Substituyendo en 6

$$\operatorname{sen} \varphi = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \cos^2 A \frac{(a'-a) \tan M}{(a'-a) \sec \delta \sec M}$$

$$\underline{\underline{\operatorname{sen} \varphi = \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \cos \delta \cos A \operatorname{sen} M \quad \dots 17}}$$

con la cual se calcula  $\varphi$  en función de la diferencia de alturas.

Para obtener la fórmula del Azimut, se substituye en 1 en lugar de  $\operatorname{sen} \varphi$  su valor dado por la 6 y por  $\cos \varphi$  el que se despeja de 3.

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} \delta &= \operatorname{sen} A (\operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A + \cos^2 A \frac{B}{I}) + \cos A \cos U \cos \delta \cos M \operatorname{csc} U \\ &= \operatorname{sen}^2 A \operatorname{sen} \delta + \cos^2 A \operatorname{sen} A \frac{B}{I} + \cos A \cos \delta \cos M \cot U \end{aligned}$$

de la cual:

$$\cot U = \frac{\operatorname{sen} \delta - \operatorname{sen}^2 A \operatorname{sen} \delta - \cos^2 A \operatorname{sen} A \frac{B}{I}}{\cos A \cos \delta \cos M}$$



$$\cot U = \frac{\operatorname{sen} \delta (1 - \operatorname{sen}^2 A) - \cos^2 A \operatorname{sen} A \cdot \frac{B}{I}}{\cos A \cos \delta \cos M}$$

$$= \frac{\operatorname{sen} \delta \cos^2 A - \cos^2 A \operatorname{sen} A \cdot \frac{B}{I}}{\cos A \cos \delta \cos M}$$

$$= \frac{\operatorname{sen} \delta \cos A - \cos A \operatorname{sen} A \cdot \frac{B}{I}}{\cos \delta \cos M}$$

$$= \cos A \tan \delta \sec M - \frac{B \cos A}{I \cos \delta} \operatorname{sen} A \sec M \quad \dots 18$$

de 16  $\cos M = \frac{a' - a}{I \cos \delta} \quad \dots 19$  ; de 15  $\tan M = \frac{B \cos A}{a' - a} \quad \dots 20$

Multiplicando 19 por 20 :  $\operatorname{sen} M = \frac{B \cos A}{I \cos \delta} \quad \dots 21$

Substituyendo 21 en 18 :

$$\cot U = \cos A \tan \delta \sec M - \operatorname{sen} M \operatorname{sen} A \sec M$$

$$\underline{\underline{\cot U = \cos A \tan \delta \sec M - \operatorname{sen} A \tan M}}$$

## PROGRAMA HP 11C AZIMUT Y LATITUD "SOL DOS POSICIONES"

GUIA DE OPERACION			PROGRAMA		
PASOS	TECLAS	PANTALLA	TECLAS	PANTALLA	
				PASOS	CODIGO
1.- Introducir el programa a la calculadora HP-11-C			f LBL E	1	422115
			g>H	2	432
			STO 0	3	440
			R↓	4	33
			g>H	5	432
			ENTER	6	36
			TAN	7	25
			1/x	8	15
			RCL 4	9	454
			X	10	20
			-	11	30
			STO 5	12	445
			R↓	13	33
			g>H	14	432
			STO 6	15	446
			R/S	16	31
			g>H	17	432
			STO +0	18	44400
		R↓	19	33	
		g>H	20	432	
		ENTER	21	36	
		TAN	22	25	
		1/x	23	15	
		RCL 4	24	454	
		X	25	20	
		-	26	30	
		STO 7	27	447	
		R↓	28	33	
		g>H	29	432	
		STO 8	30	448	
		RCL 0	31	450	
		2	32	2	
		÷	33	10	
		STO 0	34	440	
		RCL 1	35	451	
2.- Introducir valores constantes en las memorias.					
12 ó Hp (s/Anario)	STO 1				
δ (Declinación Anuario)	STO 2				
V.H. (Variación Horaria)	STO 3				
0.0161 (const. de Ref.)	STO 4				
3.- Para cada serie introducir los sigs. datos.					
3.1.- Ang. Horizontal (1)	ENTER				
Ang. Altura (1)	ENTER				
RELOJ (1)	f E	→ ANG. HOR. (1)			
3.2.- Ang. Horizontal (2)	ENTER				
Ang. Altura (2)	ENTER				
RELOJ (2)	R/S	→ Az. SOL			
	R/S	→ Az LINEA			
	R/S	→ LATITUD			
* Para cada serie repetir el paso 3					

PROGRAMA		
TECLAS	PANTALLA	
	PASOS	CODIGO
g→H	36	432
-	37	30
RCL 3	38	453
g→H	39	432
X	40	20
RCL 2	41	452
g→H	42	432
+	43	40
STO FI	44	4425
RCL 8	45	458
RCL 6	46	456
STO + 8	47	44408
-	48	30
RCL 7	49	457
RCL 5	50	455
STO - 7	51	44307
+	52	40
2	53	2
STO ÷ 8	54	44108
÷	55	10
STO 5	56	445
COS	57	24
X	58	20
RCL 7	59	457
g ABS	60	4316
÷	61	10
g TAN <sup>-1</sup>	62	4325
STO 6	63	446
COS	64	24
1/x	65	15
RCL 5	66	455
COS	67	24
RCL FI	68	4525
TAN	69	25
X	70	20

PROGRAMA		
TECLAS	PANTALLA	
	PASOS	CODIGO
X	71	20
RCL 6	72	456
TAN	73	25
RCL 5	74	455
SIN	75	23
X	76	20
-	77	30
$\frac{1}{x}$	78	15
$\int \text{TAN}^{-1}$	79	4325
1	80	1
2	81	2
RCL 0	82	450
$f \times y$	83	4220
GTO 1	84	221
R↓	85	33
R↓	86	33
$\int x > 0$	87	4320
GTO 2	88	222
1	89	1
8	90	8
0	91	0
+	92	40
GTO 2	93	222
FLBL 1	94	42211
R↓	95	33
R↓	96	33
CHS	97	16
$\int x > 0$	98	4320
GTO 3	99	223
3	100	3
6	101	6
0	102	0
+	103	40
GTO 2	104	222
FLBL 3	105	42213

PROGRAMA		
TECLAS	PANTALLA	
	PASOS	CODIGO
1	106	1
8	107	8
0	108	0
+	109	40
f LBL 2	110	42212
f HMS	111	422
R/S	112	31
g>H	113	432
3	114	3
6	115	6
0	116	0
RCL 8	117	458
-	118	30
+	119	40
f HMS	120	422
R/S	121	31
RCL 5	122	455
SIN	123	23
RCL f I	124	4525
SIN	125	23
X	126	20
RCL 5	127	455
COS	128	24
RCL f I	129	4525
COS	130	24
RCL 6	131	456
SIN	132	23
X	133	20
X	134	20
+	135	40
g SIN <sup>-1</sup>	136	4323
f HMS	137	422
g RTN	138	4332

PROGRAMA HP-41CV AZIMUT Y LATITUD  
"SOL DOS POSICIONES"

ORC

PASO	TECLA	PASO	TECLA	PASO	TECLA
1	LBL <sup>T</sup> SOL DOS	31	<sup>T</sup> DATOS 1=?	61	—
2	<sup>T</sup> SOL DOS	32	AVIEW	62	STO 07
3	AVIEW	33	PSE	63	RDN
4	PSE	34	<sup>T</sup> ∠H, ∠A, HO=?	64	HR
5	PSE	35	PROMPT	65	STO 08
6	<sup>T</sup> H.P. 12=?	36	HR	66	RCL 00
7	PROMPT	37	STO 00	67	2
8	STO 01	38	RDN	68	/
9	<sup>T</sup> DECLIN=?	39	HR	69	RCL 01
10	PROMPT	40	ENTER ↑	70	HR
11	STO 02	41	TAN	71	—
12	<sup>T</sup> V.H=?	42	1/x	72	RCL 03
13	PROMPT	43	RCL 04	73	HR
14	STO 03	44	*	74	*
15	0.0161	45	—	75	RCL 02
16	STO 04	46	STO 05	76	HR
17	<sup>T</sup> AM PM	47	RDN	77	+
18	AVIEW	48	HR	78	STO 09
19	PROMPT	49	STO 06	79	RCL 08
20	LBL A	50	<sup>T</sup> DATOS 2=?	80	RCL 06
21	XEQ <sup>T</sup> C*	51	PROMPT	81	ST+ 08
22	XEQ <sup>T</sup> DA	52	HR	82	—
23	XEQ <sup>T</sup> D**	53	ST+ 00	83	ABS
24	GTO A	54	RDN	84	RCL 07
25	LBL B	55	HR	85	RCL 05
26	XEQ <sup>T</sup> C*	56	ENTER ↑	86	ST-07
27	XEQ <sup>T</sup> DB	57	TAN	87	+
28	XEQ <sup>T</sup> D**	58	1/x	88	2
29	GTO B	59	RCL 04	89	/
30	LBL <sup>T</sup> C*	60	*	90	STO 05

PASO	TECLA	PASO	TECLA	PASO	TECLA
91	COS	121	1/x	151	*
92	*	122	ATAN	152	RCL 05
93	RCL 07	123	-180	153	COS
94	/	124	MOD	154	RCL 09
95	ATAN	125	360	155	COS
96	STO 06	126	MOD	156	RCL 06
97	COS	127	RTN	157	SIN
98	1/x	128	LBL T D**	158	*
99	RCL 05	129	HMS	159	*
100	COS	130	FIX 4	160	ABS
101	RCL 09	131	T SOL =	161	+
102	TAN	132	ARCL x	162	ASIN
103	*	133	AVIEW	163	HMS
104	*	134	STOP	164	T LAT =
105	RCL 06	135	HR	165	ARCL x
106	TAN	136	RCL 08	166	AVIEW
107	RCL 05	137	2	167	STOP
108	SIN	138	/	168	RTN
109	*	139	-	169	END
110	RTN	140	360		
111	LBL T DA	141	MOD		
112	-	142	HMS		
113	1/x	143	T LADO =		
114	ATAN	144	ARCL x		
115	180	145	AVIEW		
116	MOD	146	STOP		
117	RTN	147	RCL 05		
118	LBL T DB	148	SIN		
119	+	149	RCL 09		
120	CHS	150	SIN		

GUIA DE OPERACION

PASO	INSTRUCCION	TECLA	PANTALLA
1	INTRODUCIR EL PROGRAMA A LA CALCULADORA HP 41 CV		
2	LLAMAR EL PROGRAMA	XEQ <sup>T</sup> SOLDOS	<sup>T</sup> HP 12 = ?
3	INTRODUCIR DATOS CONSTANTES QUE PIDE		
3.1	HORA DE PASO o' 12 HS SEGUN ANUARIO	R/S	<sup>T</sup> DECLIN = ?
3.2	DECLINACION - ANUARIO	R/S	<sup>T</sup> V.H. = ?
3.3	VARIACION HORARIA EN DECLINACION - ANUARIO	R/S	<sup>T</sup> AM PM
3.4	SI LA OBS. ES EN LA MAÑANA TECLEAR <b>A</b>	<b>A</b>	
3.5	SI LA OBS ES EN LA TARDE TECLEAR <b>B</b>	<b>B</b>	
	DATOS SERIE 1		<sup>T</sup> DATOS 1 = ?
3.6	∠ H = ANGULO HORIZONTAL	ENTER	<sup>T</sup> ∠ H, ∠ A, HO = ?
	∠ A = ANGULO DE ALTURA	ENTER	
	HO = HORA DE OBS.	R/S	
	DATOS SERIE 2		<sup>T</sup> DATOS 2 = ?
3.7	∠ H	ENTER	
	∠ A	ENTER	
	HO	R/S	
3.8	SE OBTIENE AZ DEL SOL		<sup>T</sup> SOL = _____



PASO	INSTRUCCION	TECLA	PANTALLA
3.9		R/S	
	SE OBTIENE AZIMUT DE LA LINEA		LADO = _____
4.1		R/S	
	SE OBTIENE LATITUD		LAT = _____
*	PARA NUEVOS DATOS EL MISMO DIA REPETIR PASOS 3.4 O 3.5 SEGUN SEA AM O PM		
**	CUANDO HAY EQUIVOCACION EN LA INTRODUCCION DE DATOS DE SERIES SE INICIA CON 3.4 O 3.5		
***	SI ES EN LAS CONSTANTES SE INICIA EN PASO 2		

## PROGRAMA HP 41CV AZIMUT

## "DISTANCIAS ZENITALES DE SOL"

ORC

PASO	TECLA	PASO	TECLA	PASO	TECLA
1	LBL <sup>T</sup> AZS	31	STO 05	61	RCL 04
2	LBL A	32	RDN	62	HR
3	<sup>T</sup> Az * ELSOL	33	HR	63	SIN
4	AVIEW	34	RCL 01	64	*
5	PSE	35	HR	65	/
6	<sup>T</sup> LATITUD=?	36	-	66	ACOS
7	PROMPT	37	HMS	67	RCL 06
8	STO 00	38	STO 06	68	X < 0?
9	<sup>T</sup> H.P. 12=?	39	HR	69	GTO <sup>T</sup> AM
10	PROMPT	40	RCL 03	70	CL X
11	STO 01	41	HR	71	360
12	<sup>T</sup> DECLIN=?	42	*	72	X > Y
13	PROMPT	43	RCL 02	73	-
14	STO 02	44	HR	74	GTO <sup>T</sup> PM
15	<sup>T</sup> V.HOR=?	45	+	75	LBL <sup>T</sup> AM
16	PROMPT	46	HMS	76	RDN
17	STO 03	47	STO 07	77	LBL <sup>T</sup> PM
18	LBL B	48	HR	78	HMS
19	<sup>T</sup> T, <del>Z</del> H, <del>Z</del> =?	49	SIN	79	FIX 4
20	PROMPT	50	RCL 00	80	<sup>T</sup> SOL =
21	HR	51	HR	81	ARCL X
22	STO 04	52	SIN	82	AVIEW
23	TAN	53	RCL 04	83	STOP
24	0.0161	54	HR	84	HR
25	*	55	COS	85	RCL 05
26	RCL 04	56	*	86	HR
27	+	57	-	87	-
28	HMS	58	RCL 00	88	360
29	STO 04	59	HR	89	MOD
30	RDN	60	COS	90	HMS



## GUIA DE OPERACION

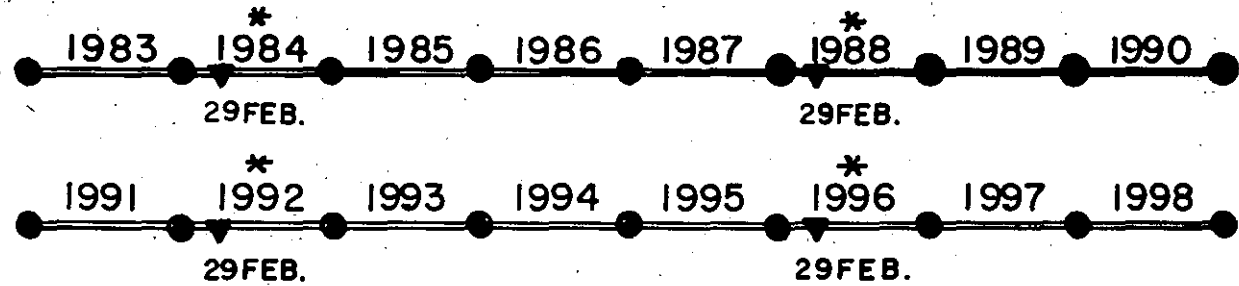
PASO	INSTRUCCION	TECLA	PANTALLA
1	INTRODUCIR EL PROGRAMA A LA CALCULADORA HP41C		
2	LLAMAR EL PROGRAMA	XEQ <sup>T</sup> AZS	AZ * EL SOL LATITUD = ?
3	INTRODUCIR LATITUD	R/S	H.P. 12 = ?
4	HORA DE PASO ó 12 SEGUN ANUARIO	R/S	DECLIN = ?
5	DECLINACION-ANUARIO	R/S	V. HOR. = ?
6	VARIACION HORARIA EN DECLINACION-ANUARIO	R/S	T, $\neq$ H, $\neq$ Z = ?
7	INTRODUCIR HORA DE OBS ANGULO HORIZONTAL DIST. ZENITAL	ENTER ENTER R/S	
8	PRESENTA AZIMUT SOL		SOL = _____
9		R/S	1
10	PRESENTA AZIMUT LADO		AZ = _____
*	PARA NUEVAS SERIES	<b>B</b>	T, $\neq$ H, $\neq$ Z = 2
**	REPETIR PASO 7		

# DECLINACION DEL SOL

CON ANUARIO ANTERIOR AL DE LA FECHA DE LA OBSERVACION

- 1.- CALCULAR EL INTERVALO I EN FORMA NORMAL.  $I = H_o - H_p$
- 2.- CALCULAR LA CORRECCION AL INTEVALO CONSIDERANDO LO SIGUIENTE:
  - 2.1.-  $A = 5.813 \text{ Hs.} \times n$        $n = \text{NUMERO DE ANOS DE DIFERENCIA}$
  - 2.2.-  $B = 24 \text{ Hs} \times N$        $N = \text{NUMERO DE 29s DE FEBRERO QUE EXISTAN ENTRE LA FECHA DEL ANUARIO Y LA OBSERVACION.}$
- 3.- CORREGIR EL INTERVALO  $I_c = I - A + B$  Y CONTINUAR EL CALCULO EN FORMA NORMAL.

GRAFICA DE ANOS BISIESTOS \*



## EJEMPLOS CON ANUARIO 1983

	FECHA 10 FEBRERO 1988	10 MARZO 1988	
$H_o$	9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	HORA DE OBSERVACION
$H_p$	12 00 00	12 00 00	HORA DE LA DECL. ANUARIO.
I	- 2 30 00	+ 4 30 00	INTERVALO NORMAL
A	-29 03 54	-29 03 54	CORR. POR DIF. DE ANOS
B	+24 00 00	+48 00 00	CORR. POR BISIESTOS
$I_c$	- 7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>	+23 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup>	INTERVALO CORREGIDO
VH	+ 0° 00' 48".4	+ 0° 00' 58".7	VARIACION HORARIA
CVH	- 0 06 06	+ 0 22 56	CORR. A LA DECLINACION
$\delta_p$	-14 21 39	- 4 07 17	DECLINACION ANUARIO
$\delta_o$	-14° 27' 57"	- 3° 44' 21"	DECL. A LA HORA DE OBS.
n	5	5	
N	1 (29FEB.84)	2 (29FEB84-88)	

## AZIMUT Y LATITUD POR LA POLAR

Lugar..				
Fecha..		Obs..		
Aparato..		Anotó..		
Est..	P.V..	RMO..		
Latitud..		Longitud..		
SP	P.V.	RELOJ	$\theta$	$\phi$
	SEÑAL			
1	POLAR			
2	POLAR			
3	POLAR			
1	POLAR			
2	POLAR			
3	POLAR			
	SEÑAL			
PROMEDIOS POR SERIE				
1				
2				
3				
CROQUIS				
PRESION..		TEMPERATURA..		

## - C A L C U L O -

ELEMENTO	1	2	3
Z'			
+ r			
Z			
Tc			
+ To			
- $\Delta\lambda$			
+ $\Delta Ts$			
Ts			
- $\alpha$			
H <sup>h</sup>			
H <sup>o</sup>			
$\delta$			
tan $\delta$			
/ cos H			
tan D			
D			
cos Z			
x sen D			
/ sen $\delta$			
cos( $\psi$ -D)			
( $\psi$ -D)			
$\psi$			
sen H			
x cos $\delta$			
/ sen Z			
sen Az			
Az POLAR			
+360- $\theta$			
Az LADO			
Az Prom		RUMBO	
LATITUD		Calculo'	

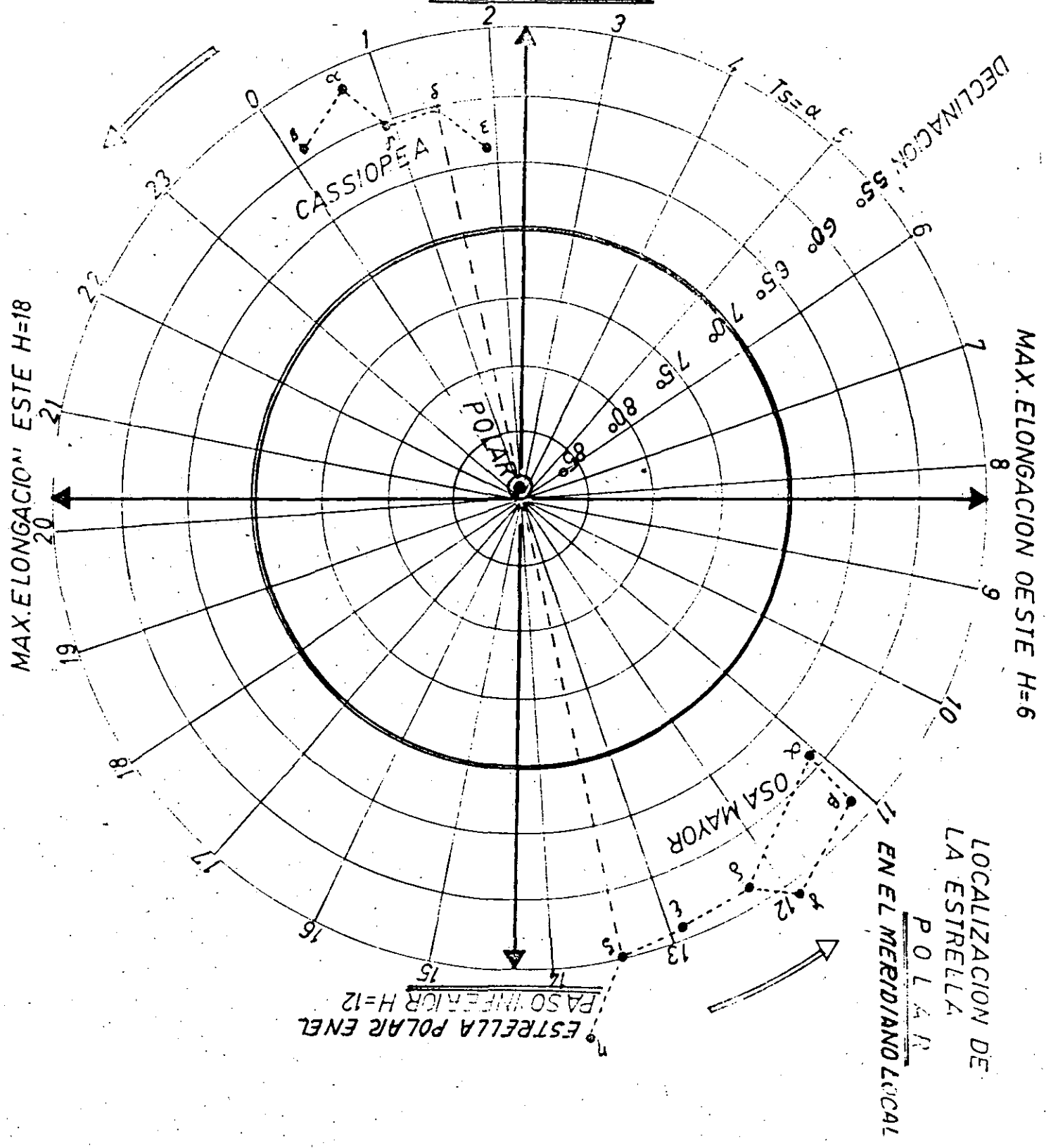
orc  
1985

144-B

147-2

INSTRUCCION.- Colóque el diagrama, según se vean las constelaciones de la OSA MAYOR o CASSIOPEA. Así podrá obtener la posición de la POLAR.

ESTRELLA POLAR EN EL PASO SUPERIOR H=0







DIRECTORIO DE ALUMNOS

DEL CURSO: ASTRONOMIA DE POSICION "USOS TOPOGRAFICOS"

DEL 23 DE MARZO AL 3 DE ABRIL DE 1992

1. ALCANTAR CABRERA ANDRES  
ENCARGADO DE BRIGADA  
PETROLEOS MEXICANOS  
RUIZ CORTINES No. 332,  
CENTRO,  
VILLAHERMOSA, TAB.  
1er. CDA. DE MARTIRES DE CANANEA # 5,  
INDECO,  
TABASCO,  
C.P. 86010  
TEL: 4-15-99 EXT. 2-10-48 Ofna.
2. FLORES TAPIA RUBEN  
PROFESOR INVESTIGADOR DE TIEMPO  
COMPLETO.  
UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO.  
KM. 38.5 CARR. MEX-TEXCOCO  
MUN. TEXCOCO,  
MELLADO # 57,  
COL. VALLEGOMEZ  
CUAUHTENOC,  
TEL: 422-00' EXT. 5332 Ofna.  
780-78-86 Hogar.
3. GALINDO MEDRANO ANTONIO  
ENCARGADO DE BRIGADA  
PETROLEOS MEXICANOS  
RUIZ CORTINES No. 332,  
CENTRO,  
(COL. CASA BLANCA)  
SOCIALISTA # 123-5  
ATASTA DE SERRA,  
VILLAHERMOSA, TAB.  
TEL: 4-15-99 EXT. 2-10-48 Ofna.
4. GARCIA NUÑO HELIODORO  
JEFE SECCION DE TOPOGRAFIA  
S.C.T.  
PROVIDENCIA 807,  
DEL VALLE,  
B. JUAREZ,  
C.P. 03100  
AV. ALFONSO # 39-5  
ALAMOS, B. JUAREZ,  
C.P. 03400  
TEL: 523-46-51 Ofna.
5. GALLEGOS CORTES RUBEN  
PROFESOR  
UNIV. AUT. CHAPINGO  
KM. 38.5 CARRET. MEXICO-VER.  
CHAPINGO, MEX.  
GARDENIAS 32 MANZ. 27,  
FRACC. JOYAS DE STA. ANA,  
TEXCOCO,  
TEL: 4-22-00 EXT. 5347 Ofna.
6. GARCIA DE LEON HERIBERTO  
JEFE DE BRIGADA DE TOPOGRAFIA  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
CARRET. A TEPOZTLAN, KM.  
CHAMILPA,  
CALLE MORELOS No. 15,  
ANGEL BOCA LEYVA,  
TEL: 17-18-43 Hogar.
7. MENDEZ ROMAN ISAURO  
ENCARGADO DE BRIGADA.  
PETROLEOS MEXICANOS.  
BOULEVARD ADOLFO RUIZ CORTINEZ No. 332,  
CASA BLANCA,  
CENTRO,  
FELIX ACUÑA,  
DEL VALLE,  
FRACCIO. "MARCOS BUENDIA P."  
1° DE MAYO,  
CENTRO,  
C.P. 86190  
TEL: 4-15-99 EXT. 2-10-48 Ofna.  
3-50-44 Hogar.
8. OLIVARES BLANCO JOSÉ ADALBERTO  
ENCARGADO DE BRIGADA.  
PETROLEOS MEXICANOS,  
RUIZ CORTINEZ No. 332,  
CASA BLANCA,  
CENTRO,  
MAYOR MIGUEL NOVEROLA No. 222,  
INFONAVIT H. CARDENAS, TABASCO,  
TEL: 4-15-99 EXT. 2-10-48 Ofna.
9. OLMOS CERVANTES FCO. JAVIER.  
MAESTRO,  
ESC. DE ING. TOP. E HIDR. UNIVERSIDAD DE GTO.,  
AV. JUAREZ No. 77-1er. PISO,  
GUANAJUATO, GTO.  
C.P. 36000,  
CALLEJON "LA VENADITA" No. 10,-  
C.P. 36000  
TEL: 2-18-13 Ofna.  
2-81-12 Hogar.
10. RODRIGUEZ GIL CESAR,  
JEFE DE TOPOGRAFIA, DEPTO. DE  
CONSTRUCCION Y MONTAJE,  
COOPERATIVA MANUFACTURERA DE  
CEMENTO PORTLAND LA CRUZ AZUL, S.C.L.  
DOMICILIO CONOCIDO CD. COOPERATIVA  
CRUZ AZUL, ESTADO DE HIDALGO.  
CALLE ZIMAPAN S/N, CRUZ AZUL EDO. DE HIDALGO.  
TEL: 2-01-14-EXT. 243 -Ofna. 5-02-61 Hogar.