

Procedimientos Simplificados de Proyecciones Solares

orientación al diseño



gabriel balderas romero

DIAU°ICUAP

universidad autónoma de puebla

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

LIC. ALFONSO VELEZ PUEGO
RECTOR

DR. JOSÉ DE JESÚS PÉREZ ROMERO
DIRECTOR DEL I.C.U.A.P.

DRA. EN URB. ELSA PATINO TOVAR
COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE
INVESTIGACIONES ARQUITECTÓNICAS
Y URBANÍSTICAS DE LA U.A.P.

CUIDADO DE LA EDICIÓN:
GABRIEL BALDERAS ROMERO

Primera Edición, 1986. Impreso en EON editores, S.A. de C.V.

Departamento de Investigaciones Arquitectónicas y Urbanísticas del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla, Maximino Avila Camacho No. 208, C. P. 72000, Puebla, Pue.

1000 ejemplares. Prohibida su reproducción total o parcial; Registro en trámite.

PRESENTACIÓN	02
INTRODUCCIÓN	03
CONCEPTOS GENERALES	06
MODELO GEOMÉTRICO	08
MODELO MATEMÁTICO .	12
FORMULAS GENERALES	22
AJUSTE.	
- hora civil - hora solar	23
- tiempo solar medio - tiempo real	24
ROTACIÓN DE EJES	
- plano horizontal	26
- plano vertical	28
ALTURA Y AZIMUT.	30
APENDICE	
- cuadro 1 (Ec. del tiempo)	31
- cuadro 2 (valores tn).	32
- cuadro 3 (conversiones)	33
- Diagrama de flujo	34
- Formas para cálculo	35
- Ejemplo desarrollado	36
- Bibliografía	39
DISCO DE PROYECCIONES SOLARES (instructivo)	40

ESTE TRABAJO CONSTITUYE SOLO UN AVANCE DE UNA INVESTIGACIÓN MAS AMPLIA QUE SOBRE TÉCNICAS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO SE REALIZA DENTRO DEL ÁREA DE DISEÑO Y TECNOLOGÍA DEL D.I.A.U. - I.C.U.A.P. ; LA ORIENTACIÓN GENERAL DE ESTA ÁREA SE INCLINA AL DESARROLLO DE MEDIOS APLICABLES AL CAMPO DE LA ARQUITECTURA Y LA CONSTRUCCIÓN, TENIENDO EN CUENTA TANTO LA PRÁCTICA PROFESIONAL COMO LA ENSEÑANZA DE ESTA DISCIPLINA.

INTERESA EN FORMA ESPECIAL AL D.I.A.U. FORMULAR ALTERNATIVAS PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DE APOYO TÉCNICO Y CIENTÍFICO QUE EN EL PANORAMA DE LA PRODUCCIÓN ARQUITECTÓNICA ES CASI NULO, CON ESTE OBJETO SE ELABORÓ ESTE TRABAJO, QUE CONSISTE EN UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS APARENTES DEL SOL PARA CALCULAR LA DIRECCIÓN DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN LOS EDIFICIOS. LA CALIDAD CON QUE SE HA DESARROLLADO ESTA INVESTIGACIÓN NOS PERMITE ASEGURAR QUE ESTAMOS FRENTE A UN VALIOSO APORTÉ, QUE ADEMÁS DE SER NOVEDOSO Y PIONERO EN SU ÁREA RESULTA UN INSTRUMENTO PRÁCTICO; NO EN VANO HA RECIBIDO UN RECONOCIMIENTO NACIONAL POR EL TERCER LUGAR QUE OBTUVO EN SU RAMO EN EL CONCURSO DE PROTOTIPOS Y MATERIAL AUDIOVISUAL ORGANIZADO POR LA SEP EN NOVIEMBRE DE 1985.

FINALMENTE, QUISIERA APUNTAR QUE LA PUBLICACIÓN DE ESTE DOCUMENTO NOS HA PARECIDO LA MEJOR FORMA DE PROTESTAR POR EL BLOQUEO QUE SE HA IMPUESTO A ESTE TIPO DE TRABAJOS PARA SU ARTICULACIÓN CON EL PROCESO DE ENSEÑANZA EN LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE NUESTRA UNIVERSIDAD, DEBIDO A LA POLÍTICA IMPLEMENTADA POR LA DIRECCIÓN ACTUAL.

Marzo de 1986

ELSA PATINO TOVAR
Coordinadora del DIAU-ICUAP

EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO ES PRESENTAR DOS PROCEDIMIENTOS PARA CALCULAR LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES; SUS ÁNGULOS DE INCIDENCIA EN CUALQUIER HORA Y DÍA DEL AÑO.

ESTOS PROCEDIMIENTOS SON ÚTILES COMO AUXILIARES EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS; PARTICULARMENTE, CUANDO SE ANALIZAN LOS EFECTOS QUE PRODUCE EL SOL EN LAS CONDICIONES TÉRMICAS Y LUMINOSAS DE LOS EDIFICIOS. TAMBIÉN CUANDO SE CONSIDERA EL TRATAMIENTO FORMAL, AYUDAN A REPRESENTAR ANTICIPADAMENTE LA VARIACIÓN DE SOMBRAS PROVOCADAS PARA DESTACAR ALGUNOS ELEMENTOS EN LAS FACHADAS.

EL PROCEDIMIENTO GRÁFICO QUE, TRADICIONALMENTE, SE HA UTILIZADO PARA CALCULAR LAS POSICIONES DEL SOL Y LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA DE SUS RAYOS EN UN PUNTO DETERMINADO, SE CONSERVA SIN MODIFICACIONES EN NUESTRO PAÍS DESDE HACE UNOS 50 AÑOS; Y LA DESVENTAJA QUE PRESENTA NO ES RELATIVA A SU ANTIGÜEDAD, YA QUE LOS PRINCIPIOS EN QUE SE APOYA PERMANECEN VIGENTES. EL PROBLEMA OBSERVADO SE DERIVA PRINCIPALMENTE DEL TIEMPO EMPLEADO PARA SU EJECUCIÓN Y LA LIMITACIÓN QUE PRESENTA A LAS VARIACIONES DE LATITUD. (LOS DIAGRAMAS CONTIENEN SOLAMENTE LA INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS LUGARES UBICADOS EN UNA MISMA LATITUD).

EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO, ESTA SITUACIÓN OBLIGA AL DISEÑADOR, A DESVIAR TEMPORALMENTE SU ATENCIÓN PARA ELABORAR LOS DIAGRAMAS. INTERRUMPIENDO, DE ESTA MANERA, EL PROCESO DE GENERACIÓN Y DESARROLLO DE ALTERNATIVAS PARA ENFRASCARSE EN UN ASUNTO TEDIOSO. LO QUE SUCEDE FRECUENTEMENTE, ES QUE SE PREFIERE PASAR POR ALTO ESTA PARTE DEL PROYECTO, AFECTANDO CON ELLO LA CALIDAD DE LA SOLUCIÓN.

LEAMIENTO EN CUALQUIER SITIO LOCALIZADO DENTRO DEL TERRITORIO MENCIONADO.

EN LA PRIMERA PARTE DEL TRABAJO SE DESARROLLA EL ANÁLISIS, QUE SIRVE COMO BASE PARA LA DEDUCCIÓN DE FÓRMULAS. PARA LO CUAL SE PROPONE, COMO REFERENCIA, UN MODELO GEOMÉTRICO DEL CAMPO VISUAL EN EL QUE SE FACILITA LA REPRESENTACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS VIRTUALES DEL SOL Y LA DEFINICIÓN DE SU COMPORTAMIENTO PARA INTERPRETARLO MEDIANTE EXPRESIONES MATEMÁTICAS.

EN LA SEGUNDA PARTE SE ABORDAN LOS ASPECTOS OPERATIVOS RELACIONADOS A LA APLICACIÓN DEL PRIMER PROCEDIMIENTO:

- A) CONVERSIÓN DE LOS DATOS DIRECTOS A DATOS DE CÁLCULO (HORA Y FECHA)
- B) ROTACIONES PARA OBTENER PROYECCIONES SOBRE PLANOS DESVIADOS.
- C) OBTENCIÓN DE ALTURA Y AZIMUT.

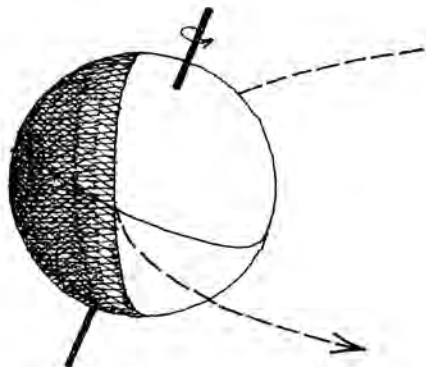
EN EL APÉNDICE SE INCLUYE EL DIAGRAMA DE FLUJO, CUADROS AUXILIARES PARA LA CONVERSIÓN DE DATOS, EJEMPLOS DE APLICACIÓN Y UN PROGRAMA CODIFICADO EN LENGUAJE "BASIC" PARA EL ORDENADOR APPLE II PLUS.

SE ANEXA COMO PARTE DEL TRABAJO, EL DISCO DE PROYECCIONES SOLARES Y LAS INSTRUCCIONES PARA SU MANEJO.

EXISTEN DOS FORMAS DE CONSIDERAR LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES; EN OTRAS PALABRAS, SE TRATA DE UN FENÓMENO QUE SE INTERPRETA DE MANERA DIFERENTE DE ACUERDO AL SISTEMA DE REFERENCIA QUE SE ADOPTA PARA EXPLICARLO. POR LO QUE A ESTE TRABAJO SE REFIERE, INTERESA DEFINIR EL COMPORTAMIENTO DEL FENÓMENO TAL Y COMO LO PERCIBIMOS, ESTO ES POSIBLE DEDUCIRLO DE LA SIMPLE OBSERVACIÓN; SIN EMBARGO, PARA CONSEGUIR MAYOR CLARIDAD, CONVIENE RECURRIR AL PLANTEAMIENTO GENERAL DE LAS CONDICIONES QUE PRODUCEN EL EFECTO DE MOVIMIENTO EN EL SOL.

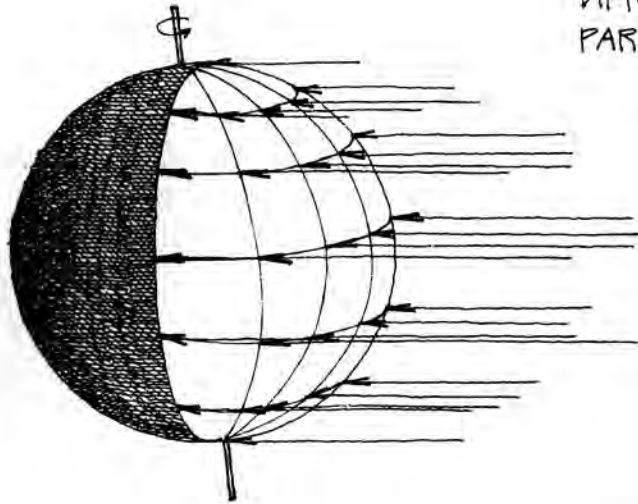
ACTUALMENTE SE ACEPTA COMO UN HECHO PROBADO, LA IDEA DE QUE LA TIERRA FORMA PARTE DE UN CONJUNTO DE PLANETAS QUE GIRAN ALREDEDOR DEL SOL. AL RESPECTO, EXISTE GRAN CANTIDAD DE INFORMACIÓN EN DIFERENTES NIVELES DE PROFUNDIDAD, SOBRA DECIR, TAL VEZ, QUE NO SE ABORDARÁ SINO LA EXPLICACIÓN MÁS SUPERFICIAL CON CIFRAS APROXIMADAS; ESTO ES, SOLAMENTE LO NECESARIO PARA CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO POR EL QUE SE MODIFICAN LAS CONDICIONES DE ASOLEAMIENTO EN LA SUPERFICIE TERRESTRE.

DE ACUERDO A ESTA EXPLICACIÓN, PODEMOS DESCRIBIR A LA TIERRA COMO UN CUERPO ESFÉRICO QUE SE DESPLAZA EN EL ESPACIO SIGUIENDO UNA TRAYECTORIA ELÍPTICA ALREDEDOR DEL SOL Y GIRANDO SOBRE SU PROPIO EJE. LO QUE

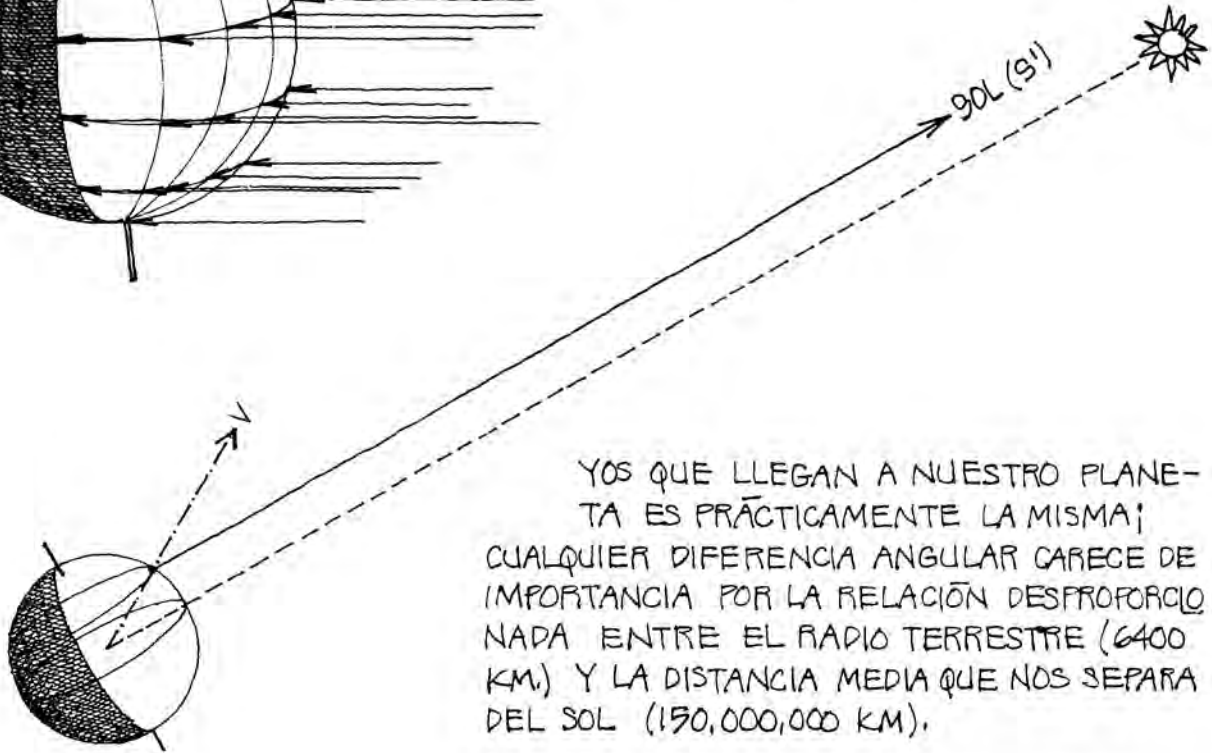


PRODUCE UNA VARIACIÓN PERMANENTE DE LAS ZONAS ORIENTADAS AL SOL; AUNANDO A ÉSTO, QUE EL EJE DE ROTACIÓN NO ES PERPENDICULAR AL PLANO DE LA TRAYECTORIA SINO QUE SE MANTIENE CON UNA INCLINACIÓN FIJA DE $23^{\circ}27'$. LA PARTE ILUMINADA, NO SÓLO CAMBIA EN EL CURSO DEL DÍA, QUE ES EL TIEMPO EN QUE SE COMPLETA UNA REVOLUCIÓN SOBRE EL EJE PROPIO; TAMBIÉN EN EL CURSO DEL AÑO SE PRESENTA UNA MO

DIFICILIDAD EN LA VARIACIÓN DE ESTA PARTE.



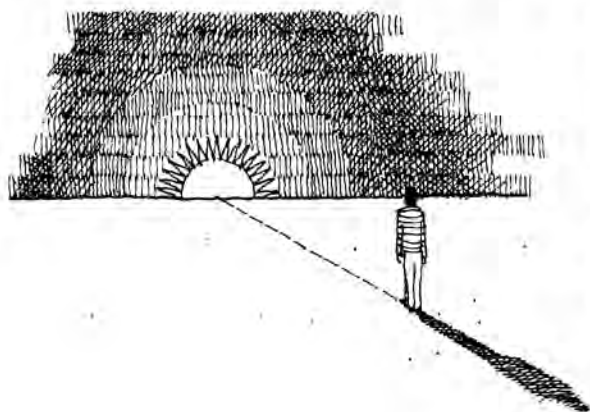
CONSIDERANDO ESTA INTERPRETACIÓN GENERAL, LA DIRECCIÓN DE LOS RA-



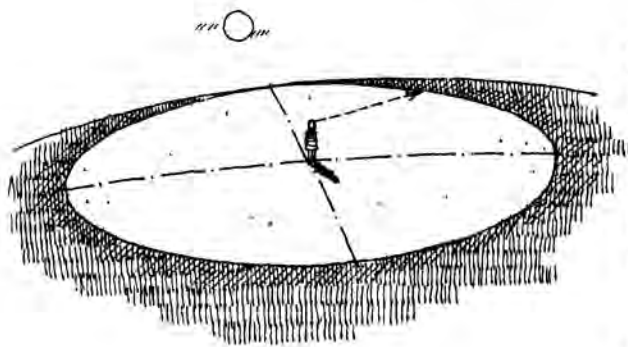
YOS QUE LLEGAN A NUESTRO PLANETA ES PRÁCTICAMENTE LA MISMA; CUALQUIER DIFERENCIA ANGULAR CARECE DE IMPORTANCIA POR LA RELACIÓN DESPROPORCIONADA ENTRE EL RADIO TERRESTRE (6400 KM.) Y LA DISTANCIA MEDIA QUE NOS SEPARA DEL SOL (150,000,000 KM).

LAS VARIACIONES DIRECCIONALES OBSERVADAS SE EXPLICAN POR LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DE LA TIERRA EN RELACIÓN AL SOL.

LA DESCRIPCIÓN ANTERIOR, NOS OBLIGA A REALIZAR CONSTRUCCIONES IMAGINARIAS PARA REPRESENTAR UNA SITUACIÓN QUE REBASA NUESTRA CAPACIDAD SENSORIAL EN EL ESQUEMA GENERAL, EL SOL FUNCIONA COMO REFERENCIA AL ASIGNARSE UNA POSICIÓN INVARIABLE; PERO EL FENÓMENO TAL COMO SE OBSERVA DESDE LA SUPERFICIE TERRESTRE, INVIERTE TAL SITUACIÓN DEBIDO A QUE NO PERCIBIMOS EL MOVIMIENTO DEL PLANETA YA QUE LOS ELEMENTOS INMEDIATOS DEL MEDIO (QUE CONFORMAN NUESTRO SISTEMA DE REFERENCIA), SE NOS PRESENTAN COMO ELEMENTOS FIJOS. ESTO OCURRE DENTRO DE UN CAMPO LIMITADO POR EL ALCANCE VISUAL.



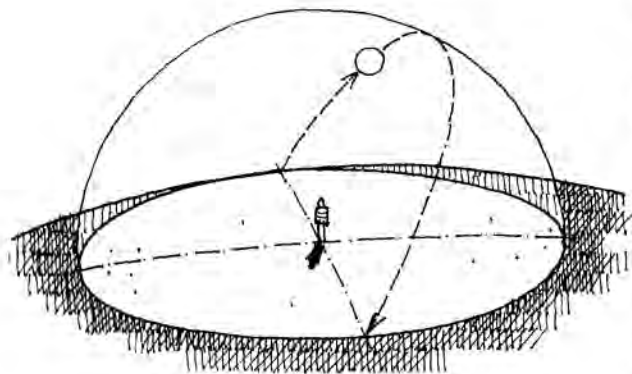
PARA TENER UNA REPRESENTACIÓN DEL CAMPO VISUAL, ES NECESARIO SUPONER CONDICIONES IDEALES DE REGULARIDAD EN LA SUPERFICIE TERRESTRE. ASÍ, ANULANDO MEDIANTE UNA ACCIÓN DEL PENSAMIENTO, LOS MÚLTIPLES ELEMENTOS DEL MEDIO FÍSICO Y NATURAL QUE NOS RODEAN, ESTE CAMPO TENDRÍA EN PRIMERA INSTANCIA LA APARIENCIA DE UNA SUPERFICIE PLANA, YA QUE EN LA PORCIÓN DOMINADA ES IMPOSIBLE PERCATORSE DE LA REDONDEZ DEL PLANETA.



EL LÍMITE DE ESTA SUPERFICIE ESTÁ DEFINIDO POR EL HORIZONTE EN CUALQUIER DIRECCIÓN QUE SE MIRE, Y COMO SE HAN SUPUESTO CONDICIONES IDEALES DE REGULARIDAD, EL HORIZONTE SERÁ EQUIDISTANTE EN CUALQUIER PUNTO AL OBSERVADOR.

CONSIDERANDO LO ANTERIOR, LA BASE DE NUESTRO CAMPO VISUAL ADQUIERE UNA FOR

MA Ò DELIMITACIÓN CIRCULAR.

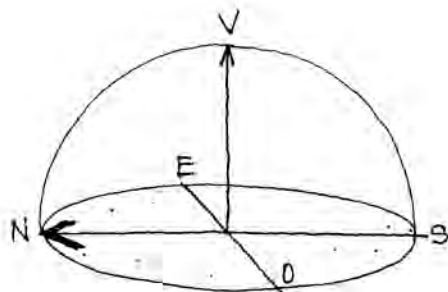


EN EL FIRMAMENTO, LAS REFERENCIAS PARA ESTABLECER UNA CONFIGURACIÓN DE LA PARTE SUPERIOR DE NUESTRO CAMPO, SE DETERMINAN POR LA TRAYECTORIA CIRCULAR QUE SE APRECIA EN EL DESPLAZAMIENTO VIRTUAL DE LOS CUERPOS CELESTES; QUE, INDEPENDIENTEMENTE DE SU MAGNITUD Y DE LA DISTANCIA REAL A LA QUE SE ENCUENTREN DE NOSOTROS, PARECEN MOVERSE

EN LA SUPERFICIE DE UN CASQUETE ESFÉRICO QUE SE CONOCE COMO BÓVEDA CELESTE.

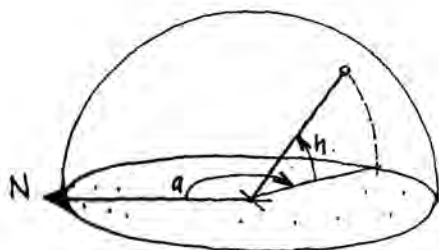
TOMANDO ESTE CASQUETE COMO UNA REPRESENTACIÓN PROPORCIONADA DE NUESTRO CAMPO VISUAL, SE DISPONE DE UN MODELO GEOMÉTRICO EN EL QUE ES POSIBLE REPRODUCIR LAS DIFERENTES TRAYECTORIAS SOLARES QUE SE DEFINEN POR LOS CAMBIOS DE POSICIÓN DEL SOL RESPECTO DEL PUNTO DE OBSERVACIÓN.

PARA LOCALIZAR UN PUNTO EN EL MODELO, ES NECESARIO INCORPORAR UN SISTEMA QUE PERMITA REFERIR CUALQUIER POSICIÓN A CIERTOS ELEMENTOS INVARIABLES.

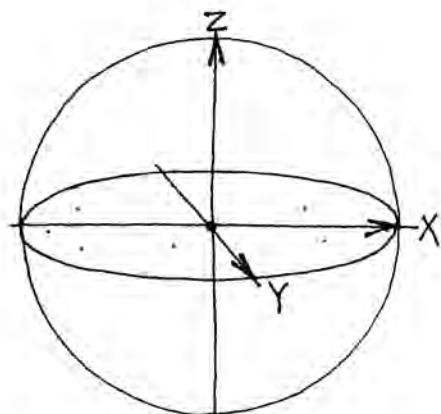


LA REFERENCIA MÁS COMÚN ES LA DE LOS PUNTOS CARDINALES Y LA VERTICALIDAD. ESTA NOS OFRECE UN SISTEMA DE LÍNEAS Y PLANOS ORTOGONALES A PARTIR DE LOS CUALES SE FACILITA EL RECONOCIMIENTO DE UNA POSICIÓN POR LA RELACIÓN DE TIPO ANGULAR Ò DE DISTANCIA QUE SE DESEE ESTABLECER CON LOS EJES.

EN ESTE SISTEMA, LA POSICIÓN DE UN PUNTO



TO SE DETERMINA POR EL AZIMUT (a), QUE ES EL ÁNGULO MEDIDO SOBRE EL PLANO PARTIENDO DEL NORTE EN EL SENTIDO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ, Y POR LA ALTURA (h) QUE ES EL ÁNGULO VERTICAL ENTRE EL PLANO Y LA LÍNEA QUE UNE AL PUNTO CON EL SITIO DE OBSERVACIÓN.



PARA FACILITAR LAS OPERACIONES DE CÁLCULO DE LAS POSICIONES SOLARES, SE HA DESARROLLADO EL ANÁLISIS TOMANDO COMO REFERENCIA EL SISTEMA DE EJES COORDENADOS (QUE ES PRÁCTICAMENTE EL MISMO), OBSERVÁNDOSE VARIACIÓN ÚNICAMENTE EN LA CONVENCION DE DIRECCION, SENTIDO ANGULAR Y PUNTOS DE REFERENCIA;* AÚN A ESTE SISTEMA SE LE HICIERON ALGUNAS MODIFICACIONES, QUE SE EXPLICAN MÁS ADELANTE, PARA SIMPLIFICAR EL PROCEDIMIENTO EN ALGUNAS PARTES.

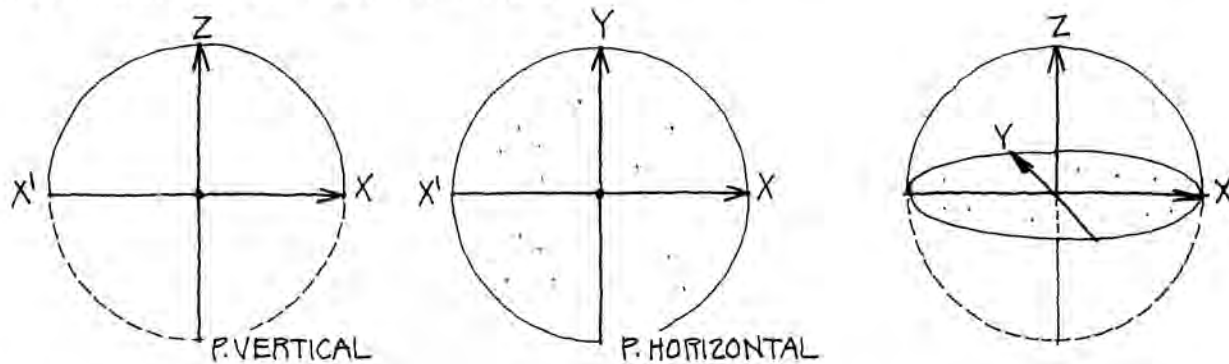
REPRESENTACIÓN DE DATOS:

EL CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES, TIENE UTILIDAD PARA ESTUDIAR CON ANTICIPACIÓN LA FORMA PRECISA EN QUE AFECTARÁN CUALQUIER CONSTRUCCIÓN, EN CUANTO A LAS CARACTERÍSTICAS FORMALES QUE PROVOCAN LOS JUEGOS DE SOMBRAS; O LAS MODIFICACIONES TÉRMICAS

- * 1. La dirección para representar valores positivos en los ejes coordenados es:
 $X \rightarrow$ a la derecha, $y \rightarrow$ al frente (\odot), z hacia arriba.
- 2. El giro de los ángulos se considera positivo cuando se realiza en dirección contraria a las manecillas del reloj.

QUE SE PRODUCEN POR LA PENETRACIÓN DE LOS RAYOS AL INTERIOR Y POR EL CALENTAMIENTO DE LAS SUPERFICIES EXTERIORES; O BIEN, EN CUANTO A LOS NIVELES LUMÍNICOS QUE SE OBSERVARÁN. UNA VEZ QUE SE CONOCE EL ÁNGULO DE INCIDENCIA, ES NECESARIO REPRESENTARLO GRÁFICAMENTE; YA QUE ÉSTE, ES EL MEDIO MÁS COMÚN DE ANÁLISIS CON QUE SE CUENTA EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

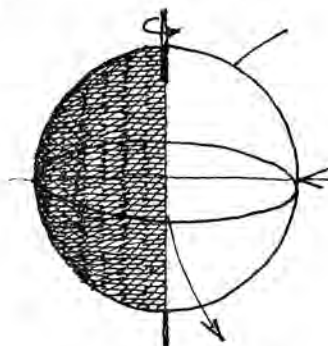
LAS PROYECCIONES SE OBTENDRÁN ÚNICAMENTE EN DOS PLANOS: HORIZONTAL Y VERTICAL SOBRE EL EJE $X'-X$ (EJE NORTE-SUR) PARA TRASLADARSE A LAS PROYECCIONES DE PLANTA Y ALZADO.



- (•) A estas representaciones se ajustará el sistema, dando como resultado una inversión en el sentido positivo del eje $Y'-Y$ al transferirlo a su proyección tridimensional, en el esquema.

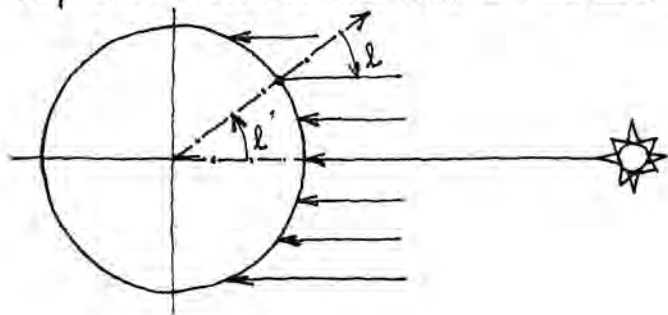
CUANDO LA TIERRA SE ENCUENTRA SOBRE SU ÓRBITA EN UNA POSICIÓN EQUINOCCIAL, LA INCLINACIÓN DEL EJE DE ROTACIÓN SE ORIENTA PERPENDICULARMENTE A LA DIRECCIÓN DEL SOL. EN LA FECHA EN QUE SE PRODUCE ESTA CONDICIÓN, EL SOL ILUMINA DE IGUAL FORMA A LOS DOS HEMISFERIOS Y LA LÍNEA ECUATORIAL QUE LOS DIVIDE OCUPA LA PARTE CENTRAL DE LA ZONA ILUMINADA.

EN ESTA SITUACIÓN, LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES ES PARALELA, EN EL ECUADOR, A LA VERTICAL DEL PUNTO QUE MARCA LAS 12:00 HRS. (PARA LOS LUGARES QUE PASAN POR ÉL); ES DECIR, EL PUNTO SITUADO EXACTAMENTE FRENTE AL SOL.



SI ESTA DIRECCIÓN SE MANTIENE INVARIABLE (PRÁCTICAMENTE ASÍES)* EN CUALQUIER PUNTO DE LA PARTE ILUMINADA, SEGÚN SE ALEJE (ESTE PUNTO) DE LA LÍNEA ECUATORIAL (LAT. 0°), EL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES SE DESPLAZARÁ DE LA VERTICAL CON UNA ABERTURA IGUAL AL ÁNGULO DE LATITUD (ℓ).

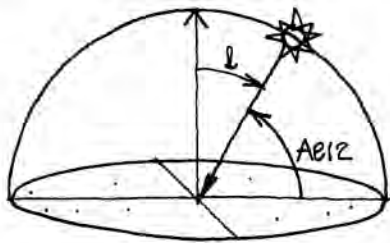
CONSIDERANDO LO ANTERIOR, EL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES A LAS 12:00 HRS. DE LAS FECHAS EQUINOCCIALES, EN EL HEMISFERIO NORTE, FORMA CON LA VERTICAL DEL LUGAR UN ÁNGULO (ℓ) IGUAL A LA LATITUD.



(la inclinación de los rayos con respecto a la vertical es al sur en el hemisferio norte)

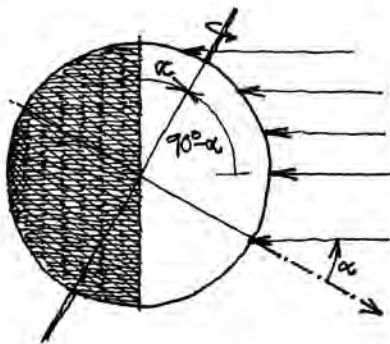
* de acuerdo a lo expresado en la pág. 7

POR LO TANTO, EL ÁNGULO DE INCIDENCIA EQUINOCCIAL EN EL HEMISFERIO NORTE A LAS 12:00 HRS.: $A_{e12} = (90^\circ - l)$



AL DESPLAZARSE LA TIERRA SOBRE SU ÓRBITA, DESPUÉS DE UN EQUINOCCIO, EL EJE DE ROTACIÓN SE ORIENTA GRADUALMENTE HACIA EL SOL HASTA QUEDAR EN LOS SOLSTICIOS, ALINEADO HACIA ESTE ASTRO CON UNA INCLINACIÓN COMPLEMENTARIA A LOS $23^\circ 27'$. ESTA VARIACIÓN PRODUCE MODIFICACIONES EN LA SUPERFICIE ILUMINADA. SEGÚN

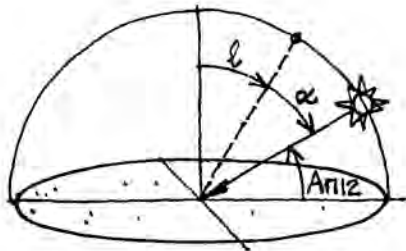
TRANSCURRE EL TIEMPO, LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES SE DESPLAZA DE LA VERTICAL DE REFERENCIA SOBRE EL ECUADOR HASTA FORMAR CON ÉSTA, EN LOS SOLSTICIOS, UN ÁNGULO DE $23^\circ 27'$.



SI CONSERVAMOS COMO REFERENCIA EL ÁNGULO DE INCIDENCIA EQUINOCCIAL

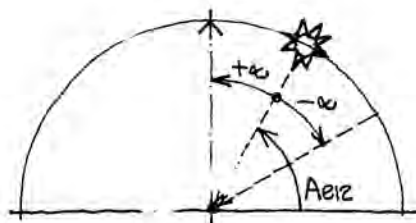
$A_{e12} = 90^\circ - l$, CADA DÍA QUE TRANSCURRE, EL ÁNGULO DE INCIDENCIA TENDRÁ UNA VARIACIÓN (α) SOBRE EL EJE NORTE-SUR IGUAL A $23^\circ 27' / T$ *

RESPECTO DE LA REFERENCIA INICIAL. ESTE ÁNGULO DE VARIACIÓN (α) SE PUEDE CALCULAR PARA CUALQUIER FECHA ESTABLECIENDO UNA RELACIÓN ENTRE LA VARIACIÓN DIARIA Y LOS DÍAS TRANSCURRIDOS (t). $\frac{23^\circ 27'}{T} = \frac{\alpha}{t} \therefore \alpha = \frac{23^\circ 27' t}{T}$



* T = tiempo transcurrido en días de un solsticio a un equinoccio o viceversa, ver apéndice.

CONSIDERACIONES PARA LA DEFINICIÓN DE VALORES:



1. EN EL HEMISFERIO NORTE (QUE ES EL QUE SE ANALIZARÁ), DE PRIMAVERA A OTOÑO, LA INCLINACIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA SE EFECTÚA HACIA EL NORTE DE LA POSICIÓN EQUINOCCIAL; A ESTA VARIACIÓN SE LE ASIGNA UN VALOR POSITIVO ($+\alpha$). POR EL CONTRARIO, DE OTOÑO A PRIMAVERA, LA INCLINACIÓN SE PRODUCE AL SUR DE LA POSICIÓN EQUINOCCIAL

Y EL VALOR DE α SERÁ NEGATIVO.

2. EL TIEMPO (T) EN QUE SE DESPLAZA LA TIERRA DE UNA POSICIÓN EQUINOCCIAL A UN SOLSTICIO Y VICEVERSA, VARÍA EN CADA CASO:

- DEL EQUINOCCIO DE PRIMAVERA AL SOLSTICIO DE VERANO $T_p = 92$ días
- DEL SOLSTICIO DE VERANO AL EQUINOCCIO DE OTOÑO $T_v = 94$ días
- DEL EQUINOCCIO DE OTOÑO AL SOLSTICIO DE INVIERNO $T_o = 90$ días
- DEL SOLSTICIO DE INVIERNO AL EQUINOCCIO DE PRIMAVERA $T_i = 89$ días

ESTA SITUACIÓN SE EXPLICA POR LA EXCENTRICIDAD DE LA ÓRBITA.

3. COMO LOS EQUINOCCIOS SIRVEN DE REFERENCIA PARA DETERMINAR EL ÁNGULO DE VARIACIÓN CORRESPONDIENTE A UNA FECHA CUALQUIERA, SE PARTE DE LA DIFERENCIA EN DÍAS (t) QUE HAY DEL DÍA PROPUESTO A LA FECHA EQUINOCCIAL MAS CERCANA. CUANDO EL EVENTO SE LOCALIZA DE UN EQUINOCCIO A UN SOLSTICIO LA CUENTA DE LOS DÍAS SE REALIZA EN SENTIDO PROGRESIVO (1, 2, 3, ..., n); PERO CUANDO SE ENCUENTRA DE UN SOLSTICIO A UN EQUINOCCIO LA CUENTA SERÁ REGRESIVA (89, 88, 87, ..., n).

- PARA SIMPLIFICAR ESTOS PASOS, SE HA ELABORADO UN CUADRO QUE PERMITE OBTENER DIRECTAMENTE EL VALOR t_n PARA CUALQUIER DÍA DEL AÑO, ASÍ COMO EL VALOR CORRESPONDIENTE DE T, AL QUE SE LE HAN INCORPORADO

SIGNOS (+ o -) CON EL FIN DE QUE, AL EFECTUAR EL CÁLCULO, EL VALOR DE α PUEDA OBTENERSE CON EL SIGNO QUE LE CORRESPONDE, (VER CUADRO EN EL APÉNDICE).

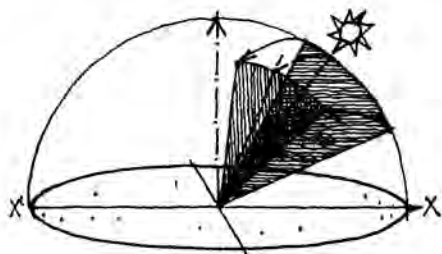
HABIENDO RESUELTO ESTA PARTE, LA FÓRMULA PARA CALCULAR EL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES A LAS 12:00 HRS. DE CUALQUIER DÍA DEL AÑO, QUEDA DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$A_{12} = \underbrace{(90^\circ - \ell)}_{\textcircled{1}} \pm \underbrace{\alpha}_{\textcircled{2}}$$

①. A_{12} = ÁNGULO DE INCIDENCIA EQUINOCIAL

②. ÁNGULO DE VARIACIÓN ENTRE LA INCLINACIÓN DE LA FECHA Y EL EQUINOCIO.

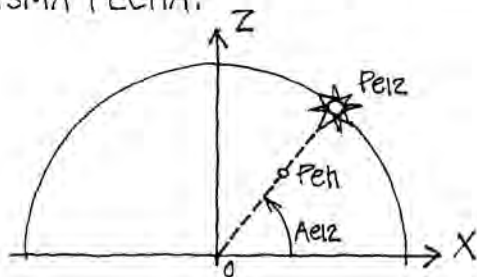
A LAS 12:00 HRS. LOS RAYOS SOLARES SON PARALELOS AL PLANO VERTICAL SOBRE EL EJE NORTE-SUR ($X'-X$). LA VARIACIÓN QUE PRESENTAN DÍA CON DÍA EN EL CURSO DE UN PERÍODO ANUAL, TIENE COMO CAMPO UN ÁREA TRIANGULAR CON VÉRTICE EN EL PUNTO DE OBSERVACIÓN, LIMITADA AL SUR POR LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE AL SOLSTICIO DE INVIERNO Y AL NORTE POR LA DEL SOLSTICIO DE VERANO.



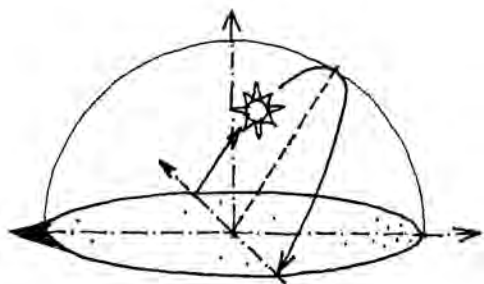
CUANDO SE CONSIDERA EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIACIONES ANUALES PARA UNA HORA DIFERENTE, DEBERÁ TENERSE EN CUENTA QUE LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS DEJA DE SER PARALELA AL PLANO VERTICAL, Y EN CONSECUENCIA

SU CAMPO SE DEFINE CON LA MISMA INCLINACIÓN. A PARTIR DE ESTA OBSERVACIÓN, EN LAS OPERACIONES PARA CALCULAR LAS PROYECCIONES DEBERÁN COMBINARSE LAS CONDICIONES DEL COMPORTAMIENTO ANUAL Y DIARIO A FIN DE GENERALIZAR EL PROCEDIMIENTO.

EN EL PLANO VERTICAL, LA LÍNEA QUE UNE LA POSICIÓN DEL SOL EN LOS EQUINOCCIOS (P_{e12}) CON EL PUNTO DE OBSERVACIÓN (o) REPRESENTA A LA PROYECCIÓN DEL RECORRIDO SOLAR. EN CONSECUENCIA, SOBRE ESTA LÍNEA SE PROYECTARÁN LAS POSICIONES DEL SOL (P_{eh}) EN CUALQUIER HORA DE ESA MISMA FECHA.



PARA CALCULAR LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE A LAS DEMÁS HORAS, ES NECESARIO ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DEL RECORRIDO DIARIO SOBRE EL PLANO EN QUE SE DESARROLLA, EN LA DIRECCIÓN ESTE-OESTE ($Y-Y'$).



EN EL TRANCURSO DE LOS DÍAS EQUINOCCIALES, EL SOL SIGUE EN EL FIRMAMENTO UNA TRAYECTORIA CIRCULAR DESCRIBIENDO UN ARCO DE 180° DE ESTE A OESTE, EN UN TIEMPO DE 12:00 HRS.

TOMANDO COMO PUNTO DE PARTIDA LAS CONSIDERACIONES ANOTADAS, ES POSIBLE ESTABLECER UNA SERIE DE CONDICIONES REFERIDAS AL SISTEMA COORDENADO, PARA CALCULAR LAS POSICIONES DEL SOL EN EL CUR-

SO DEL DÍA EQUINOCCIAL.

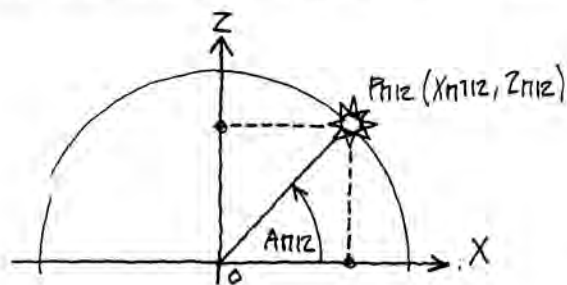
PROYECCIONES VERTICALES, EJE ESTE-OESTE ($Y-Y'$):

PARA EL ANÁLISIS DE ESTA PARTE, POR CONVENIENCIA, SE CONSIDERAN LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO VIRTUAL DEL SOL (DE UNA FECHA EQUINOCCIAL), EN CUALQUIER LUGAR SITUADO SOBRE EL ECUADOR (LAT. 0°), EN EL QUE EL RECORRIDO SE EFECTÚA JUSTAMENTE SOBRE EL EJE ESTE-OESTE.

CONVIENE, ANTES DE INICIAR LAS PROYECCIONES EN EL MODELO, HACER LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

1. LAS DIFERENTES POSICIONES DEL SOL SE LOCALIZAN EN LA TRAYECTORIA DE LOS RECORRIDOS DIARIOS.
2. A SU VEZ, ESTOS RECORRIDOS SE DESPLAZAN PERMANENTEMENTE EN EL CURSO DEL PERÍODO ANUAL.
3. COMO EL ÁNGULO DE VARIACIÓN (α) ES CONSTANTE DE UN DÍA A OTRO PARA UNA HORA DETERMINADA, CUALQUIERA QUE SEA, SE DEDUCE QUE ESTOS RECORRIDOS O LOS PLANOS QUE LOS CONTIENEN, SON PARALELOS ENTRE SÍ.
4. EN LOS EQUINOCIOS, EL ÁNGULO DE INCIDENCIA (A_{eiz}) FORMA PARTE DEL PLANO DE RECORRIDO, POR LO TANTO, ESTE PLANO PRESENTA LA MISMA INCLINACIÓN ($90^\circ - \ell$), Y COMO LOS DEMÁS RECORRIDOS SON PARALELOS, TENDRÁN LA MISMA INCLINACIÓN.
5. TANTO LOS RECORRIDOS COMO LAS POSICIONES PERMANECEN EN LA SUPERFICIE DE LA ESFERA (CASQUETE).

LAS PRIMERAS POSICIONES QUE ES POSIBLE REPRESENTAR, SON LAS CORRESPONDIENTES A LAS DE LAS 12:00 HRS. EN CUALQUIER DÍA DEL AÑO. PARA ESTO, SE CONOCEN YA LOS RESPECTIVOS ÁNGULOS DE INCIDENCIA $A_{iiz} \bar{p} A_{iiz}$ $A_{iiz} = 90^\circ - \ell \pm \alpha$



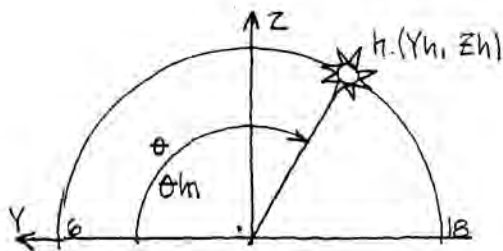
$$x_{iiz} = \cos A_{iiz}$$

$$z_{iiz} = \sin A_{iiz}$$

$$P_{iiz} = (\cos A_{iiz}, \sin A_{iiz})$$

LA POSICIÓN DEL SOL A LAS 12:00 HRS. (P_{iiz}) CUALQUIER DÍA DEL AÑO, SE DEFINE POR SUS COORDENADAS (X_{iiz}, Z_{iiz}).

SI EL RADIO DE LA ESFERA EN EL MODELO ES IGUAL A LA UNIDAD, $R=1$, LOS VALORES DE LAS COORDENADAS SE OBTIENEN DESPEJANDO LAS FUNCIONES DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA. $\text{SEN } Y/R, \text{ COS } X/R$.



$$\frac{\theta h}{t} = \frac{180^\circ}{T} \therefore \theta m = \frac{180^\circ t^*}{12}$$

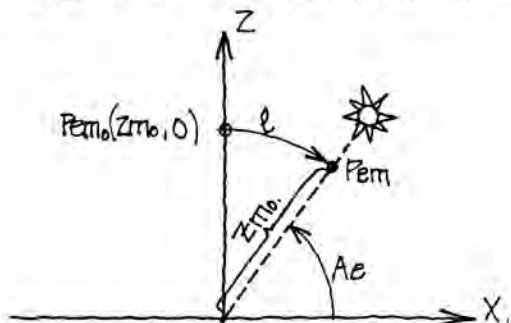
$$Yh = \cos \theta m$$

$$Zh = \sin \theta m. \quad (m = h.)$$

EN ESTAS CONDICIONES, EL ÁNGULO DE POSICIÓN DEL SOL (θ) ESTÁ EN FUNCIÓN DE LA DIRECTA DEL TIEMPO TRANSCURRIDO (t) A PARTIR DE LA HORA DE SALIDA h_0 . PARA CALCULAR EL ÁNGULO DE POSICIÓN, HAY QUE ESTABLECER UNA RELACIÓN SIMPLE ENTRE EL TIEMPO DE RECORRIDO $\theta h = (h - 6:00)$ CON LOS PARÁMETROS MÁXIMOS: $T = 12$ horas, $\theta_{max} = 180^\circ$

PARA DETERMINAR LAS COORDENADAS DE POSICIÓN ($h(Yh, Zh)$) SE UTILIZAN LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS: $\sin = Z/r$, $\cos = Y/r$, $r = 1$

DE ACUERDO A LO ANTERIOR, LA PROYECCIÓN DE UNA POSICIÓN CORRESPONDIENTE A CUALQUIER HORA DIFERENTE DE LAS 12:00 (P_{em}), PARA UN LUGAR DE LAT. 0° , SE LOCALIZA SOBRE EL EJE DE PROYECCIONES VERTICALES, Y SU VALOR ES $Z_m = \sin \theta m$.



$$P_{em} = \left[\underbrace{\sin \theta m}_{X_{em}}, \underbrace{\cos Ae}_{Z_{em}} \right], \quad (\sin \theta m \cdot \sin Ae)$$

SI EL PUNTO DE OBSERVACIÓN SE UBICA EN LUGAR DIFERENTE DE LAT. 0° , LA DISTANCIA DEL ORIGEN A LA PROYECCIÓN DE LA POSICIÓN SE CONSERVA $Z_{m0} = \sin \theta m$; PERO EN ESTE CASO, LA PROYECCIÓN DEL RECORRIDO TIENE LA INCLINACIÓN $Ae = 90^\circ - \theta m$.

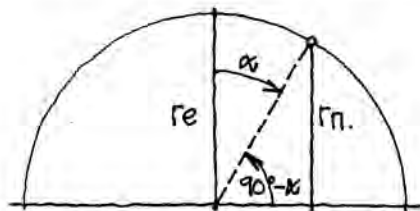
EN CONSECUENCIA, LOS VALORES X Y Z QUE DEFINEN ESTA POSICIÓN $P_{em}(X_{em}, Z_{em})$ SON:

$$X_{em} = (Z_{m0})(\cos Ae) = \sin \theta m \cdot \cos Ae$$

$$Z_{em} = (Z_{m0})(\sin Ae) = \sin \theta m \cdot \sin Ae$$

* para facilitar este paso, se han concentrado en un cuadro los valores de θm . (ver apéndice).

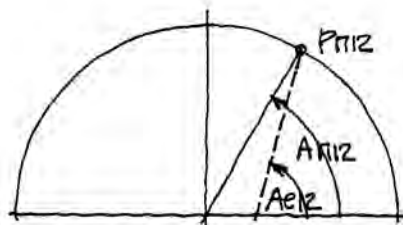
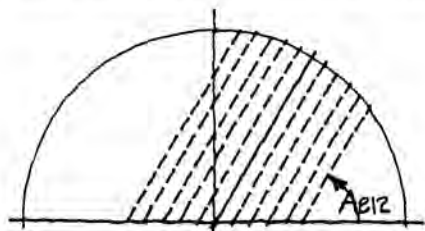
AHORA BIÉN, EN CUALQUIER DÍA DEL AÑO (APARTE DE LOS EQUINOCIOS), LA POSICIÓN SOLAR CORRESPONDIENTE A CUALQUIER HORA, SE LOCALIZA EN EL PLANO VERTICAL SOBRE LA PROYECCIÓN DE SU RECORRIDO. PERO ESTOS RECORRIDOS, AL DESPLAZARSE DEL CENTRO DE LA ESFERA (EN DONDE EL RADIO ES IGUAL A LA UNIDAD), DISMINUYEN SUS DIMENSIONES PROPORCIONALMENTE A LA SEPARACIÓN, Y EL RADIO (r_n) PUEDE CALCULARSE CON EL A.° DE VARIACIÓN (α).



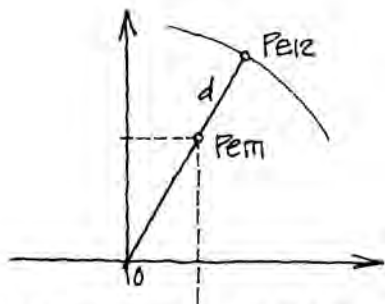
$$r_n = \text{sen } 90^\circ - \alpha = \cos \alpha.$$

r_n = radio del recorrido en c/día.

ADEMÁS, DEBIDO A LA INCLINACIÓN (A_e) QUE SE OBSERVA EN LOS RECORRIDOS (EN LA MEDIDA EN QUE ÉSTOS SE ALEJAN AL NORTE DE LA POSICIÓN EQUINOCCIAL), SE AMPLIA EL SEMICÍRCULO QUE DESCRIBE LA TRAYECTORIA DIARIA, Y CONSECUENTEMENTE SE ALARGAN LAS LÍNEAS DE PROYECCIÓN. ESTO SE EXPLICA POR LA INCLINACIÓN DEL EJE DE ROTACIÓN DEL PLANETA QUE SE ORIENTA GRADUALMENTE HACIA EL SOL, PROVOCANDO UNA AMPLIACIÓN DEL DÍA SOLAR. POR OTRA PARTE, LOS RECORRIDOS REPRESENTADOS AL SUR DE LA POSICIÓN DE REFERENCIA DISMINUYEN.

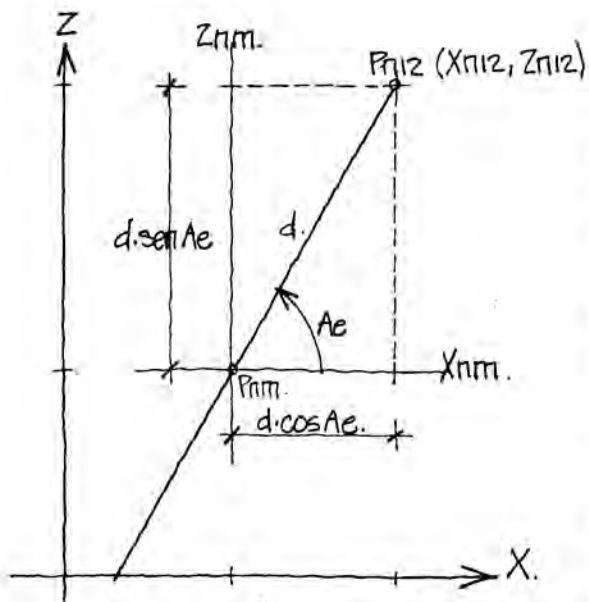


RESTANDO DE LA POSICIÓN EXTREMA (P_{n12}) EN LA PROYECCIÓN, LA DISTANCIA QUE LA SEPARA DE LA POSICIÓN BUSCADA (P_n).



$$Pe_{12} - P_m = 1 - \text{SEN } \theta_m.$$

$$P_m - 0 = Z_{m0} = \text{SEN } \theta_m.$$



$$\cos Ae = \cos 90^\circ - l = \text{sen } l$$

$$\text{sen } Ae = \text{sen } 90^\circ - l = \cos l.$$

EN LA PROYECCIÓN DEL RECORRIDO EQUINOCCIAL, LA DISTANCIA ENTRE LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE A LAS 12:00 HRS. (Pe_{12}) Y LA PROYECCIÓN DE CUALQUIER OTRA POSICIÓN (P_m) ES IGUAL A $1 - \text{SEN } \theta_m$ *

* $r = 1$, $Z_{m0} = \text{SEN } \theta_m$ (prop. vertical de θ).

CUANDO ESTA DISTANCIA SE DESEA CONOCER PARA UNA POSICIÓN DESPLAZADA DE LOS EQUINOCCIOS, DEBE TOMARSE EN CUENTA LA MODIFICACIÓN CORRESPONDIENTE DEL RADIO ($r = \cos \alpha$); POR LO TANTO, LA DISTANCIA ENTRE P_{n12} Y P_m ES IGUAL A $(1 - Z_{m0}) \cos \alpha = P_{n12} - P_m = (1 - \text{sen } \theta_m) \cos \alpha = d$.

CONOCIENDO LA DISTANCIA $P_{n12} - P_m = d$, SE TIENEN LOS ELEMENTOS PARA CALCULAR LAS COORDENADAS DE LA POSICIÓN P_m .

$$X_m = X_{n12} - d \cos Ae. \quad \cdot (X_{n12} = \cos An_{12})$$

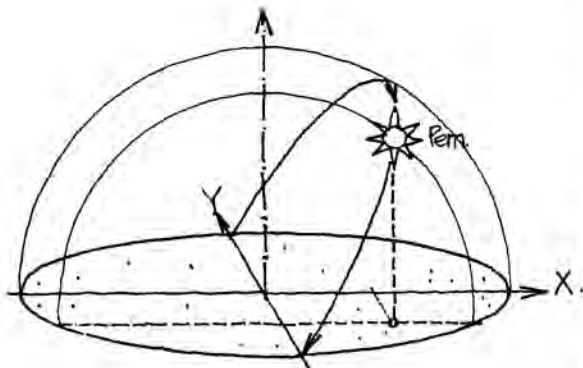
$$Z_m = Z_{n12} - d \text{sen } Ae. \quad \cdot (Z_{n12} = \text{sen } An_{12})$$

CONCLUYENDO, LA PROYECCIÓN VERTICAL DE LA POSICIÓN SOLAR A UNA HORA DETERMINADA EN CUALQUIER DÍA DEL AÑO P_m , SE DETERMINA POR SUS COORDENADAS (X_m, Z_m) .

SUSTITUYENDO VALORES:

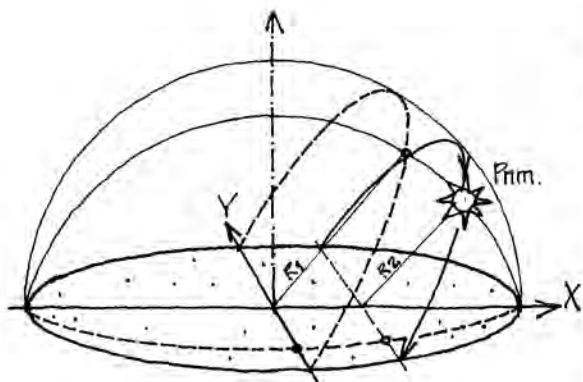
$$X_m = \cos An_{12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \text{sen } l.$$

$$Z_m = \text{sen } An_{12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cos l.$$



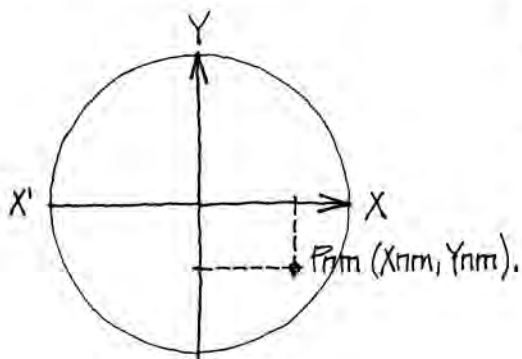
LA REPRESENTACIÓN DE LAS POSICIONES (P_{em}) EN EL PLANO HORIZONTAL, SE DEFINE POR LAS COORDENADAS (X_{nm} , Y_{nm}).

LA PRIMERA DE ÉSTAS (X_{nm}), SE OBTUVO YA EN LAS PROYECCIONES DEL PLANO VERTICAL, POR LO TANTO, SE TOMA EL MISMO VALOR.



EN CUANTO AL VALOR DE "Y", AL ANALIZAR EL RECORRIDO DIARIO DEL SOL EN LOS EQUINOCCIOS, SE DETERMINÓ LA PROYECCIÓN DE LA POSICIÓN SOLAR SOBRE EL EJE Y-Y' (ver pag.). EL VALOR OBTENIDO CORRESPONDE A CUALQUIER PUNTO SITUADO SOBRE EL ECUADOR (LAT. 0°), OBSERVANDO QUE ÉSTE NO SUFRE ALTERACIÓN AL INCLINAR SE EL PLANO QUE LO CONTIENE POR EL CAMBIO DE LATITUD. $Y_h = Y_{em} = \cos \theta_m$.

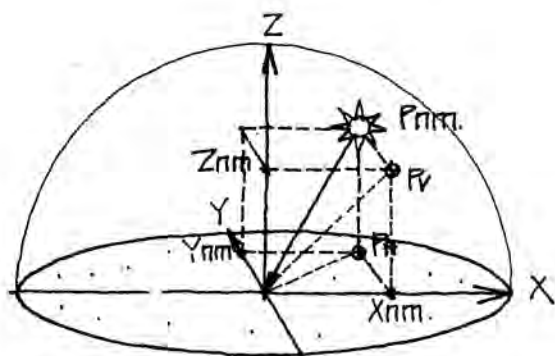
SIN EMBARGO, AL DESPLAZARSE LOS RECORRIDOS DE LAS POSICIONES EQUINOCCIALES, EL RADIO DE LOS MISMOS DISMINUYE (pág. 19). EN CONSECUENCIA: $Y_{nm} = (Y_{em}) \cos \alpha$.



ASÍ PUES, P_{nm} en el plano HORIZONTAL SE DETERMINA POR SUS COORDENADAS:

$$X_{nm} = \cos A_{miz} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \text{ sen } l.$$

$$Y_{nm} = \cos \theta_m \cdot \cos \alpha.$$



LAS COORDENADAS QUE DEFINEN LA POSICIÓN DEL SOL (P_{nm}) EN EL MODELO PROPUES TO, PARA CUALQUIER HORA Y DÍA DEL AÑO - EN CUALQUIER LUGAR SON:

$$P_{nm} (X_{nm}, Y_{nm}, Z_{nm})$$

SUS VALORES SON LOS SIGUIENTES:

$$X_{nm} = \cos A_{n12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cdot \text{sen } \ell$$

$$Y_{nm} = \cos \theta_m \cdot \cos \alpha$$

$$Z_{nm} = \text{Sen } A_{n12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cdot \cos \ell$$

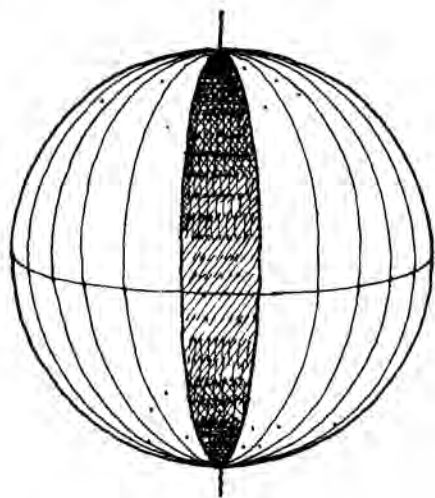
LA PROYECCIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES (A_i) EN LOS PLANOS VERTICAL (A_{iV}) Y HORIZONTAL (A_{iH}), SE OBTIENEN POR LA PENDIENTE DE LA LÍNEA QUE UNE LA PROYECCIÓN DE LAS POSICIONES CON EL ORIGEN EN LOS PLANOS CORRESPONDIENTES.

$$\text{PEDI.} = \text{TAN} = \text{ABSISA} / \text{ORDENADA.}$$

$$\text{TAN } A_{iV} = \frac{Z_{nm}}{X_{nm}} = \frac{\text{sen } A_{n12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cdot \cos \ell}{\cos A_{n12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cdot \text{sen } \ell}$$

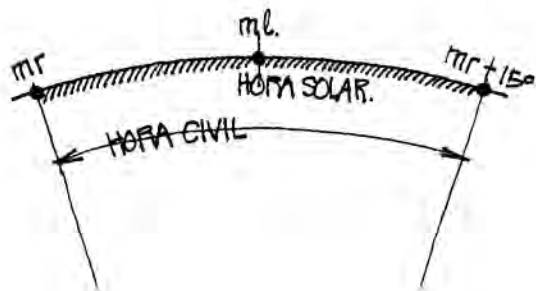
$$\text{TAN } A_{iH} = \frac{Y_{nm}}{X_{nm}} = \frac{\cos \theta_m \cdot \cos \alpha}{\cos A_{n12} - (1 - \text{SEN } \theta_m) \cos \alpha \cdot \text{sen } \ell}$$

EN EL CURSO DEL DÍA SE OBSERVA EN EL SOL UN DESPLAZAMIENTO - MÁS O MENOS REGULAR QUE PERMITE ESTABLECER PERÍODOS CORRESPONDIENTES A SUS POSICIONES, DE ESTA MANERA SE DETERMINA LA HORA SOLAR EN CUALQUIER LUGAR DE LA SUPERFICIE TERRESTRE. ESTA HORA SOLAR DIFIERE POR LO GENERAL DE LA HORA CIVIL VIGENTE EN EL MISMO LUGAR; ESTO SE DEBE A QUE LA HORA CIVIL EXPRESA UNA CONVENCION ESTABLECIDA CON RESPECTO A LOS HORARIOS.



SIMPLIFICANDO LA EXPLICACIÓN, LA ESFERA TERRESTRE SE DIVIDE EN 24 PARTES O HUSOS QUE SIRVEN COMO REFERENCIA PARA EL CAMBIO DE HORA, CADA 15°, A PARTIR DEL MERIDIANO DE GREENWICH. POR ESTA RAZÓN, LA HORA CIVIL EN UNA REGIÓN ES LA MISMA QUE EN EL MERIDIANO INFERIOR MÚLTIPLO DE 15° (mr).

PARA DETERMINAR CORRECTAMENTE LAS POSICIONES, ES NECESARIO HACER LA CONVERSIÓN DE HORA CIVIL A HORA SOLAR. CON ESTE FIN SE PROPONE EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO.



$$H_s = H_c - \frac{(m_l - m_r) 60'}{15^\circ}$$

H_s = HORA SOLAR

H_c = HORA CIVIL

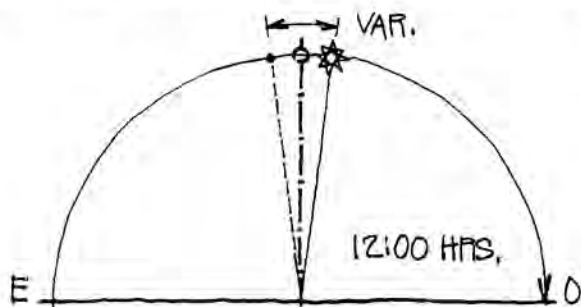
m_l = MERIDIANO LOCAL

m_r = MERIDIANO DE REFERENCIA.

LAS ECUACIONES OBTENIDAS, DEFINEN UN COMPORTAMIENTO SUPUESTO DEL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL, AUNQUE EN TÉRMINOS GENERALES LA INTERPRETACIÓN EXPUESTA ES ACEPTABLE EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL TRABAJO, NO DEJA DE SER UNA APROXIMACIÓN A LAS MANIFESTACIONES REALES DE LOS DESPLAZAMIENTOS.

POR ESTA RAZÓN, ES NECESARIO CONSIDERAR DE ANTEMANO LOS AJUSTES QUE DEBEN INCLUIRSE EN EL PROCESO DE CÁLCULO PARA CONSEGUIR UNA MAYOR EXACTITUD EN LOS DATOS.

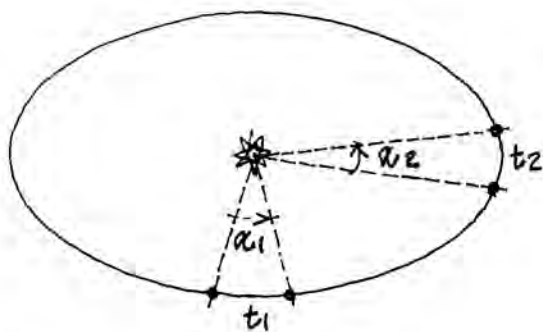
SE SUPONE, EN PRINCIPIO, QUE EL SOL SIGUE EL MISMO RECORRIDO TODOS LOS DÍAS RESPETANDO UN ITINERARIO INVARIABLE, POR EJEMPLO, SE DA COMO UN HECHO QUE EN CUALQUIER DÍA A LAS 12:00 HRS. EL SOL SE ENCUENTRA A LA MITAD DE SU RECORRIDO, EN EL PUNTO MÁS



ALTO DE ÉSTE, SI BIEN ESTO SE CUMPLE, NO ES CON EXACTITUD, PUES ESTA POSICIÓN OCURRE CON CIERTA VARIACIÓN EN LOS DIFERENTES DÍAS DEL AÑO, OBSERVÁNDOSE PERÍODOS EN QUE LAS POSICIONES OCURREN DESPUÉS DE LA HORA DE REFERENCIA Y PERÍODOS EN QUE SE ADELANTA DE ACUERDO A UNA VARIACIÓN GRADUAL DÍA CON DÍA, ESTA VARIACIÓN MODIFICA AL CONJUNTO DE LAS POSICIONES,

ES DECIR, ADELANTA O ATRASA EL RECORRIDO DIARIO EN DETERMINADOS PERÍODOS. Y LA COINCIDENCIA CON LAS POSICIONES DEL ESQUEMA DE REFERENCIA SE PRODUCE MUY POCAS VECES EN EL AÑO.

EN TÉRMINOS GENERALES ESTE HECHO SE EXPLICA POR LA TRAYECTORIA ELÍPTICA QUE SIGUE LA TIERRA, AL NO CONSERVAR LA ÓRBITA UNA CURVATURA UNIFORME, LOS DESPLAZAMIENTOS ANGULARES EN RELACIÓN AL SOL PRESENTAN VARIACIONES QUE IMPIDEN UNA CORRESPONDENCIA REGULAR ENTRE EL MOVIMIENTO DE ROTACIÓN Y EL DE TRANSLACIÓN



$$t_1 = t_2 \quad \alpha_1 \neq \alpha_2.$$

(en la misma página) POR DECENAS EN CADA MES, CON LO QUE EL PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA HORA SOLAR REAL QUEDA DE LA SIGUIENTE MANERA:

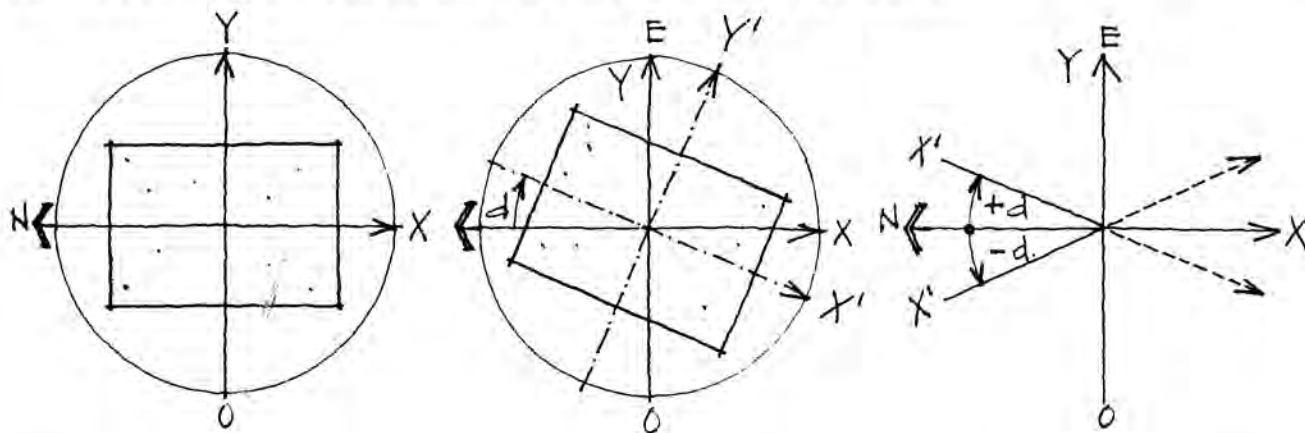
COMO EN EL PLANTEAMIENTO GENERAL SE HA CONSIDERADO UN COMPORTAMIENTO REGULAR DEL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL, QUE CORRESPONDE A UN TIEMPO SOLAR MEDIO, PARA REPRESENTAR CON MAYOR EXACTITUD UNA POSICIÓN, ES NECESARIO EFECTUAR UN AJUSTE PARA OBTENER EL TIEMPO SOLAR REAL.

LOS DATOS PARA REALIZAR EL AJUSTE SE OBTIENEN DE LA ECUACIÓN DEL TIEMPO (pág. 31). LAS VARIACIONES (u) SE HAN VACIADO EN UN CUADRO

$$H.S.R = H_s \pm u.$$

(H_s = hora solar media).

EN CUALQUIERA DE LOS PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS, SE OBTIENEN LOS VALORES DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES PARA UN SISTEMA DE COORDENADAS, EN EL QUE LOS EJES DEL PLANO HORIZONTAL "X" E "Y" COINCIDEN CON LA DIRECCIÓN NORTE-SUR Y ESTE-OESTE RESPECTIVAMENTE; SIN EMBARGO, LA ORIENTACIÓN DE LOS PROYECTOS, EN MUY POCAS OCASIONES SE PRESENTA COMO LA DE ESTE ESQUEMA, POR LO GENERAL LOS EJES DE COMPOSICIÓN O DE REFERENCIA, SE ENCUENTRAN DESVIADOS DEL NORTE, Y POR LO TANTO, ES NECESARIO EFECTUAR UNA ROTACIÓN PARA OBTENER LAS PROYECCIONES CORRESPONDIENTES AL SISTEMA PARTICULAR DE ORIENTACIÓN DEL PROYECTO.



AL MODIFICARSE LA ORIENTACIÓN DE LOS EJES DE REFERENCIA, SE MODIFICA DE IGUAL MANERA EL VALOR DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA. PARA CALCULAR ESTE VALOR (α_d), EN SUS PROYECCIONES, SE CONSIDERA UN GIRO DEL RAYO IGUAL A LA DESVIACIÓN DEL EJE DE REFERENCIA ($X'-X$) RESPECTO DEL NORTE, PERO EN SENTIDO INVERSO.

CON EL OBJETO DE SIMPLIFICAR LAS OPERACIONES, SE LE ASIGNA UN VALOR POSITIVO A LA DESVIACIÓN CUANDO SE INCLINA AL ESTE, Y NEGATIVO CUANDO SE INCLINA AL OESTE DEL NORTE MAGNÉTICO, ($+d$) y ($-d$)

EN LA PROYECCIÓN HORIZONTAL, EL CÁLCULO DE LA ROTACIÓN SE EFECTUA MEDIANTE LA SUMA ALGEBRAICA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA (A_{iH}) Y DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN (d). $A_{cHd} = A_{iH} \pm d$.

EL PROCEDIMIENTO NO PRESENTA MAYOR PROBLEMA, UNA VEZ QUE SE LE ASIGNA EL SIGNO CORRESPONDIENTE AL ÁNGULO DE DESVIACIÓN, SIN EMBARGO CONVIENE CONSIDERAR DOS SITUACIONES QUE PUEDEN PRESENTARSE :

1. CUANDO LA DESVIACIÓN ES AL ESTE ($+d$). Y ($A_{iH} + d$) ES MAYOR QUE 360° PARA OBTENER ÁNGULOS ENTRE 0° Y 360° , LA INSTRUCCIÓN ORIGINAL SE MODIFICA RESTANDO 360° ,

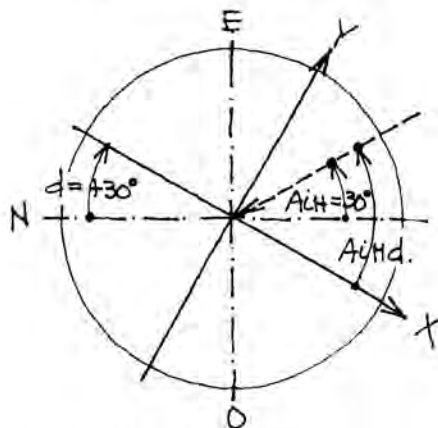
$$\text{SI } (A_{iH} + d) > 360^\circ$$

$$A_{cHd} = (A_{iH} + d) - 360^\circ$$

2. CUANDO LA DESVIACIÓN ES AL OESTE ($-d$) Y ($A_{iH} - d$) RESULTA NEGATIVO, PARA OBTENER ÁNGULOS POSITIVOS, LA INSTRUCCIÓN ORIGINAL SE MODIFICA SUMANDO 360°

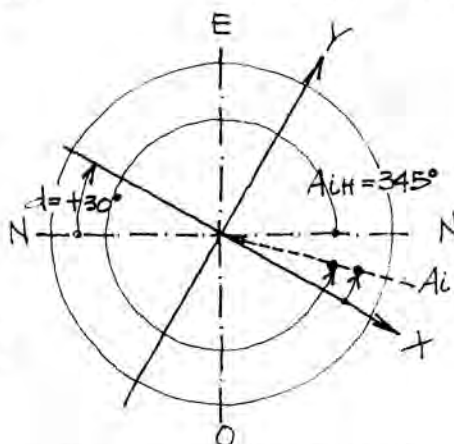
$$\text{SI } (A_{iH} - d) = -A_{cHd}$$

$$A_{cHd} = (A_{iH} - d) + 360^\circ$$



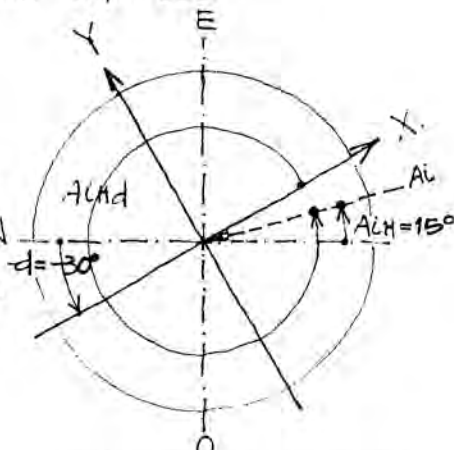
$$A_{cHd} = A_{iH} \pm d$$

$$A_{cHd} = 30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$$



$$A_{cHd} = 345^\circ + 30^\circ = 375^\circ$$

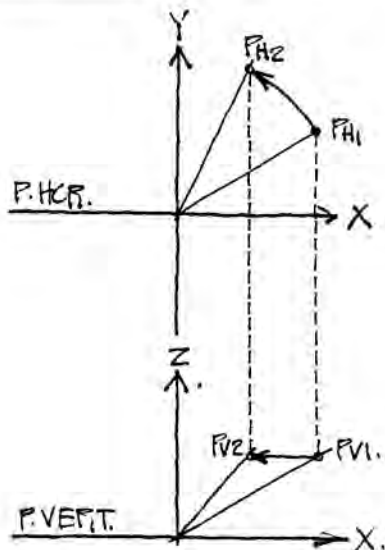
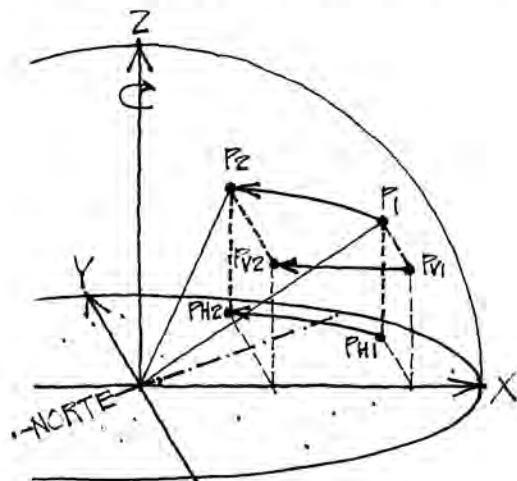
$$A_{cHd}^{(1)} = 375^\circ - 360^\circ = 15^\circ$$



$$A_{cHd} = 15^\circ - 30^\circ = -15^\circ$$

$$A_{cHd}^{(2)} = -15^\circ + 360^\circ = 345^\circ$$

EN REALIDAD, LA ROTACIÓN MODIFICA, PRINCIPALMENTE, LA POSICIÓN DE LOS EJES EN EL PLANO HORIZONTAL (X e Y). EN EL PLANO VERTICAL EL EJE "Z" SUFRE UN GIRO, PERO ESTO NO AFECTA SU VERTICALIDAD, SIN EMBARGO LA PROYECCIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN EL PLANO VERTICAL



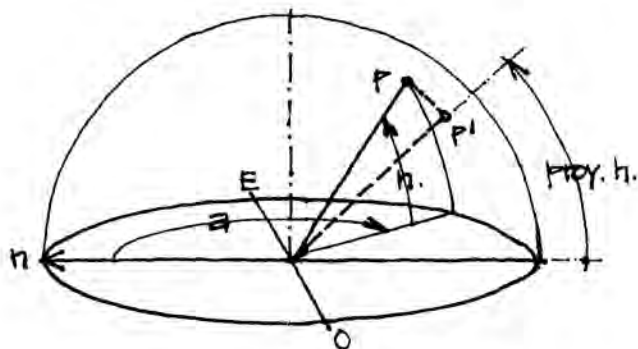
(ALV) EXPERIMENTA UNA VARIACIÓN POR EL GIRO DE SUS REFERENCIAS. PARA DETERMINAR ESTA VARIACIÓN, SE LOCALIZA UN PUNTO (PH1) SOBRE LA PROYECCIÓN HORIZONTAL DE LA LÍNEA QUE REPRESENTA LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES Y SE TRASLADA A LA PROYECCIÓN VERTICAL (PV1). AL EFECTUAR LA ROTACIÓN HORIZONTAL, EL PUNTO CAMBIA A UNA POSICIÓN (PH2), QUE CORRESPONDERÁ A UNA POSICIÓN DESPLAZADA HORIZONTALMENTE (PV2) EN LA PROYECCIÓN VERTICAL.

PARA CALCULAR EL ÁNGULO DE INCIDENCIA (ALVD) MODIFICADO POR LA ROTACIÓN, SE LOCALIZAN LOS PUNTOS POR LAS COORDENADAS:

PH1	(X1, Y1)	PV1	(X1, Z1)
PH2	(X2, Y2)	PV2	(X2, Z2)

CON EL FIN DE SIMPLIFICAR ESTE PROCEDIMIENTO, SE SITUÁ PH1 A UNA DISTANCIA $c=1$ DEL ORIGEN. ACEPTANDO ESTA CONDICIÓN, LOS VALORES DE LAS COORDENADAS EN EL PLANO HORIZONTAL SERÁN:

LOS ÁNGULOS DE LAS PROYECCIONES CALCULADAS POR EL PRIMER PROCEDIMIENTO, TANTO EN EL PLANO HORIZONTAL COMO EN EL VERTICAL, CORRESPONDEN A LAS CONVENCIONES PROPIAS DEL SISTEMA DE EJES - COORDENADOS. NO PRESENTAN NINGÚN PROBLEMA SI SE TRABAJA DIRECTAMENTE CON ESTOS DATOS. PERO SI SE DESEA TRABAJAR, POR CONVENIENCIA, CON LAS PROYECCIONES DE ALTURA Y AZIMUT, ES NECESARIO REALIZAR UNA CONVERSIÓN.

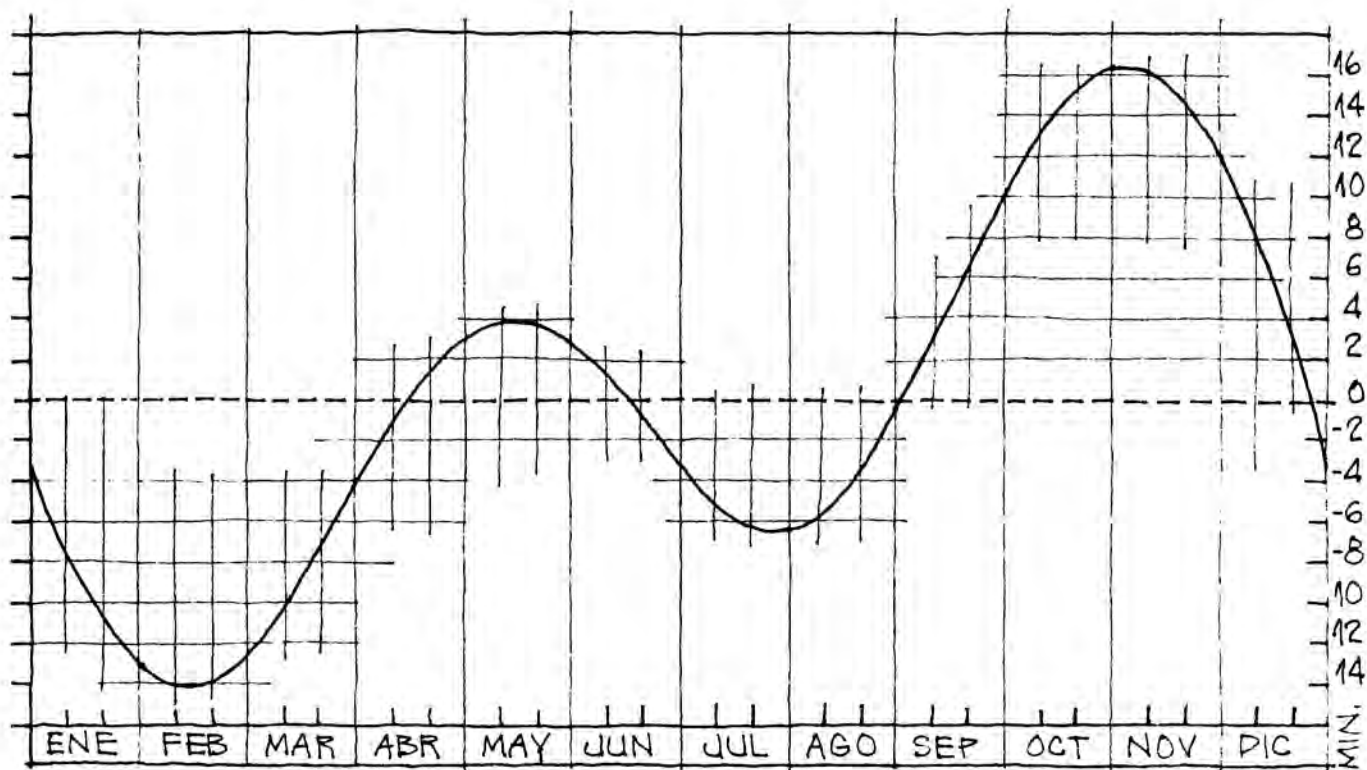


AZIMUT (a) ES EL ÁNGULO MEDIDO SOBRE EL PLANO PARTIENDO DEL NORTE EN EL SENTIDO DE LAS MANECILLAS - DEL RELOJ.

ALTURA (h) ES EL ÁNGULO VERTICAL ENTRE EL PLANO Y LA LÍNEA QUE UNE LA POSICIÓN SOLAR (P) CON EL PUNTO DE OBSERVACIÓN.

- LO QUE SE OBTIENE ES LA PROYECCIÓN DE h EN EL PLANO VERTICAL SOBRE EL EJE NORTE-SUR.

LAS INSTRUCCIONES PARA EFECTUAR LA CONVERSIÓN SE INCLUYEN EN EL CUADRO 3 DEL APÉNDICE.



- GRÁFICA DE LA ECUACION DEL TIEMPO.

DATOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TIEMPO SOLAR REAL (en minutos). (u).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	D.
-6	-13	-12	-3	3	2	-4	-6	1	12	16	10	1
-9	-14	-9	0	4	0	-6	-5	4	14	15	6	2
-12	-13	-6	2	3	-2	-6	-2	8	16	13	1	3

1,2 y3 DECENAS: 1 (1 a 10), 2 (11 a 20). y 3 (21 a 31).

MES DÍA	VALORES t_n (días referidos a los equinoccios).											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	79	48	20	11	41	72	84	53	22	8	39	69
2	78	47	19	12	42	73	83	52	21	9	40	70
3	77	46	18	13	43	74	82	51	20	10	41	71
4	76	45	17	14	44	75	81	50	19	11	42	72
5	75	44	16	15	45	76	80	49	18	12	43	73
6	74	43	15	16	46	77	79	48	17	13	44	74
7	73	42	14	17	47	78	78	47	16	14	45	75
8	72	41	13	18	48	79	77	46	15	15	46	76
9	71	40	12	19	49	80	76	45	14	16	47	77
10	70	39	11	20	50	81	75	44	13	17	48	78
11	69	38	10	21	51	82	74	43	12	18	49	79
12	68	37	9	22	52	83	73	42	11	19	50	80
13	67	36	8	23	53	84	72	41	10	20	51	81
14	66	35	7	24	54	85	71	40	9	21	52	82
15	65	34	6	25	55	86	70	39	8	22	53	83
16	64	33	5	26	56	87	69	38	7	23	54	84
17	63	32	4	27	57	88	68	37	6	24	55	85
18	62	31	3	28	58	89	67	36	5	25	56	86
19	61	30	2	29	59	90	66	35	4	26	57	87
20	60	29	1	30	60	91	65	34	3	27	58	88
21	59	28	0	31	61	92	64	33	2	28	59	89
22	58	27	* 1	32	62	*93	63	32	1	29	60	90
23	57	26	2	33	63	92	62	31	0	30	61	*88
24	56	25	3	34	64	91	61	30	* 1	31	62	87
25	55	24	4	35	65	90	60	29	2	32	63	86
26	54	23	5	36	66	89	59	28	3	33	64	85
27	53	22	6	37	67	88	58	27	4	34	65	84
28	52	21	7	38	68	87	57	26	5	35	66	83
29	51		8	39	69	86	56	25	6	36	67	82
30	50		9	40	70	85	55	24	7	37	68	81
31	49		10		71		54	23		38		80
T	T_L	T_L	T_L	T_P	T_P	T_P	T_V	T_V	T_V	T_0	T_0	T_0
			* T_P			* T_V			* T_0			* T_L

$$N = (t_n / T) \cdot 230271$$

$$T_0 = -90$$

$$T_i = -89$$

$$T_i = 92$$

$$T_V = 94$$

T:

32 apéndice cuadro 2

AL EFECTUAR LA CONVERSIÓN DE LA TANGENTE (ARC/TAN A_i) PARA CONOCER EL VALOR DE LA PROYECCIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA EN GRADOS, SE OBTIENEN INICIALMENTE VALORES EQUIVALENTES A LA MEDIDA REAL, PERO LOCALIZADOS ENTRE 0° y 90° , Y AFECTADOS POR UNA VARIACIÓN EN EL SIGNO, QUE CORRESPONDE AL CUADRANTE EN QUE SE UBICA LA PROYECCIÓN,

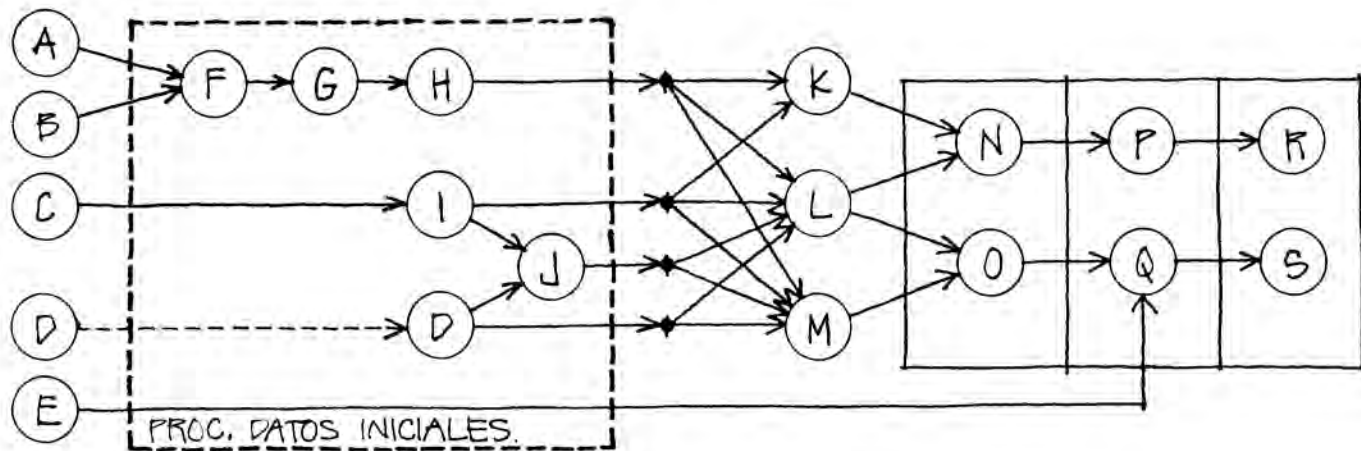
P. EJ. $TAN 120^\circ = -1.7320508$ $ARC/TAN = -60^\circ$ (R).

ESTOS VALORES OBTENIDOS DEBEN TRASLADARSE AL CUADRANTE CORRESPONDIENTE PARA OBTENER LA MEDIDA REAL DEL ÁNGULO EN CUALQUIERA DE LAS PROYECCIONES (VERTICAL U HORIZONTAL).

PARA SIMPLIFICAR TANTO LA OBTENCIÓN DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA, COMO LOS VALORES DE ALTURA Y AZIMUT, SE HAN CONCENTRADO EN LA SIGUIENTE TABLA LAS INSTRUCCIONES PARA CONVERTIR LOS VALORES INICIALES DE A_i .

CUADRANTE	X	Y	Z	ARC/TAN	A_i	h.	A.
I	+	+	+		R	R	$180^\circ - R$
II	-	+	+		$R + 180^\circ$	$-R^*$	$-R^*$
III	-	-			$R + 180^\circ$		$360^\circ - R$
IV	+	-			$R + 360^\circ$		$-R^* + 180^\circ$

R = Resultado de la conversión inicial (ARC/TAN).
 * -R Indica cambio de signo



- A. LONGITUD.
 - B. HORA
 - C. FECHA
 - D. LATITUD
 - E. DESVIACIÓN DEL EJE DE REF.
 - F. AJUSTE hora civil \rightarrow hora solar.
 - G. AJUSTE hora solar media \rightarrow hora solar real.
 - H. VALOR DE θ_m . (valor angular de la hora).
 - I. VALOR DE α_n . (valor angular de la fecha).
 - J. VALOR DE A_{n12}
 - K. Y_{nm}
 - L. X_{nm}
 - M. Z_{nm}
 - N. A_{iH} (proyección horizontal del ángulo de incidencia)
 - O. A_{iV} (proyección vertical del ángulo de incidencia).
 - P. A_{iHd}
 - Q. A_{iVd}
 - R. AZIMUT.
 - S. ALTURA.
- K, L, M } coordenadas de la posición solar.
 N, O, P, Q } proyecciones modificadas por la rotación de ejes de referencia.

		1	2	3	INSTRUCCIONES*	REF.
A	LONG.				meridiano local meridiano de ref.	pág. 23 pág. 23
A'	Mr.					
B	HORA					
C	FECHA					
D	LAT.					
E	DESV					
F	H.S.M				$B + [(A-A')/15]$ $F \pm U$	cuad. 1
G	H.S.R.					
H	Gm				$(G - G:00) 15^\circ$ $1 - \text{SENH}$ $C \rightarrow (tn/T) 23^\circ 27'$ $(90^\circ - D) \pm I$	pág. 18 cuad. 2
H'	$1 - \text{SENH}$					
I	αn					
J	AnR					
K	Ynm				$\text{COS H} \cdot \text{COS I}$ $\text{COS J} - \text{H}' \cdot \text{COS I} \cdot \text{SEN D}$ $\text{SEN J} - \text{H}' \cdot \text{COS I} \cdot \text{COS D}$	
L	Xnm					
M	Znm					
N	AlH				ARC/TAN K/L ARC/TAN M/L	cuad. 3 cuad. 3
O	Alv					
P	AlHd				$N \pm E$ $\text{TAN O} \cdot \text{COS N}$ COS P ARC/TAN P/P''	pág. 26 cuad. 3
P'	Zz					
P''	Xz					
Q	Alvd					
R	h				cuad. 3 cuad. 3	
S	A					

* la nomenclatura (A, A', B, C... S) se refiere a los pasos indicados en el diagrama (p. 54).

- A** LONGITUD (meridiano local)
A' (meridiano de ref.) $A' = [\text{ENT}(A/15)] \cdot 15$
 $98 \div 15 = 6.533 = 6.533 \times 15 =$
- B** HORA (local) \rightarrow conv. decimal = hrs + min/60
 $8 \div 1 \quad 30 \div 60 =$
- C** FECHA
- D** LATITUD (paralelo local).
- E** DESVIACIÓN (del eje de referencia con el norte)

- A** $98^\circ 00'$
A' 90°
B $8:30 = 8.5 \text{ HRS.}$
C NOV./18
D $19^\circ 00'$
E $23^\circ 00' \text{ E}$

- F** HORA SOLAR MEDIA $H_s = B - [(A - A') \cdot 4/60]$
 $8.5 - (1 \cdot 98 - 90) \cdot 4 \div 60 =$
- G** HORA SOLAR REAL $G = F \pm u/60$
 CUADRO 1: 2a dec. de nov. $u = +15$
 $7.966 + (15 \div 60) =$

- F** 7.966 7:58 HRS.
G 8.216 8:13 HRS.

- H** θ_m (valor angular de la hora) $H = (G - 6:00) \cdot 15$
 $(8.216 - 6) \cdot 15 =$
- H'** $1 - \text{SEN} H$ (constante de cálculo)
 $1 - \text{SEN} 33.249 =$
- I** α_n (valor angular de la fecha - lat 0°) $\alpha_n = (T_n/T) \cdot 23.45^\circ$
 CUADRO 2: NOV/18 $T_n = 56, T_o = -90$
 $56 \div 90 \cdot 23.45 =$
- J** Aniz (valor angular de la fecha - lat D) $Aniz = (90 - D) \pm I$
 $90 - 19 = 14.591 =$

- H** $33.249^\circ \quad 33^\circ 15'$
H' 0.45172
I $-14.591^\circ \quad -14^\circ 35'$
J $56.408^\circ \quad 56^\circ 25'$

K Y_{nm} (coordenada) $Y_{nm} = \cos H \cdot \cos I$
 $33.249 \text{ [COS]} \times 14.591 \text{ [+]} \text{ [COS]} =$ K 0.809323

L X_{nm} (coordenada) $X_{nm} = \cos d - H' \cdot \cos I \cdot \text{SEN } D$
 $56.408 \text{ [COS]} - 1 \cdot 0.45172 \times 14.591 \text{ [+]} \text{ [COS]} \times$
 $19 \text{ [SEN]} =$ L 0.409782

M Z_{nm} (coordenada) $Z_{nm} = \text{SEN } d - H' \cdot \cos I \cdot \cos D$
 $56.408 \text{ [SEN]} - 1 \cdot 0.45172 \times 14.591 \text{ [+]} \text{ [COS]} \times$
 $19 \text{ [COS]} =$ M 0.420462

N A_{iH} (proyec. horizontal ang. incidencia) $A_{iH} = \text{ARC-TAN } K/L$
 CUADRO 3: X(+), Y(+) CUADRANTE I
 $0.809323 \div 0.409782 = \text{[INV]} \text{ [TAN]}$ N 63.145° 63° 9'

O A_{iV} (proyec. vertical ang. incidencia) $A_{iV} = \text{ARC-TAN } M/L$
 CUADRO 3: X(+), Z(+) CUADRANTE I
 $0.420462 \div 0.409782 = \text{[INV]} \text{ [TAN]}$ O 45.736° 45° 44'

P A_{iHd} (rotación proyección horizontal) $A_{iHd} = N \pm E$
 E = ESTE (+), W = OESTE (-)
 $63.145 \text{ [+]} 23 =$ P 86.145° 86° 9'

P' Z_2 (rotación coord. vertical) $Z_2 = \text{TAN } O \cdot \cos N$
 $45.736 \text{ [TAN]} \times 63.145 \text{ [COS]} =$ P' 0.463496

P'' X_2 (rotación coord. horizontal) $X_2 = \cos P$
 86.145 [COS] P'' 0.067221

Q A_{iHV} (rotación proyección vertical) $A_{iHd} = \text{ARC-TAN } P'/P''$
 $0.463496 \div 0.067221 = \text{[INV]} \text{ [TAN]}$ Q 81.747° 81° 45'

R A (azimut)

$$R = \text{ARC-TAN } K/L$$

CUADRO 3: X(+), Y(+) CUADRANTE I

$$0.809323 \div 0.409782 = \boxed{\text{INV TAN}} =$$

$$180 \rightarrow \boxed{Y} =$$

$$R \ 116.854 \quad \boxed{116^\circ 51'}$$

S h (proyección de altura) $R = \text{ARC-TAN } M/L$.

CUADRO 3: X(+), Y(+) CUADRANTE I

$$0.420462 \div 0.409782 = \boxed{\text{INV TAN}} =$$

$$g \ 45.736^\circ \quad \boxed{45^\circ 44'}$$

INSTRUCCIONES PARA CONVERSION DECIMAL \leftrightarrow SEXAGESIMAL

DECIMAL: grados + minutos / 60

SEXAGESIMAL: grados = entero de grados
 minutos = parte decimal x 60

- Este proceso fue realizado con una calculadora de bolsillo con funciones normales y científicas CASIO fx-78, los comandos indicados corresponden a este instrumento.

- BARDOU, PATRICK. SOL Y ARQUITECTURA
Ed. Gustavo Gili, Barcelona. 1980
- BERTRÁN DE QUINTANA, MIGUEL. EL SOL EN LA MANO
U.N.A.M., México. 1982
- INSTITUTO DE ASTRONOMÍA ANUARIO DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL PARA EL AÑO DE 1983.
U.N.A.M., México.
- MALACARA H., DANIEL "EL RELOJ DE SOL"
En Revista CIENCIA Y DESARROLLO, CONACYT, 1984
No. 59.
- STRAHLER, ARTHUR N. GEOGRAFÍA FÍSICA
Ediciones Omega S.A., Barcelona 1982
- WEBSTER WELLS. TRIGONOMETRÍA PLANA Y ESFÉRICA.
D.C. Heath & Cía., Editores, Boston, 1966.

EL DISCO DE PROYECCIONES SOLARES SIRVE PARA CALCULAR EN FORMA SIMPLE LOS DATOS EN PROYECCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES. (ÁNGULO DE INCIDENCIA).

- EN EL LADO CORRESPONDIENTE AL PLANO VERTICAL SE OBTIENE LA PROYECCIÓN DE LA ALTURA DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA.
- EN EL LADO DEL PLANO HORIZONTAL SE OBTIENE EL AZIMUT DE LA PROYECCIÓN DEL MISMO ÁNGULO.

ESTE MEDIO PERMITE FORMARSE UNA IDEA GENERAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS DESPLAZAMIENTOS APARENTES DEL SOL, DENTRO DE LAS LIMITACIONES EXPUESTAS EN LA INTRODUCCIÓN DE ESTE ESTUDIO. (Fig. 4). A CONTINUACIÓN SE DAN LAS INDICACIONES PARA SU MANEJO Y SE PRESENTAN LOS ESQUEMAS EXPLICATIVOS.

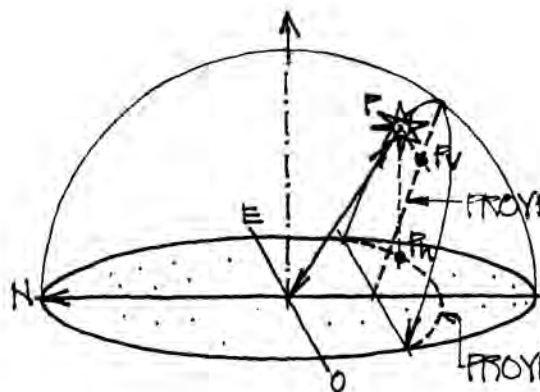
PLANO VERTICAL.

1. SE COLOCA EL SELECTOR DE LATITUD EN EL PUNTO CORRESPONDIENTE A LA LATITUD DEL LUGAR DEL QUE SE REQUIERE INFORMACIÓN.
2. SE GIRA EL SELECTOR DE POSICIONES HASTA QUE LA PROYECCIÓN DEL RAYO SOLAR QUEDE UBICADO SOBRE LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE A LA FECHA Y HORA SELECCIONADAS.
3. LA PROYECCIÓN DE LA ALTURA SE LEE EN LA PARTE INFERIOR Y SE REMITE AL CUADRANTE INDICADO.

PLANO HORIZONTAL.

1. SE GIRA EL SELECTOR DE POSICIONES HASTA QUE LA PROYECCIÓN DEL RAYO SOLAR QUEDE UBICADA SOBRE LA POSICIÓN CORRESPONDIENTE A LA HORA, FECHA Y LATITUD SELECCIONADAS.
2. LA LECTURA DEL AZIMUT DEL ÁNGULO DE INCIDENCIA, SE REALIZA EN LA ESCALA DEL SELECTOR (cada 10° hasta el norte) Y SE COMPLEMENTA CON LA ESCALA DE AJUSTE (para las unidades de grado.).

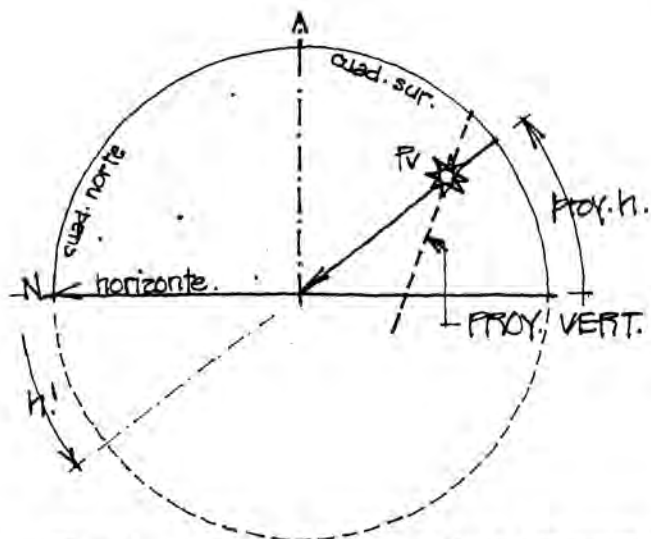
LA PROYECCIÓN DE ALTURA Y AZIMUT SE OBTIENEN A PARTIR DE LA LÍNEA QUE UNE LA PROYECCIÓN DE LA POSICIÓN SOLAR CON EL PUNTO DE OBSERVACIÓN. ÉSTA REPRESENTA LA DIRECCIÓN DE LOS RAYOS.



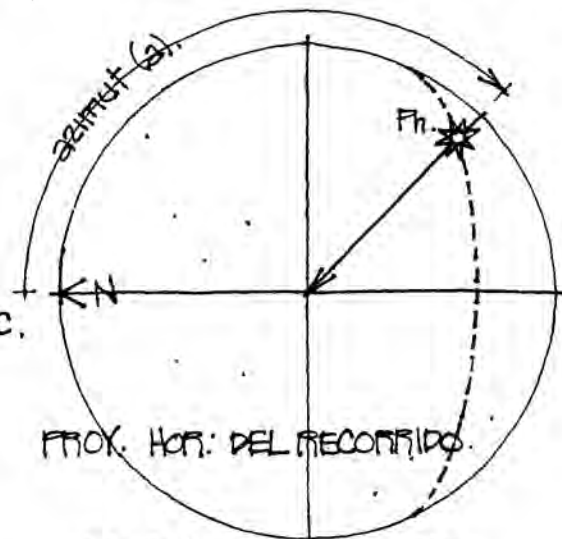
PROYECCIÓN VERT. DEL RECORRIDO.

P. POSICIÓN DEL SOL EN UNA FECHA Y HORA DETERMINADAS.

FV. PROYECCIÓN VERTICAL DE LA POSICIÓN
FH. PROYECCIÓN HORIZONTAL DE LA POSICIÓN

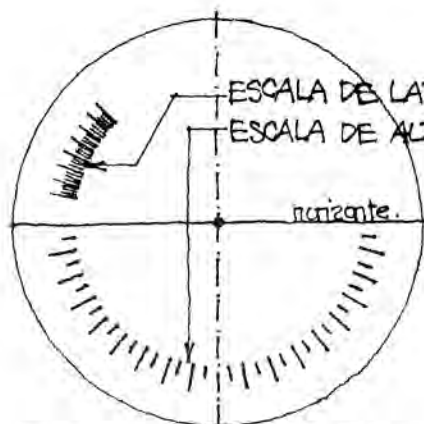


PROYECCIÓN EN EL PLANO VERTICAL
(altura - h).

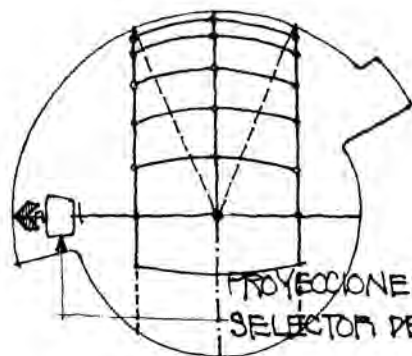


PLANO HORIZONTAL.
azimut (a)

PROYECCIÓN VERTICAL DEL ANG. DE INCIDENCIA (ALTURA).

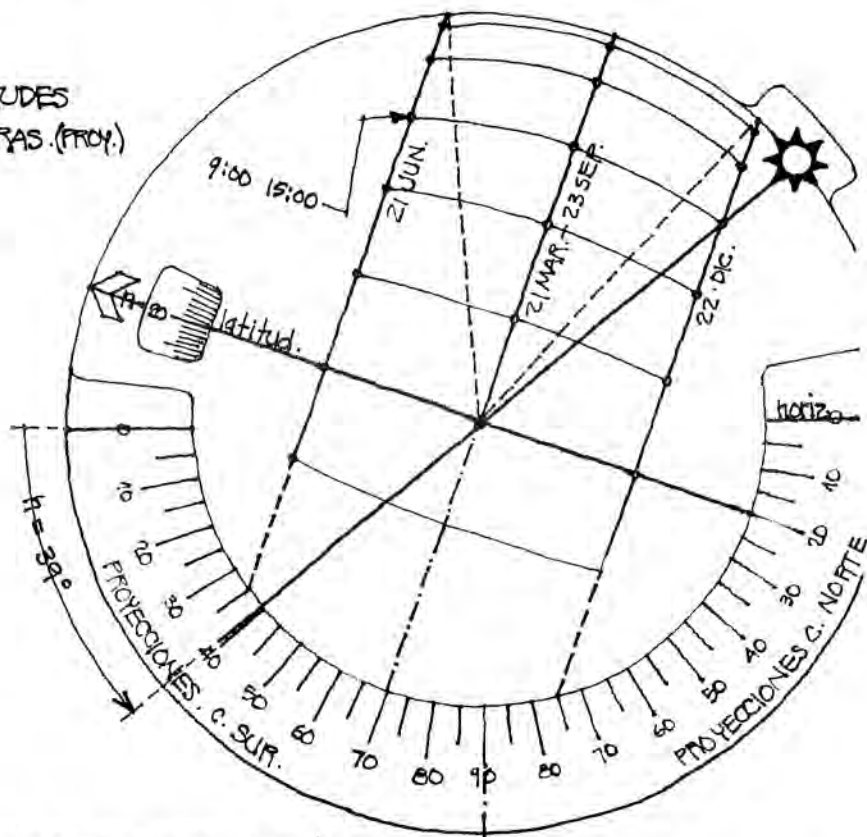


BASE DE REFERENCIA.
(PROY. VERTICALES).



PROYECCIONES DE RECORRIDOS. (VERT.).
SELECTOR DE LATITUD.

ELEMENTO AJUSTABLE DE PROY. VERTICAL
DE RECORRIDOS SOLARES.
(LAT. 10° a 35°).



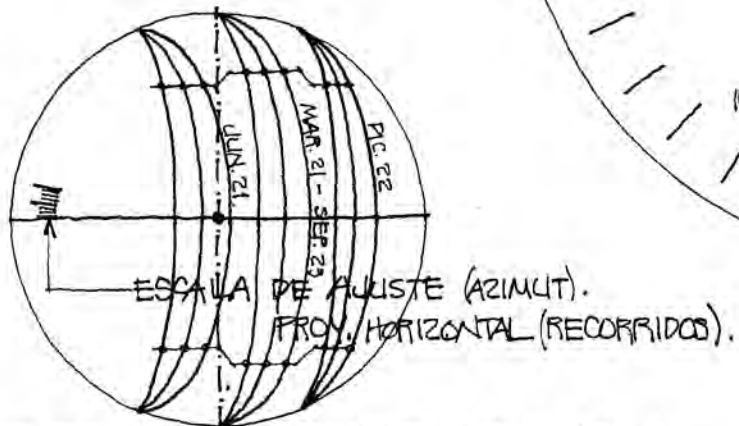
PROYECCIÓN VERTICAL

LATITUD. 20°
FECHA DIC. 22
HORA 9:00
ALTURA. 39° cuad. sur

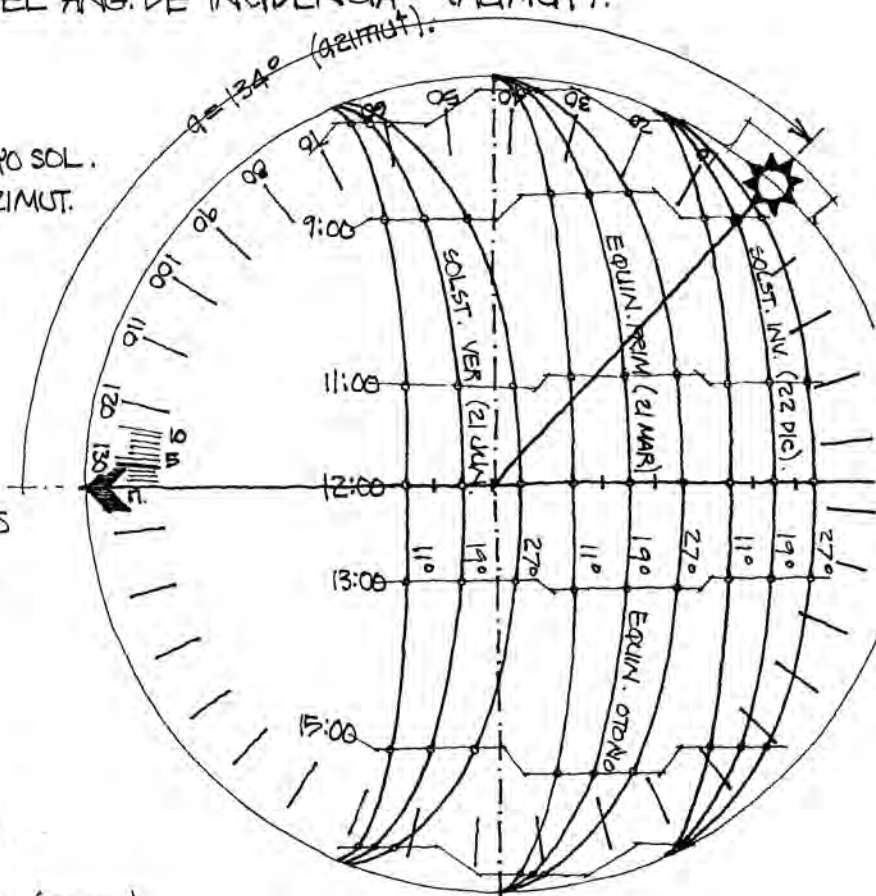
PROYECCIÓN HORIZONTAL DEL ANG. DE INCIDENCIA (AZIMUT).



SELECTOR DE POSICIONES (LATITUD, HORA Y FECHA).



BASE DE PROYECCIONES HORIZONTALES. (PROY. DE RECORRIDOS SOLARES).



PROYECCIÓN HORIZONTAL.

LATITUD. 20°
 FECHA DIC. 22
 HORA. 9:00
 AZIMUT. 134°

