

809

ARQUITECTURA

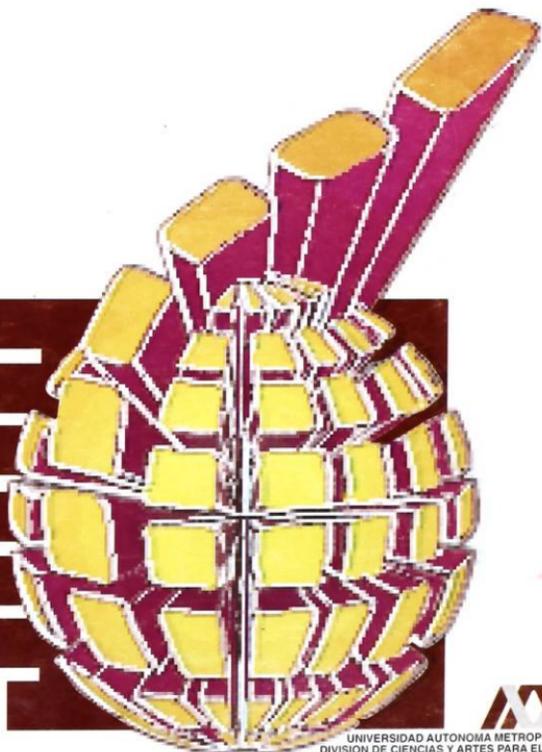
UNA ALTERNATIVA DE ENSEÑANZA

# SOLII

ANÁLISIS  
DEL  
SITIO

HUMBERTO  
RODRIGUEZ  
GARCIA

MA. LOURDES  
SANDOVAL  
MARTINON



  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DISEÑO







# INDICE

Prólogo	a-b
Presentación	I
Antecedentes	vii
Introducción al análisis del sitio.	XXV
El Análisis del Sitio.	XXXI

## SOL II.

Introducción.	280
---------------	-----

Cuadro Núm. 1.	
"Trazo de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal."	281

Cuadro Núm. 2.	
"Conversión hora solar - hora civil."	305

Cuadro Núm. 3.	
"El impacto del Sol en un volumen construido."	327

Cuadro Núm. 4.	
"Trazo de las zonas de iluminación interior."	359

2894339

Cuadro Núm. 5.	
"Trazo de las zonas de sombra."	449
Cuadro Núm. 6.	
"Obtención de los ángulos de altura y acimut."	475
Cuadro Núm. 7.	
"Determinación del asoleamiento para cualquier orientación."	489
Conclusión.	515
Bibliografía.	517

## PROLOGO.

### ARQUITECTURA :

Una alternativa de enseñanza.

Análisis del Sitio : SOL II.

Humberto Rodríguez García y

María de Lourdes Oandoval Martinión.

El reconocimiento de que el quehacer proyectual debe conllevar como primera consideración la lógica incorporación del espacio construido a un medio ambiente determinado que debe ser respetado y al cual debe adecuarse, es una premisa que reclamo del diseñador cada vez con mayor urgencia una actitud consciente y responsable hacia su entorno. Esta posición del profesional del diseño deberá concebir al conocimiento y aplicación de los recursos bioclimáticos no como una mera curiosidad técnica o como un dejo de originalidad en el tratamiento del medio ambiente, sino como un ineludible compromiso del quehacer proyectual de asumir la doble responsabilidad de proporcionar al usuario niveles adecuados de confort y habitabilidad en una relación armoniosa con su entorno.

Tal es el enfoque de las obras SOL y SOL II. y la mística de sus autores, quienes con el interés de contribuir a la toma de conciencia de la importancia del clima como uno de los considerandos centrales del diseño urbano y arquitectónico, se han dado a la tarea de realizar sendas monografías sobre cada uno de los factores

y su aplicación como variables del diseño. A partir de una relación inicial maestro-alumna, los autores han posibilitado en base a la coincidencia de sus personales objetivos y aspiraciones, la conformación de una interesante mancuerna de trabajo donde, en la suma de capacidades y esfuerzos se han planteado ambiciosas metas en términos de investigación y difusión de la cultura, donde las obras referidas configuran uno de sus primeros e interesantes frutos de coautoría.

Continuación obligada en el análisis detallado de las distintas condiciones de asoleamiento que inciden en los edificios. **Sol II** constituye una guía en la que el lector podrá ser llevado paso a paso en la construcción de herramientas gráficas que faciliten el análisis de la incidencia de los rayos solares en los espacios exteriores e interiores. Con esa base, el diseñador podrá establecer los mecanismos de control de asoleamiento convenientes en cada paso particular de diseño.

Lectura obligada para el estudiante de arquitectura, este libro constituye también muy

conveniente material de consulta para el ejercicio profesional del arquitecto y el urbanista cuyas expectativas trasciendan los límites del diseño convencional para ubicarse ante la posibilidad de hacer uso de un recurso que es tan noble y cotidiano.

Carlos H. Moreno Tamayo.

# Presentación



## PRESENTACION.

Es evidente que el crecimiento de las principales ciudades mexicanas (siendo el ejemplo más ilustrativo la Cd. de México), se ha dado en forma explosiva, y en un lapso relativamente corto (entre 20 y 50 años), y que con ello se ha creado un desarrollo industrial y social que ha sobrepasado en múltiples ocasiones la capacidad de respuesta de la misma sociedad, que procure en todos los órdenes (económico, político, social), un desarrollo armónico con ella misma y su entorno.

Es por ello, que el desarrollo urbano-arquitectónico puntual de la Cd. de México se ha dado en lo general, sin un orden y una planeación adecuadas, lo que ha provocado que los diferentes elementos de equipamiento urbano, como son espacios para Salud, Vivienda, Trabajo, Recreación, etc. no se manifiesten como verdaderos y satisfactorios respuestas de Dineño a las necesidades del hombre ni a los diferentes ecosistemas (naturales y artificiales) en los que se desarrolla y de los que forma

parte principal.

Así, el Arquitecto, como creador del hábitat humano, y efectivo actor de la transformación del medio natural en un medio artificial enfrenta actualmente un reto de gran magnitud: lograr dicha transformación en forma armoniosa con el entorno y con el hombre mismo en aras de una mejor calidad de vida.

La frecuente especialización de la tarea arquitectónica en nuestros tiempos quizá ha provocado cierto desconcierto en el diseñador del hábitat humano: se especializa en el diseño de estructuras, de instalaciones, de ecotecnias, en el cálculo de los costos, de la propia expresión gráfica del proyecto, y recientemente en el uso de la informática y la computación como herramientas del diseño, pero, en muchas ocasiones se pierde el criterio unificador que conjunte todas estas variables, cuya esencia, aunque propia de la Arquitectura, se diluye al no lograr integrar estos factores en uno solo, y no se logra concebir

# presentación.

el proyecto como un todo, sino sólo como una suma de las partes.

Es por ello necesario que el Arquitecto recobre nuevamente la capacidad de síntesis propia de esta profesión, que permita conjuntar en su obra los valores sustantivos de la Arquitectura (Villagrán): útiles, lógicos, estéticos y sociales, para crear soluciones de diseño acordes a las necesidades del sitio y ámbito en que se desarrolla, así como a los recursos naturales y humanos que se posean, en relación a los factores que moderan su uso (políticas, estrategias, leyes, reglamentos).

De ahí la importancia de la educación universitaria en la formación de profesionistas, Arquitectos y Urbanistas, que estén conscientes de la magnitud y responsabilidades de su labor en la solución a los problemas que le son inherentes a su campo de acción.

Hay que recordar por ello, la finalidad con la que fue creada la UAM, "... impartir Educación Superior de Licenciatura... procuran do que la formación de profesionistas corres-

ponda a las necesidades de la sociedad... en atención primordialmente a los problemas nacionales."\*

Y que, en nuestro particular campo de acción, el campo del Diseño, se haya procurado crear la División de Ciencias y Artes para el Diseño CYAD como una "Cuarta Área del Conocimiento", con características y objetivos propios, que particularmente en la licenciatura de Arquitectura propicie esa respuesta a la demanda de profesionistas comprometidos tanto en el Diseño Arquitectónico como en el Diseño Urbano.

## El Modelo CyAD y el Proceso de Diseño.

La División de Ciencias y Artes para el Diseño de nuestra Universidad ha propuesto, desde sus orígenes, una metodología propia y particular que ordena las múltiples variables que se dan para concebir el

\*Ley Orgánica UAM  
Artículo 2°

# presentación.

Diseño (en toda su amplia gama de alternativas, incluyendo por supuesto, el Diseño Arquitectónico y Urbano), en una secuencia lógica que permita al estudiante y futuro profesionalista comprender la simbiosis entre las condiciones económicas, políticas y sociales, y sus propias habilidades analíticas, técnicas, artísticas, desmitificando al acto de diseñar de su carácter oscuro, y confiriéndole racionalidad por medio de un sistema, de un proceso... de un PROCESO de DISEÑO.

En este sentido, La División de Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM-Azcapotzalco ha elaborado diferentes documentos que sustentan la tesis de la 4ª área del conocimiento para definir en toda su complejidad lo que es el proceso de diseño.

Entre ellos surge el libro "verde": "Arquitectura, Una Alternativa de Enseñanza",<sup>(1)</sup> documento cuya intención básica es la de contribuir a la reflexión acerca del profesionalista actualmente requerido en el país, un Arquitecto capaz de comprender el Porqué, el Para qué, y el Para quién se diseña; un profes-

ionalista capaz de gozar el acto mismo del Diseño".<sup>(1)</sup>

Esta "Alternativa de Enseñanza" abarca también el propósito de definir ordenadamente el Proceso de Diseño al mostrar la secuencia metodológica seguida en el desarrollo de un proceso integral de Diseño, apoyada en la experiencia académica referente al desarrollo de un Caso de Estudio (el Caso Precreación).

Y, a partir de "Arq.: Una Alternativa de Enseñanza", y como una exigencia de la propia metodología propuesta en él, surge el presente documento "Análisis del Sitio", el cual al rigido básicamente al estudiante de la Carrera de Arquitectura, (sobre todo a aquel que está desarrollando su proceso integral de Diseño de los últimos trimestres), trata de lograr una explicación más puntual de la importancia del análisis de los diferentes elementos que conforman el Ecosistema con el que se define un sitio: tanto de los elementos que conforman el Medio Ambiente Natural [Elementos Bióticos (flora y fauna),

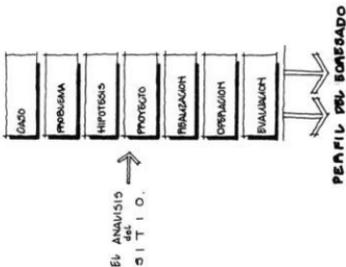
(1) Arquitectura: Una Alternativa de Enseñanza. Humberto Rodríguez García. UAM-Azcapotzalco. México, 1988.

# presentación.

Elementos Abióticos (Sol, Viento, Agua, Tierra), y Factores Climáticos-], así como los elementos del Medio Ambiente Artificial [Elementos Tangibles (Infraestructura, Equipamiento), y Elementos Intangibles (Tradicón, Costumbres, Identidad)], y de los Factores Moderadores que regulan la relación entre ambos (políticas, estrategias, leyes, reglamentos), durante el desarrollo de un proceso de Diseño.

Todo ello, sin menoscabo de que los conceptos vertidos en el presente documento pueden ser de utilidad para el docente y profesionalista del Diseño Arquitectónico, ya que sin convertirse en un escrito especializado en cualquiera de los elementos antes mencionados (Sol, viento, elementos intangibles, por ejemplo), si trata de mostrar como es que estos elementos definen el Carácter e imagen de cada sitio en el que se ha de proyectar, con el fin de despertar y/o acrecentar la propia sensibilidad del diseñador para apreciar los valores más significativos del lugar y poder después elaborar respuestas de diseño que respeten y enriquezcan tales valores.

Por todo ello, el objetivo resulta simple: indicar, señalar, que la Arquitectura y el Diseño Urbano tienen una relación intensa con el DONDE se ha de diseñar (el Sitio), y que la ambición de este documento está implícita en la definición propia de la palabra "documento: escrito que sirve para probar algo"; así pues éste sirva para mostrar y probar, en primer lugar que esta relación existe, y como es que se da dentro del gran marco metodológico del documento del cual emana "Arquitectura: Una Alternativa de Enseñanza", y de la línea metodológica propuesta en la tesis que sustenta nuestra gran "4ª área del Conocimiento"... el Diseño.



**antecedentes.**



## ANTECEDENTES.

Se ha hecho mención de que, en el documento "Arquitectura: Una Alternativa de Enseñanza", (del cual emana este escrito), se aborda la problemática metodológica particular de un Caso de Estudio (Pereceación) que surge en un ejercicio académico, para que el alumno pueda comprender como, a través de una serie de fases ordenadas, es viable desarrollar un útil y valioso proceso de Diseño.

Y, que aunque se ha tomado como ejemplo el Caso Pereceación, la metodología propuesta en el documento bien puede servir como referencia para el estudio y desencadenamiento del Proceso de Diseño de cualquier otro Caso de Estudio como pudiera ser Vivienda, Educación, Salud, etc.

Así también la inferencia del Análisis del Sitio mostrada en el documento mencionado (que se expone a modo de resumen en las siguientes líneas) para un Caso específico (Pereceación), también puede ser válida para cualquier otro Caso de Estudio, claro está, con las propias particularidades que el estudio de cada Caso pueda exigir.

### EL MGPD...

#### Variable: el Proceso de Diseño.

Como se ha apuntado, el MGPD (el Modelo General del Proceso de Diseño) tiene como finalidad lograr una sistematización de las fases para desarrollar un Proceso de Diseño, pero...

¿En dónde empieza y dónde termina un Proceso de Diseño?

Sería erróneo pensar que éste comienza en el momento en que el diseñador hace uso del espacio, del color, de la forma y la textura para conformar un proyecto. El verdadero proceso comienza mucho antes, ... : cuando se analizan las razones primeras del PORQUE y PARA QUE se está diseñando, cuando se comprende CUAL es el Caso de Estudio y los problemas a satisfacer que de él se derivan y concluyen; cuando se hace un exhaustivo estudio del USUARIO

# antecedentes.

y se elaboran Programas de Requerimientos reales y verdaderos. Cuando se investigan y se proponen útiles Normas de Diseño.

Elementos todos ellos que enriquecen y dan sentido real a la consecuente etapa de Proyecto. Pero, el Proceso tampoco termina con la elaboración del proyecto, sino mucho después, cuando también se elaboran Programas para la Realización de la Obra, así como Programas de Mantenimiento y Operación, además de Evaluación, para prever y diagnosticar el impacto en el ámbito socio-cultural y natural del Usuario, y definir si éste proyecto se manifestaría como la respuesta de Diseño a la problemática detectada que se desea solucionar.

## Fases del Proceso :

### (C) CASO

Partiendo de un Universo, que es el ámbito natural y social de un usuario determinado, se elige un gran concepto donde las necesidades de éste sean evidentes (problemáticas prioritarias) Ejemplos de conceptos o Casos de estudio en

el ámbito urbano-arquitectónico : Recreación, Salud, Vivienda, Educación, Trabajo.

### (P) PROBLEMA.

En base a las conclusiones obtenidas en el estudio del CASO, se detecta una serie de problemáticas, y se define cual es el problema particular que se ha de resolver. Por ejemplo, en el Caso de Estudio Recreación, existen problemas tales como: la Recreación Cotidiana, la Recreación Semanal-Mensual, y la Recreación Anual. Problemas definidos gracias a la estructura espacio-tiempo que se concluyó durante la investigación del Caso (Recreación).

### (H) HIPOTESIS

Con todo el cúmulo de información se comienzan a plantear las primeras hipótesis ó preferencias de los espacios para el Usuario, mediante el conocimiento del DONDE se llevaría a cabo la solución proyectual, así como también el COMO tendrían que ser estos espacios. En base a un Análisis del Sitio, y a una investigación del Usuario por medio de encuestas, y a la in-

investigación de índices o normas de diseño, que concluyan en útiles PROGRAMAS DE REQUERIMIENTOS para comenzar a proyectar.

## (P) PROYECTO.

Se desarrolla el proyecto sobre un espacio real, para un usuario real, con ayuda de todas las prefiguraciones y la lluvia de ideas que han surgido en las anteriores etapas.

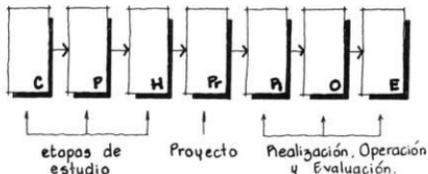
## (R) REALIZACION.

Se elaboran procesos y programas para construir y llevar a cabo la realización física y material del proyecto, tales como: Calendarios de Obra, Procesos de Cálculo y Diseño Estructural, Análisis de Costos, de Partidas presupuestales, etc.

## (O) OPERACION.

Se elaboran programas de operación y mantenimiento, para que el espacio proyectado, a través del tiempo y del uso que se le dé, pueda seguir funcionando en óptimas condiciones.

## MODELO GENERAL DEL PROCESO DE DISEÑO.



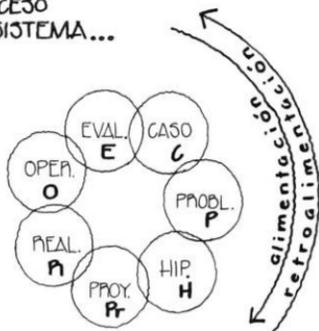
## EL PROCESO COMO UNA SECUENCIA ...

## (E) EVALUACION.

Se prevén estudios de evaluación, para que el espacio proyectado, a través del tiempo, enriquezca el entorno y el medio del cual surgió, en base a la valoración de sus cualidades formales, estéticas, constructivas, y sobre todo, de concepto.

# antecedentes.

## EL PROCESO COMO SISTEMA...



Es importante hacer notar que aún y cuando el Modelo se plantea aparentemente en forma lineal, la realidad es que debe de existir una retroalimentación constante, desde el principio del Proceso (en las etapas de estudio), y en todo lo largo de su desarrollo; para que verdaderamente, las conclusiones y premisas que se vayan obteniendo, sirvan de apoyo a las fases posteriores, y a la vez, los nuevos datos sirvan para enriquecer las conclusio-

nes que ya se habían hecho. En suma, el Modelo debe ser visto, además de una secuencia, como un sistema continuo de alimentación y retroalimentación.

Por otro lado, el Modelo prevee también, que para lograr una útil búsqueda de los datos que son necesarios para llevar a cabo cada una de las fases que integran el Proceso, (Caso, Problema, etc.), éste debe estar auxiliado por los 3 eslabones que se unen en forma integral en uno sólo para integrar el **SISTEMA ESLABONARIO** del Proceso:

### A. ESLABON TEORICO.

En el eslabón teórico, se investigan y analizan los datos provenientes de las tesis teóricas que analizan conceptualmente cada tema que se toca en el proceso.

### B. ESLABON TECNOLÓGICO.

En el eslabón tecnológico, se realiza la investigación y aplicación de los datos estadísticos, técnicos ó de índole tecnológica que intervengan en el Diseño ó para el Diseño.

**C. ESLABON METODOLOGICO.**

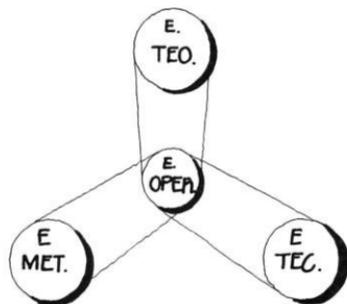
Es el eslabón que guía y estructura los datos, para seleccionarlos ó desecharlos, haciendo válida la regla de que "Dato que no sirva para diseñar, se desecha."

**P. ESLABON OPERATIVO.**

Toda la información que se obtiene de los demás eslabones (los datos teóricos, técnicos ó tecnológicos) se reúne en este eslabón para poder formular conclusiones generales que sirvan y se apliquen en el campo del Diseño.

Con esta sistematización de los datos, propia del Sistema Eslabonario CYAD, se podrá realizar una mejor búsqueda de la información, para clasificar los datos, y poder finalmente reunirlos sin que se olvide la investigación de alguno.

Finalmente podemos concluir que el Sistema Eslabonario debe convertirse en un instrumento de clasificación de la información que debe estar presente a lo largo de todo el proceso de diseño : ya que cada fase del mismo requiere, tanto la investigación de la información requerida para elabo-

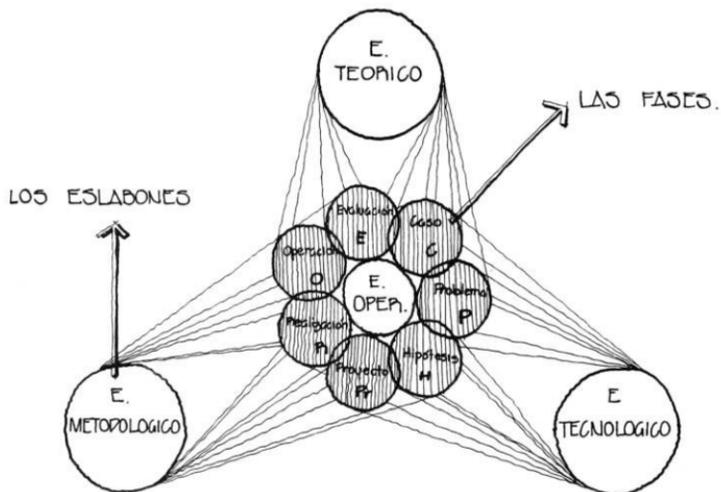


SISTEMA ESLABONARIO

rar el estudio del Caso, definir el Problema, formular las hipótesis, realizar el Proyecto, su Operación, y finalmente su Evaluación, así como un manejo de todos estos datos que proporcione conclusiones ó conceptos importantes en el Eslabón Operativo.

antecedentes.

## INTERRELACION DE LOS ESLABONES CON LAS FASES.



## NUESTRO CASO DE ESTUDIO: RECREACION

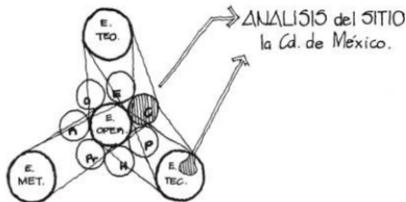
Una vez establecida por un lado, la importancia de la formación de Arquitectos y Urbanistas verdaderamente comprometidos con su labor social de crear espacios DIGNOS para el hábitat humano en nuestra Ciudad, así como la importancia de seguir una metodología en la que incidan estas variables en un proceso DE y PARA diseño, es necesario, enfatizar como es que estos elementos tienen relación con nuestro Caso particular de estudio: la Recreación, y cual es el lugar que ocupa el ANÁLISIS DEL SITIO (el objetivo del presente documento) en la estructura general del proceso.

### 1.

#### EL ANÁLISIS DEL SITIO Y EL ESTUDIO DEL CASO.

- ¿Porqué Recreación?
- ¿Que es la Recreación?
- ¿Cómo se da la Recreación?

#### ESTUDIO DEL CASO...



#### ¿COMO ES LA RECREACION EN LA CD. DE MEXICO?

Si pudiera definirse a grandes rasgos el propósito del Estudio del Caso, éste sería la búsqueda de respuesta a las anteriores preguntas ¿Porqué?, ¿Qué es? y ¿Cómo se da? la Recreación.

Por lo que se establece por un lado la necesidad de documentarse en tesis, fuentes bibliográficas y diversos elementos teóricos donde pueden ser obtenidas estas respuestas. Es entonces que es-

# antecedentes.

temos hablando propiamente de la elaboración del marco teórico del Estudio del Caso.

Ahora, si todas estas preguntas las refferimos posteriormente a un SITIO específico, que es precisamente el ámbito que vamos a abordar, o sea, La Ciudad de México, las respuestas serán particulares a ese medio, de acuerdo a las características de la población que lo habita y al medio físico en la que ésta se desenvuelve.

Como se observa, necesitamos realizar un ANALISIS DEL SITIO en el que intervengan las múltiples variables que son necesarias para poder definir a la Pierecreación en la Ciudad de México. Estas variables son por ejemplo un análisis poblacional, pirámide de edades, índices de escolaridad, alcoholismo, drogadicción, contaminación, las formas de recreación cívicas como ver televisión, cine, teatro, el deporte, las excursiones, los días de campo, los viajes, etc. etc. Todos estos datos, estadísticos y de reporte, se auxilian de otras disciplinas como la economía, la sociología, la psicología, etc. y con los que conforman el desarrollo del MARCO TECNOLÓGICO del Caso.

Por lo que podemos concluir que la función

del Análisis del Sitio en el estudio del Caso Pierecreación es entender COMO es el Sitio (Cd. de México) para poder definir ¿Porque?, ¿Que es?, ¿Cómo se da? ¿En dónde se da? la Pierecreación en la Ciudad de México.

## 2.

### EL ANALISIS DEL SITIO, Y LA DEFINICION Y ESTUDIO DEL PROBLEMA

En el Estudio del Caso se observa que el Análisis del Sitio se refiere básicamente a la Ciudad de México como ámbito de estudio. Sin embargo, al discutir y concluir la estructura de la Pierecreación<sup>(2)</sup>, se tiene que debido a las diferencias de espacio y tiempo de las diversas actividades recreativas, estas pueden ser realizadas en diferentes lugares ó sitios, y en diferentes periodos temporales:

#### ESTRUCTURA ESPACIAL-TEMPORAL DE LA PIERECREACION.<sup>(2)</sup>

- La Pierecreación Cotidiana
- La Pierecreación Semanal-Mensual
- La Pierecreación Anual

(2) El Nombre y la Pierecreación

Arq. Humberto Rodríguez García IUM-Acapotzalco. 1982.

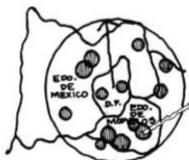
## ESTRUCTURA DE LA RECREACION.



LA CALLE  
EL BARRIO  
LA COLONIA

### RECREACION COTIDIANA.

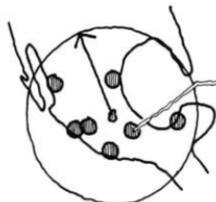
Que se realiza diariamente en espacios urbanos como La Calle, centros recreativos de barrio o colonia.



LA COLONIA  
LA CIUDAD  
LA REGION

### RECREACION SEMANAL-MENSUAL

Que se realiza en fines de semana y en espacios más alejados de la vivienda del usuario, en espacios recreativos dentro de la Ciudad, o en la región que rodea a la misma, como parques nacionales, balnearios, campamentos.



LA REGION

### RECREACION ANUAL.

Que se realiza en períodos anuales, y en radios de acción más amplios, en centros recreativos y turísticos de las regiones que integran el país.

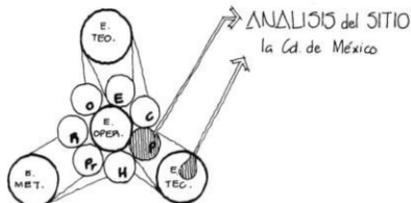
● = espacios recreativos.

ESPACIO

TIEMPO

# antecedentes.

## DEFINICION DEL PROBLEMA...



¿CUAL TIPO DE RECREACION PARA LA CIUDAD DE MEXICO?

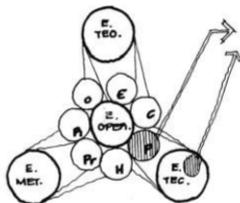
¿Cotidiana? ¿Sem-Mensual? ¿Anual?

El Análisis del Sitio es una herramienta para determinar CUAL es el tipo de Recreación en la Ciudad de México en la que se detecta la mayor problemática para un usuario específico, y en la que el campo de acción del Arquitecto puede ofrecer una mejor solución ¿la cotidiana?, ¿la Semanal-Mensual?, ¿la Anual?

Y en segundo lugar, ya detectado y defi-

nido el Problema, poder estudiar más ampliamente como se da el tipo de Recreación elegida, en los diferentes espacios y periodos temporales que le son particulares. Tomando en cuenta que el Análisis del Sitio puede ya, no referirse solamente a la Ciudad de México como ámbito de estudio, sino también a los lugares o sitios en los que el tipo de Recreación definida (cotidiana, semanal-mensual, anual) se manifiesta; como los poblados que rodean a la Ciudad (en el caso de la recreación semanal), o en los sitios turísticos del país (para la recreación anual-vacacional).

ESTUDIO DEL PROBLEMA...



ANÁLISIS del SITIO

COTIDIANA

SEMANAL - MENSUAL

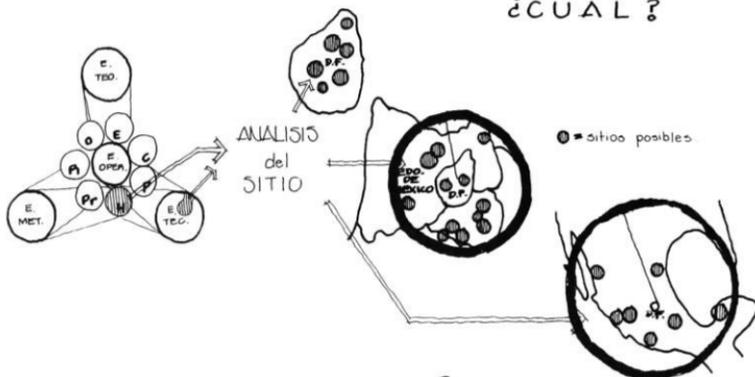
ANUAL - VACACIONAL

¿COMO ES LA RECREACION  
(cotidiana, semanal-mensual, ó anual)  
EN LOS DIFERENTES SITIOS ?

# antecedentes.

3.

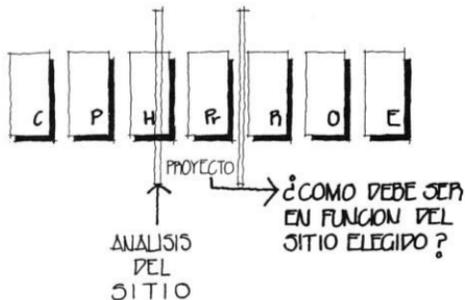
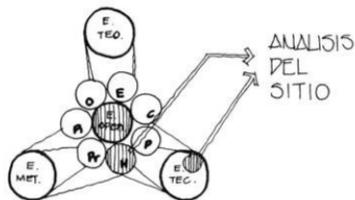
EL ANALISIS DEL SITIO Y LA(S) HIPÓTESIS.



Con todo el bagaje de conocimientos, tanto del Estudio del Caso, así como el de la Definición y Estudio del Problema, se procede a formular las hipótesis pertinentes :

**¿COMO SOLUCIONAR EL PROBLEMA EN NUESTRO PARTICULAR CAMPO DE ACCION ?**

Siendo nuestro campo de acción el Diseño Arquitectónico, que se liga íntimamente con el Diseño y Planeación Urbana, se proponen soluciones para la creación de espacios que tienen que requerir forzosamente una localización geográfica en un sitio ó una localidad, donde el tipo de Recreación definida se pueda manifestar. Es entonces donde surge naturalmente la necesidad de un estudio para ELEGIR el (ó los) SITIOS adecuados que se localicen dentro



del radio de acción del tipo de Recreación elegida.

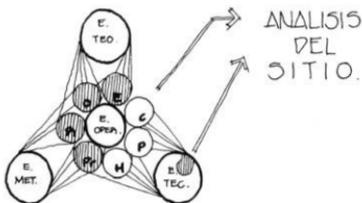
Posteriormente, y una vez elegido el sitio i-dóneo donde se desarrollará el Proyecto, se tendrá que hacer un estudio, mucho más exhaustivo para conocer con precisión ese sitio, que es, a fin de cuentas, donde se tendrá que luchar por mantener la armonía entre las soluciones formales, de textura y color, y los elementos naturales, culturales

y moderadores que conforman el sitio. Es decir, un Análisis del Sitio para prefigurar el CARACTER del proyecto consecuente.

# antecedentes.

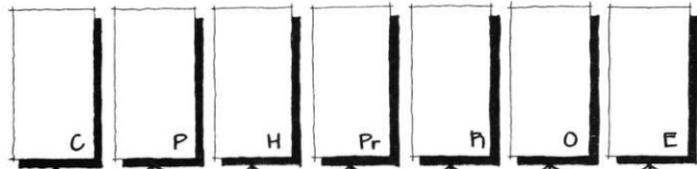


## EL ANALISIS DEL SITIO Y LAS DEMÁS ETAPAS.



Por último, es conveniente señalar que aun y cuando el ANALISIS DEL SITIO es vital para desarrollar con éxito las primeras fases del Proceso de Diseño (Caso, Problema, Hipótesis), además de intervenir en forma rotunda en el COMO debe ser el proyecto, también en los demás etapas del Proceso tiene injerencia directa como se observa en el siguiente gráfico, donde se resume la importancia del Análisis del Sitio a lo largo del Proceso de Diseño :

## EL ANALISIS DEL SITIO Y EL PROCESO DE DISEÑO.



Análisis del concepto Reescrección referido al Sitio Ciudad de México.

Definición de la problemática cotidiana, semanal-mensual o anual en y para La Ciudad de México.

Elección del Sitio para ubicar La solución de Proyecto. ANÁLISIS del SITIO del lugar donde se proyectará. Hipótesis conceptuales acordadas con el sitio.

Proponer soluciones arquitectónicas en base a las características del sitio elegido.

La ejecución y los programas de regulación deben tomar en cuenta los recursos del sitio.

Los programas de operación y mantenimiento también deben ser acordes al sitio, y a sus recursos.

Comprobación del acierto o error en la elección del sitio y en los proyectos de diseño acordados al mismo.



introducción.



## INTRODUCCION.

La evolución que ha tenido la sociedad moderna en su desarrollo industrial revela un profundo desajuste entre éste y el desarrollo socio-cultural y con las condiciones que son básicas para que el hombre pueda habitar en la Tierra. Estos desajustes pueden ser observados desde múltiples puntos de vista, ya sea éticos, filosóficos, ecológicos, sociales, etc. Baste recordar la pobreza extrema de algunas regiones, el hambre, la contaminación, y otros sucesos que hacen dudar algunas veces si realmente estamos viviendo la era "moderna" de los albores del siglo XXI.

Estos planteamientos revisten importancia fundamental para la relación del hombre con la Arquitectura, ya que ésta, como generadora del hábitat humano, participa en forma contundente al transformar el medio natural y propiciar la creación de relaciones de todo tipo entre los seres que viven en él.

Por lo tanto, es muy importante cuestionarse :

¿Es el Diseño Arquitectónico y Urbano la respuesta a las condiciones del medio en el que estos participan ?...

Desafortunadamente, la respuesta no es siempre satisfactoria, ya que en frecuentes ocasiones los espacios construidos no toman en cuenta a su entorno y a las condiciones que se dan en el sitio de su realización, propiciando que el Diseño no participe para enriquecerlo, sino para deformarlo y degradarlo en sus condiciones naturales y culturales.

Por un lado, el uso irracional de los recursos naturales que se ha practicado, sobre todo a raíz de la Revolución Industrial, y por otro, la constante deshumanización y la búsqueda de la "modernidad", que impone brutalmente valores ajenos a las idiosincrasias particulares de cada lugar, hacen que la obra arquitectónica y urbana de nuestro tiempo, presente graves crisis de adecuación, tanto al Medio Ambiente Natural en el que se desarrolla, al Medio Ambiente Artificial que se crea como consecuencia de las relaciones sociales entre los hombres, así como también con los factores que regulan la re

# introducción.

lación entre estos dos tipos de medios que conforman el ecosistema de cada sociedad.

Se observa, por ejemplo, una falta de integración al Medio Natural, en la construcción de edificaciones con el uso de materiales que no siempre son adecuados para el lugar, en diseños deficientes que no toman en cuenta las condiciones bioclimáticas del sitio, y crean ambientes artificiales inadecuados para el confort humano, y que, además utilizando para estas climatizaciones artificiales tremendos gastos de energía fósil, térmica o nuclear, convierten a las edificaciones en generadores inmensos de contaminación.

En lo referente al Medio Artificial o Cultural, se advierte por ejemplo, una tendencia a imponer patrones de vida ajenos al sentir de cada comunidad, y creyendo ser portadores de la "modernidad", se realizan interpretaciones superficiales del sueño post-modernista; olvidando, y más grave aún, menospreciando las características socio-culturales y la forma de vida arraigada en la población de cada sitio, valores plasmados en las diversas características de fondo y respon-

do de la Arquitectura Vernácula.

Y, por último, existiendo planes y programas de desarrollo urbano, políticos e-  
conómicos, educativas, sociales, etc., se hace caso omiso de ellos, y aunque algunos de éstos lineamientos no son del todo adecuados para el lugar, bien vale la pena conocerlos, para rescatar y utilizar los propósitos válidos, y ¿por qué no? proponer nuevos factores que moderen las relaciones entre el hombre y el uso que éste hace de sus recursos naturales y culturales.

Considerada la Ciudad, y específicamente la metrópolis Ciudad de México, como el parámetro regulador donde se gestan los principales movimientos vanguardistas del Diseño Arquitectónico en nuestro país, es preocupante que el tipo de Arquitectura que actualmente se realiza, se convierta en el modelo que se pudiera transcribir a ciudades o poblados más pequeños, ya que en propósitos o esencia no está aportando ninguna innovación para resolver la difícil problemática del hábitat del

# introducción.

hombre moderno.

Esta tendencia solo propone transformaciones a la forma de las edificaciones, con la incorporación de nuevas tecnologías, pero olvida, por ejemplo, la comprensión del Análisis del Sitio, siendo que éste es pieza fundamental para determinar en primer término, el sitio ó los sitios idóneos para la realización material de la obra, y en segundo, para conocer con profundidad al sitio, y poder proponer soluciones coherentes con el uso de los diferentes elementos urbanos y edificaciones que lo rodean. Todo ello, con el fin de lograr un mejoramiento al irracional uso del suelo de las ciudades mexicanas, que influye rotundamente en el mal vivir y convivir de nuestra gente (grandes travesías para trasladarse del hogar al trabajo ó a la escuela, incompatibilidad de zonas industriales con zonas de vivienda ó educación, concentración excesiva de los servicios, etc, etc.).

Además de que, una vez elegido el sitio, se analicen ordenadamente todos los factores que intervienen en la creación de una obra

urbana ó arquitectónica: Factores Naturales (elementos bióticos, abióticos y factores climáticos), Factores Culturales (la estructura que crea el hombre como el equipamiento, la infraestructura; los conceptos intangibles como la tradición, la idiosincracia, los formas de vida, el gallego, etc), así como los Factores Moderadores que regulan la relación de estas variables (factores políticos, económicos, demográficos, etc.); en suma, que se propicie una nueva comprensión del quehacer arquitectónico que utilice al Análisis del Sitio como una herramienta valiosa en la creación y concepción de los espacios.

El propósito de todo ello, para un Arquitecto, es además configurar la información necesaria y lograr dar el gran salto de las etapas de estudio hacia la etapa proyectual, ya que al manifestarse los diferentes elementos del ámbito del usuario, comienzan a surgir inevitablemente las preferencias, la lluvia de ideas, que al ser ordenadas en el momento operativo, evitan la angustia y el desasosiego que impactan al Diseñador al enfrentarse a un papel en blanco y a un Programa de Requerimientos.

## introducción.

Y así, poder diseñar espacios concebidos PARA Y POR el hombre y su medio, que permitan la identificación entre ellos y el espacio proyectado, procurando que la obra mantenga un diálogo cordial con su entorno inmediato; que no se convierta en algo ajeno a él, sino que preserve los valores más significativos del hombre y el sitio, conociendo y respetando las condicionantes que existen, para poder plasmarlos en la difícil tarea que es la creación de Arquitectura.

**el  
análisis  
del sitio**



## EL ANALISIS DEL SITIO.

Antes de comenzar a describir cada uno de los conceptos que integran el Análisis del Sitio, es necesario enunciar la forma en la que se hará este estudio, cual será la estructura metodológica que se seguirá, y cuales serán los elementos ó variables que codifiquen cada dato, así como describir, en primer término, el concepto que desencadenará toda la investigación :

## EL SITIO.

¿Qué es el Sitio?

La definición que proporciona el diccionario del término Sitio es: "Lugar, Espacio"<sup>(1)</sup>. Sin embargo, este concepto en el lenguaje arquitectónico y urbano, es mucho más amplio, ya que involucra variables no sólo de espacio, sino también variables referentes a las actividades que el hombre realiza en sociedad en ese espacio físico.

¿Por qué?...

(1) Diccionario Enciclopédico Ilustrado Vol. III.  
Edit. Oopera, España, pp. 754.



## QUE ES EL SITIO



Simplemente porque el Hombre, a diferencia de los demás seres vivos, no ocupa sólo en forma natural el espacio en el que vive, come, duerme, se reproduce y muere. El hombre realiza una ocupación social del espacio, ya que crea intrincadas estructuras sociales que le permiten hacer uso de los recursos con los que cuenta el espacio físico, en un tiempo menor y con una eficacia mayor (gracias al desarrollo de la tecnología), para poder dedicar

## el análisis del sitio.

se a actividades cada vez más alejadas de las primarias ó básicas, y lograr la creación y evolución de una CULTURA HUMANA a través del tiempo.

Esta ocupación social a través de la Historia del Hombre, puede observarse desde el hombre primitivo, que aún en su calidad de nómada, logra traspasar barreras geográficas muy importantes, y que, con el desarrollo de cierta tecnología, (utensilios de caza, aprovechamiento del fuego), trasciende las Leyes Tróficas de la Naturaleza, poblando lugares inhóspitos para su condición humana y comienza a superar en gran medida, el llamado Determinismo Geográfico que obliga a las especies naturales a mantenerse ciertamente, donde existen condiciones propicias para su sobrevivencia.

Posteriormente, y con el descubrimiento de la Agricultura, y la invención de ciclos más eficientes en la producción de alimentos, se comienza a generar cierto excedente que le permite al hombre ocupar aún más su tiempo en la observación y contemplación de los fenómenos (elevar sus ojos al cielo), y propiciar el surgimiento de la Ciencia, el Arte y la Tecnología. Además de que, el manejo y control de ese excedente agrícola, genera también

relaciones de poder entre los hombres (lucha por el poder), que los llevan a constituir estructuras económicas y socio-políticas muy complejas para cada comunidad.

Es entonces, donde esta ocupación social del espacio cobra la mayor importancia en la historia de la humanidad: de las pequeñas comunidades, surgen los grandes conglomerados que conocemos como las Ciudades y se convierten en los centros rectores de la vida en sociedad del pueblo: Ur, Jericó, Babilonia, etc.; todas las primeras ciudades de la historia dan prueba fehaciente que el concepto de sitio para el hombre, va alejándose cada vez más del simple concepto del lugar donde existen recursos para sobrevivir; sino que el sitio es el lugar para vivir donde existe una intensa vida social, cultural, y donde siempre surge una continua lucha por controlar el poder.

Constituyéndose por último, y desde ese entonces, las formas de vida en sociedad que hoy en la actualidad están vigentes: la nación, el país, donde un cierto número de individuos, al compartir rasgos muy importantes, culturales y sociales, creados a través del tiempo por sus

# el análisis del sitio.

particulares tradiciones e idiosincrasias, propiciaban una evolución de su propia cultura que les permite adaptarse a los cambios (provocados por su propio desarrollo ó el de los países vecinos) ó a las catástrofes naturales y humanas que ocurren a través del tiempo (como los terremotos, las erupciones, las inundaciones, las guerras).

De esta forma, se observa que el sitio debe definirse no sólo como el espacio físico donde se desarrolla una comunidad, sino también como el ámbito cultural que se manifiesta en ese espacio. Entendiéndose este ámbito cultural como una "prefiguración de un modelo que involucra las diversas circunstancias que intervienen en el estudio de una comunidad real, con elementos representativos de una cultura nacional en un lapso de su evolución temporal."<sup>(1)</sup>

Para lograr una mejor comprensión de todos estos elementos que conforman la definición de un sitio, hagamos uso de las variables metodológicas que se describen a continuación:

EL ESPACIO FÍSICO



SITIO



EL ÁMBITO CULTURAL

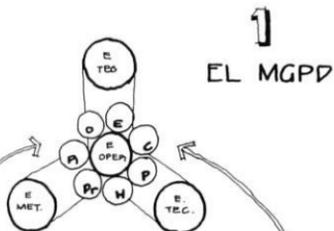
\* "Medio Ambiente y Diseño del Habitat humano." H. Lantini. "Tercer de maestría." EISA-UBAH. 1977. referencia de:

(1) Arquitectura: una alternativa de emergencia.

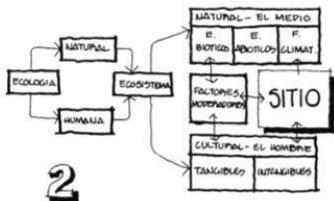
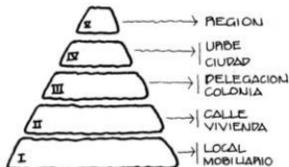
Arg. Humberto Rodríguez García.

# el análisis del sitio.

## LAS VARIABLES METODOLOGICAS.



3  
LOS NIVELES  
DE DISEÑO



## el análisis del sitio.

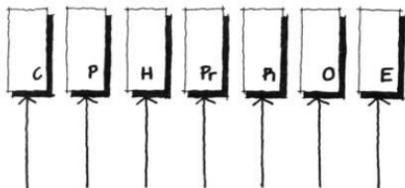
### LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS.

#### EL MGPD.

Indica el propósito del Análisis del Sitio en el desarrollo de cada fase del Proceso de Diseño.

Analizar en primer lugar el ámbito cultural Cd. de México para comprender la problemática del Caso Recreación y poder determinar posteriormente el Problema que se ha de resolver para un tipo de usuario específico.

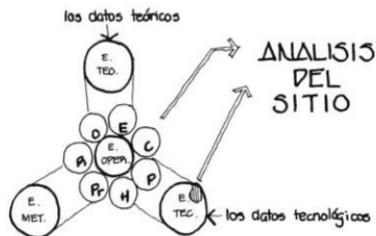
Para elegir un sitio que satisfaga las necesidades espaciales del usuario, para lograr la óptima localización del espacio territorial, según los radios de acción propios para cada tipo de problema, y sobre todo, lograr el análisis minucioso del espacio elegido para encontrar las condicionantes que habrán de darle el carácter al futuro proyecto.



#### ANÁLISIS DEL SITIO

Señala también la importancia del estudio del Sitio en el desencadenamiento de la lluvia de ideas para la etapa proyectual; la adecuación a los recursos y restricciones del sitio para la realización y operación del proyecto, así como para lograr una correcta evaluación del acierto o error en la elección del sitio y en el carácter y funcionalidad del proyecto como obra física para el lugar.

# el análisis del sitio.



Por último, lograr una eficaz búsqueda del DATO, que en base a la estructura eslabonaria propuesta (Eslabón Teórico, Eslabón Metodológico, Eslabón Tecnológico, Eslabón Operativo), logre una completa investigación de todas las variables necesarias DE Y PARA el Proceso de Diseño, teniendo presente que "Dato que no sirve para diseñar se desecha."

# el análisis del sitio.

## 2. LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA.

"Es preciso partir por reconocer que el desarrollo económico y social y el Medio Ambiente se condicionan mutuamente; es decir, la sociedad humana y su entorno biofísico natural y construido, forman un solo sistema global de interdependencia";

El concepto útil de sitio para nuestro estudio es el que trata de ver al sitio de una forma integral entre el Medio físico y el ámbito cultural que el hombre genera, constituyendo un TODO, en el cual ambas variables (naturales y culturales) se condicionan mutuamente.

Estas definiciones conllevan inevitablemente a ver el sitio desde un punto de vista ecológico, ya que la Ecología al ser una ciencia que estudia las relaciones entre un ser vivo y su comunidad con el medio que lo rodea, en base a ciertas leyes físicas, biológicas y de comportamiento, puede ayudar a entender como es y como se desarrolla el hábitat particular de cada ser

vivo, en este caso, del hombre.

El gran concepto ecológico puede ser visto en dos vertientes:

→ El estudio de la ECOLOGÍA NATURAL.  
Que estudia las interacciones de los seres vivos en su comunidad como respuesta a las condiciones del espacio físico en el que se desenvuelven.

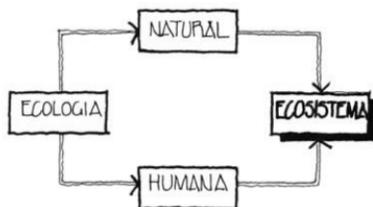
→ El estudio de la ECOLOGÍA HUMANA.  
Que estudia las relaciones entre los individuos de una comunidad, que se originan debido a la Ocupación Social del espacio físico en el que se desarrollan.

Estos dos variables deben de integrarse en una sola para poder estudiar al sitio como una sola unidad ecológica que se denomina el Ecosistema.

(1) "La dimensión ambiental en los estilos de desarrollo de América Latina." David Gunkel. PNUMA/CEPAL., julio de 1981.

referencia tomada de: "El Medio Ambiente en México: Temos, Problemas y Alternativas." M. López P. y Prieto, Fondo de Cultura Económica, 1982.

# el análisis del sitio.



## EL ECOSISTEMA.

El ecosistema es definido como la unidad ecológica primaria para estudiar una población de seres vivos y las interacciones con su medio ambiente físico y en donde ocurren intercambios de materia y energía muy importantes.

En el ecosistema se pueden observar fe-

nómenos muy relevantes :

-Existen interacciones entre el hombre y el medio natural (ya que el hombre toma de él los medios para vivir y reproducirse).

-Existen interacciones "artificiales" o culturales entre los hombres que viven en un sitio (económicas, políticas y sociales).

-Existen interacciones entre los elementos naturales y los culturales de un sitio. No podemos señalar ninguna tribu, pueblo o comunidad que viva en sociedad y no altere las condiciones naturales de un sitio. A gran escala, podemos apreciar este fenómeno en los asentamientos humanos más sofisticados (los grandes urbes), que transportan materia para alimentarse y producir objetos, así como energía de todo tipo: eléctrica, fósil (como el petróleo), química, nuclear, etc. para poder operar todo el aparato industrial. Por lo que podemos afirmar que en todos los ecosistemas en los que vive el hombre, los flujos e intercambios de materia y energía entre el hombre y su medio natural son muy intensos y complejos.

# el análisis del sitio.

## ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL ECOSISTEMA.

En el ecosistema se pueden distinguir claramente dos tipos de medio ambiente :

### EL MEDIO AMBIENTE NATURAL

Las variables de tipo natural, física y climática, que integran los elementos naturales del ecosistema:

- Los elementos BIOTICOS
- La Flora
  - La Fauna

- Los elementos ABIOTICOS
- El Sol
  - El Aire
  - El Agua
  - La Tierra



MEDIO AMBIENTE NATURAL		
<b>Elementos Bioticos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Flora</li><li>• Fauna</li></ul>	<b>Elementos Abioticos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sol</li><li>• Aire</li><li>• Agua</li><li>• Tierra</li></ul>	<b>Factores Climaticos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura</li><li>• Humedad</li><li>• Precipitación Pluvial</li><li>• Etc.</li></ul>

- Los factores CLIMATICOS.
- Temperatura
  - Humedad
  - Precipitación Pluvial
  - Nubosidad
  - Lluvia
  - Etc.

# el análisis del sitio.



## MEDIO AMBIENTE ARTIFICIAL

### Elementos Tangibles

- El equipamiento: vivienda, escuelas, hospitales, etc.
- La infraestructura: redes viales, de alumbrado, alcantarillado, agua, etc.

### Elementos Intangibles

- La tradición.
- El arraigo.
- El modo de vida.
- La religión.
- Etc.

## Elementos TANGIBLES.

- El equipamiento: vivienda, escuelas, hospitales, etc.
- La infraestructura: redes de comunicación, carreteras, calles, avenidas, redes de alumbrado, alcantarillado, agua potable, etc.

## Elementos INTANGIBLES.

- La tradición.
- El arraigo.
- El modo de vida.
- La religión.
- Etc.

## EL MEDIO AMBIENTE ARTIFICIAL.

Existen dos variables importantes: la primera, integrada por elementos que se pueden ver, tocar y que son precisamente las cosas que el hombre construye con materia tomada del Medio Ambiente Natural, y la segunda, que son elementos intangibles formada por todas las estructuras sociales que el hombre crea en sociedad.

Como se observa, el desarrollo del Medio Ambiente Artificial, depende por un lado de los recursos naturales de la región (el Medio Ambiente Natural); y por otro, de las características de la gente que habita en el sitio. Pero, ¿Hasta donde y como se realiza el uso de estos recursos naturales y humanos que definen el desarrollo de un sitio? ...

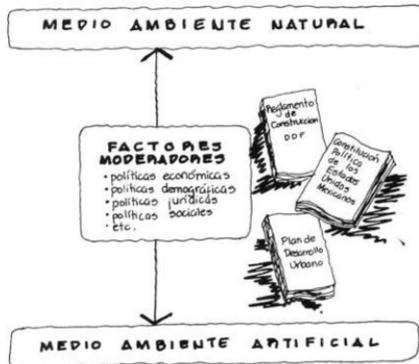
# el análisis del sitio.

## LOS FACTORES MODERADORES.

El hombre ha percibido la necesidad de establecer reglas que pugnen por limitar la acción de su sociedad a un campo en donde los intereses no sean particulares ni individuales, sino de un bien común y de una convivencia armoniosa en el ámbito global.

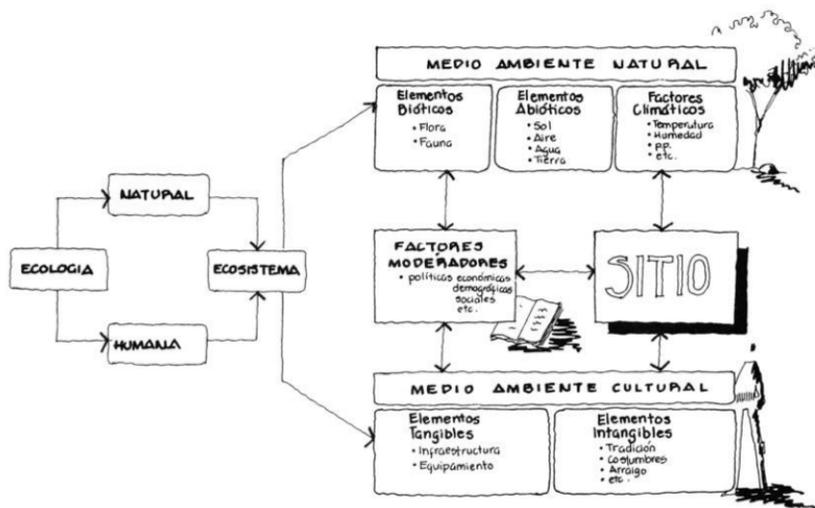
De esta forma, ha establecido políticas de muy diversa índole (económicas, sociales, demográficas, etc.) que pretenden establecer ciertos estilos de desarrollo. A este tipo de políticas se les denomina los **FACTORES MODERADORES**, que son los que condicionan precisamente la relación entre el Medio Ambiente Natural y el Medio Ambiente Artificial o Cultural (el hombre).

Con todos los elementos anteriormente descritos, estamos ya en posibilidad de definir el sitio como:



UN ECOSISTEMA INTEGRADO POR DIFERENTES ELEMENTOS (NATURALES, ARTIFICIALES, MODERADORES), QUE PUEDE SER VISTO DESDE UN PUNTO DE VISTA ECOLÓGICO INTEGRAL, FORMADO TANTO POR EL ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA NATURAL, COMO DE LA ECOLOGÍA HUMANA DEL LUGAR. (ver gráfico siguiente...)

# el análisis del sitio.



LA ESTRUCTURA ECOLOGICA . . .

## el análisis del sitio

### 3 NIVELES DE DISEÑO.

¿CUAL ES EL LIMITE ESPACIAL DE UN SITIO?

Un ecosistema visto desde una perspectiva exclusiva de la Ecología Natural, puede ser, desde un estanque, un arrecife coralino, hasta un bioma como el desierto ó el bosque; y hasta el mismo planeta puede ser considerado como un gran ecosistema.

Al igual que estas diferentes concepciones de los ecosistemas naturales, un sitio, visto como la conjunción de los análisis de un lugar por la Ecología Natural y Humana, también se puede comprender en diferentes niveles espaciales:

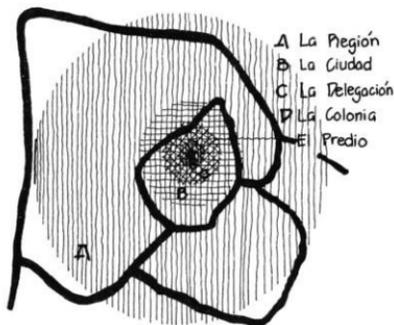
Podemos estudiar un sitio como una gran región compuesta por varios poblados ó ciudades que mantienen una estrecha relación (económica ó social) y que poseen características naturales muy semejantes por su cercanía (climas más o menos parecidos, tipos de suelo, bosques, ríos, etc.). Pero también podemos ha-

blar de un sitio refiriéndonos tan sólo a una ciudad, como es el caso de la Ciudad de México y las zonas conurbadas; o a una zona específica de la ciudad como pudiera ser una delegación ó una colonia, hasta llegar a considerar un sitio como un pequeño espacio (por ejemplo ó un jardín o una zona para juegos); pero notaremos que en todos estos diferentes tipos de espacio, siempre existen relaciones entre los seres que hacen uso de esos espacios y el medio ambiente natural que los rodea, por lo que todos son susceptibles de ser considerados como sitios de estudio.

Para el Arquitecto ó Urbanista que diseña los diferentes espacios en los que vive el hombre, ésta aceveración cobra gran relevancia: el SITIO para la Planeación Regional y Urbana es una gran región con diferentes poblados ó ciudades, una sola ciudad, ó un solo poblado. Para el Diseño Urbano es la Colonia, el Barrio ó la Delegación. Para la Arquitectura es el terreno, el predio, los diferentes espacios donde se pueden realizar actividades como estar, comer, jugar, etc., hasta los mínimos espacios donde existe una rinconada, donde se coloca una ma-

# el análisis del sitio.

## NIVELES ESPACIALES



ceta ó se necesita un gotero.

Así, tanto la Arquitectura como el Urbanismo no pueden concebirse sino en varios niveles espaciales, porque como tareas inherentes del quehacer humano (construir el hábitat), deben de tomar en cuenta que la capacidad del hombre de vivir y percibir su espacio que lo rodea es tal, que puede desde el observar y estudiar el cosmos, has

ta gozar con los detalles más pequeños de su mundo interior.

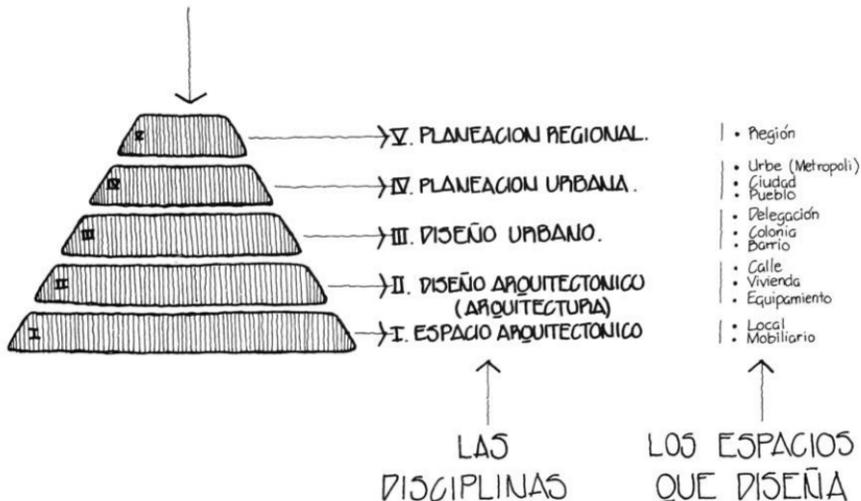
Pero además, es importante que lo conozca para que sus soluciones de diseño no sólo satisfagan las necesidades propias de su espacio, sino también las del espacio en la que están enmarcadas, para que TODO el espacio sea debidamente diseñado.

Al observar y analizar un sitio en particular, se debe hacer una investigación de cada dato en el nivel espacial adecuado. Analizar los elementos del Medio Ambiente Natural y Cultural a nivel regional, de comunidad, de colonia, de barrio, de predio; así como los Factores Moderadores en cuanto a la Planeación Urbana, Regional, Lineamientos de Diseño Urbano y Arquitectónico, en sus diferentes niveles espaciales.

Estos diferentes niveles espaciales en los que se desarrollan las diferentes disciplinas del Diseño (referentes a diseñar el espacio) se conocen como los NIVELES DE DISEÑO :

# el analisis del sitio.

## LOS NIVELES DE DISEÑO



## el análisis del sitio.



### NIVEL I EL ESPACIO ARQUITECTONICO.

El Diseño debe solucionar las necesidades físico-espaciales de un usuario cuando éste realiza actividades que se circunscriben a su espacio personal ó de escala humana: al sentarse, leer, pensar, trabajar ó realizar alguna actividad física.

Al observar y analizar estos espacios, se podrán encontrar detalles que definen en gran medida el CARACTER de un sitio: la relación de los vanos con las demás superficies, el uso de bóvedas, arcadas, porteluces, celosías; los patios interiores y exteriores, los accesos, las bancas, los arriates, los cambios de nivel; el uso de la piedra, el adobe, el ladrillo; el manejo del agua en fuentes, ó espejos de agua; el uso de pérgolas, elementos bióticos, los macetas, el uso del color... en fin, todo lo que se refiere al detalle de los espacios construidos del lugar.

Todos estos elementos que conforman los detalles del espacio arquitectónico, revelan por un lado, la existencia y disponibilidad de los recursos naturales con los que se cuenta (por ejemplo en zonas boscosas se puede apreciar el gusto por los muebles de madera, los tallados de la misma, etc.); también se puede observar las condiciones climáticas que imperan (espacios abiertos donde se requiere ventilación, masa térmica en zonas de gran variación climática, etc.); así como los costumbres de la gente que lo habita (los paseos en el parque, el cómo lava, cocina, descansa, etc. etc.).

# el análisis del sitio.

## NIVEL II. EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO. (LA ARQUITECTURA).

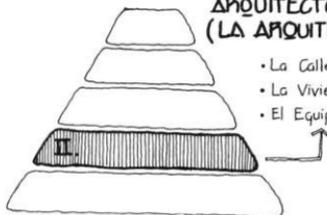
La conjunción de todos los espacios en los que el hombre habita, sus relaciones formales, funcionales, bioclimáticas, semióticas, todo lo que es llamado Arquitectura, definen en forma contundente el carácter, la personalidad del usuario que habita esos espacios, de la comunidad en la que se desarrolla... de la ciudad en la que vive.

La vivienda, los espacios en los que el hombre trabaja, se educa, cura y previene sus enfermedades, se recrea, comercia; la forma en la que están distribuidas sus calles y avenidas, sus jardines, son los espacios arquitectónicos en los que el hombre vive con su familia, con sus vecinos, y con todo aquel con el que establece relaciones de cualquier tipo, son los espacios en los que la Arquitectura se desarrolla.

De esta forma, es muy importante que al analizar un sitio, se observe la forma y la disposición de los volúmenes arquitectónicos, su

## EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO (LA ARQUITECTURA)

- La Calle
- La Vivienda
- El Equipamiento



partido general, su funcionalidad, las relaciones de forma, textura y color, su carácter... su CONCEPTO.



# el análisis del sitio.



## NIVEL III. EL DISEÑO URBANO.

En este nivel espacial, se deben proponer soluciones de diseño que optimicen el uso de los espacios donde el hombre realiza sus necesidades cotidianas: la educación, la recreación, el abasto, el trabajo, etc., en base a un adecuado USO DEL SUELO de los espacios terri-

toriales como la Colonia, la Delegación ó el Barrio.

Este diseño debe procurar que las actividades que se realizan no ocasionen trastornos para que la gente se traslade a estos espacios mediante una adecuada compatibilidad del destino de estos espacios. Debe además propiciar la identificación plena del concepto de diseño con el propio concepto territorial del usuario, y que éste se refiera a sus espacios como "mi colonia", "mi barrio".

Así, el Diseño Urbano, debe aportar además de un ordenamiento al uso del suelo, conceptos muy ricos como el diseño del mobiliario, la iluminación de las calles, los arriates, los bancos, hasta los remates arquitectónicos como las esculturas, las puentes, los camellones, las calles empedradas, los árboles.

Al observar un sitio desde este nivel espacial se pueden obtener datos muy interesantes, por ejemplo: las marcadas diferencias entre un usuario que vive su espacio en la delegación Coyoacán, que uno que vive su espacio en la Gustavo A. Madero, en cuanto al uso de

# el análisis del sitio.

los espacios recreativos, su arraigo, sus tradiciones; entre un usuario del centro de la Ciudad, y otro de la zona conurbada de Naucalpan.

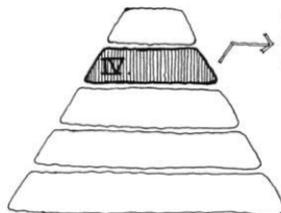
Todas estas diferencias de vivir el espacio se reflejan en diferentes comportamientos y estilos de vida, de ideología y arraigo, hasta la creación de políticas jurídicas, económicas y sociales que son particulares para cada espacio urbano.

## NIVEL IV. LA PLANEACION URBANA.

DISENAR UN POBLADO O UNA CIUDAD...

Un reto que muy difícilmente puede ser solucionado por los Arquitectos y los Urbanistas. Las decisiones políticas, las crisis económicas y sociales dejan que, la gran mayoría de veces, las ciudades de nuestro país, se vayan formando solas, sin un orden lógico, y que muchas veces, las catástrofes que ocurren (terremotos, inversiones térmicas, inundaciones) solo sirven para enarbolar ciertas banderas políticas, con

### PLANEACION URBANA



- La Urbe
- La Ciudad
- El Pueblo

soluciones "populistas", sin que exista un verdadero análisis de las causas que originan estos problemas, y de la elección de un camino lógico para resolverlos.

La actividad urbanística debe ser reconocida como una tarea imperativa ahora, porque siendo las ciudades el principal tipo de asentamiento humano (cada vez es mayor la concen

## el análisis del sitio.

tración de gente en las ciudades), no se puede dejar al azar, "a ver que pasa" con nuestros espacios ciudadanos.

Se debe reconocer que es necesario un adecuado uso del Suelo, diseñar una infraestructura capaz de soportar el ritmo de vida de la ciudad, equipamiento diseñado con programas de requerimientos bien formulados; establecer normas, programas, lineamientos de Planeación Urbana, que prevean evoluciones a corto, mediano y largo plazo del crecimiento de las ciudades.

Empezando primeramente por entender la importancia de este nivel espacial en el gran concepto del Diseño, y particularmente en este documento, observar todos los elementos que participan en la Planeación Urbana para definir el sitio: los elementos naturales (el tipo de clima, de suelo, los vientos dominantes, etc.), los culturales (las tradiciones de la ciudad, del poblado, sus formas de vida, etc.), así como los moderadores (planes de desarrollo urbano para cada ciudad, por ejemplo).

### NIVEL V LA PLANEACION REGIONAL.

Los principios del Diseño son muy útiles al tratar de organizar las diferentes regiones formadas por las ciudades y las comunidades.

En ésta planeación se debe tomar en cuenta tanto las características socioeconómicas de la población que habita esa región, los recursos naturales con los que se cuenta, las condiciones biogeográficas de los ecosistemas naturales existentes, así como los planes de desarrollo y las expectativas que se tengan del futuro de la región.

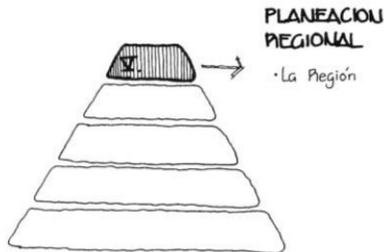
Como se observa, también en este nivel de diseño se analizan, al igual que en los otros niveles, el Medio Ambiente, Natural, Cultural y los Factores Moderadores. Por lo que, un análisis del sitio a nivel región es de gran utilidad para el Arquitecto y Urbanista, que deben de participar en forma interdisciplinaria con la demás gente que planea el desarrollo de las regiones del país.

## el análisis del sitio.

Desafortunadamente en nuestro país la Planeación Regional no se ha manifestado con el orden requerido. Podemos señalar un gran centralismo para tomar las decisiones que definen el rumbo de nuestra nación, la concentración excesiva de servicios que origina un hacinamiento cada vez más grande, en primer lugar, en la región central del país, formada por la Ciudad de México y los municipios de la zona conurbada, además de la explosión de esta mancha urbana que se acerca a las regiones aledañas a las ciudades de Querétaro, Cuernavaca y Toluca.

Estas concentraciones y la falta de planeación ocasionan severos desajustes al Medio Natural cuando éste se ve sobreexplotado al tomar de él los recursos naturales que posee; y además el Medio Cultural Artificial se deteriora sobre todo la calidad de vida de la gente cuando surge la contaminación, las aglomeraciones, el intenso tráfico, la delincuencia.

Y, las demás regiones del país, que se quejan del poder del centro, también tienen sus propios conflictos, ya que cada vez crecen exage-



rada y desordenadamente ciudades como Guadalajara ó Monterrey, sin que exista en lo general, un desarrollo común para las regiones que circundan a las ciudades.

Al analizar un sitio como Región, encontraremos condiciones naturales que definen el estado de los ecosistemas naturales y sus características para permitir su uso y su cuidado;

## el análisis del sitio.

los lineamientos y políticas a nivel macro que propician la forma de desarrollo de cada región, así como los rasgos culturales que definen en gran medida la conformación de la cultura y el patrimonio nacional.

## el análisis del sitio.

### CONCLUSION.

Con la ayuda de las anteriores variables metodológicas, estaremos ya en posibilidad de comenzar a describir cada uno de los elementos que componen el ANÁLISIS DEL SITIO.

El MGPD (Modelo General del Proceso de Diseño) indica la importancia de los datos que aporta el Análisis del Sitio en el desarrollo del Proceso de Diseño referente al Caso Recreación; es decir, la utilidad de los datos y su incidencia en cada una de las fases que componen el proceso. Así como la forma en la que se investigarán: se requiere información teórica (el eslabón teórico) que debe ser apoyada y reforzada por datos técnicos, estadísticos o tecnológicos (el eslabón tecnológico) de forma tal que los datos se integren en conclusiones útiles para seguir con el proceso (el eslabón operativo).

La ESTRUCTURA ECOLÓGICA define cuáles son los datos necesarios para estudiar un Sitio, refiriendo que éste sólo puede ser comprendido en forma ecológica integral, como un ecosis-

tema donde se distinguen dos clases de medios: el Medio Ambiente Natural y el Medio Ambiente Artificial, ambos relacionados y regulados por las políticas de desarrollo que conocemos como los Factores Moderadores. Así, el estudio de cada uno de estos rubros requiere de la investigación de los datos que le son particulares. En cuanto al Medio Ambiente Natural se deben de analizar los datos referentes a los elementos bióticos (flora y fauna), los elementos abióticos (sol, aire, tierra, agua), así como los factores climáticos del lugar (temperatura, humedad, p.p., etc.). Al estudiar el Medio Ambiente Artificial, se tendrá que indagar los datos que corresponden a los elementos tangibles (el equipamiento y la infraestructura), así como los elementos intangibles (la tradición, la idiosincrasia, el arraigo, etc.). Y por último, al analizar los factores Moderadores se investigarán todas las políticas que inciden en la relación entre los medios natural y artificial, como son las políticas demográficas, jurídicas, económicas, sociales, etc.

Los NIVELES DE DISEÑO indican que, a pesar del ordenamiento que se hace de los datos del sitio referido por la Estructura

## el análisis del sitio.

Ecológico, es necesaria una estructuración de estos mismos datos que tome como parámetro fundamental al espacio. Todos y cada uno de los elementos que conforman el Sitio (Medio Ambiente Natural, Artificial y Factores Moderadores), pueden ser vistos y analizados en diferentes niveles espaciales: a nivel región, ciudad ó poblado; a nivel de delegación, colonia ó barrio; de predio, lote ó espacios arquitectónicos.

Por ejemplo, los datos del clima (Factores Climáticos del Medio Ambiente Natural) son específicos para cada nivel espacial. Si se analiza el clima de una gran región, es lógico que los datos son el producto de la estandarización de los datos climáticos de cada espacio que integra la región, con el fin de ofrecer un panorama global de sus condiciones climáticas, pero cuando se analiza tan sólo una parte de esa región (como una ciudad ó un poblado), se observará que debido a los demás elementos naturales y artificiales, propios de la ciudad ó el poblado, se generan condiciones locales de temperatura, humedad, precipitación pluvial, etc. que producen un clima específico para esa zona. Al igual ocurre cuando se analiza una pequeña porción territorial de esa ciudad

(como una delegación, un barrio ó una colonia), que poseen microclimas particulares para cada territorio, hasta cuando se analiza el microclima de un lote ó un predio ó un mínimo espacio arquitectónico, que es producido por las condiciones que generan los espacios edificados aledaños ó por circunstancias del medio ambiente natural inmediato.

Los niveles de diseño ayudan también a relacionar directamente el análisis de estos datos con el campo de acción del Arquitecto, el Diseñador Urbano y el Urbanista, ya que cada uno de los elementos que forma y conforma a un lugar, incide rotundamente en la creación de los espacios construidos en sus diferentes niveles espaciales:

Las características del Medio Ambiente Natural condiciona la disponibilidad de materiales y la forma, dimensión y disposición de los espacios como respuesta a las condiciones abióticas y climáticas del sitio; el Medio Ambiente Artificial y sobre todo las condiciones de vida de los habitantes, su forma de trabajar, comer, platicar, indican la manera en la que la gente vive su es-

## el análisis del sitio.

pacio, regulado además por el uso y la práctica de los Factores Moderadores.

Por lo que podemos establecer que la finalidad de la investigación es, en suma, entender la forma de USAR Y VIVIR EL ESPACIO de la gente que habita en el sitio, reforzando la premisa "Dato que no sirve para diseñar se desecha", puesto que toda la información recopilada en el Análisis del Sitio es útil para comprender el papel de los espacios urbano-arquitectónicos existentes como respuesta a los variables naturales, artificiales y moderadoras del sitio; así como para alimentarse en la búsqueda de soluciones de diseño para cada nivel espacial que tomen en cuenta a estas mismas variables que conforman el Sitio.

# el análisis del sitio.

## BIBLIOGRAFIA.

- (1) "Arquitectura : Una Alternativa de Enseñanza".  
Humberto Rodríguez García. UAM-Azcapotzalco.  
México 1988.
- (2) "El Hombre y la Recreación." Humberto Rodríguez  
García. UAM-Azcapotzalco. México, 1982
- (3) Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Vol. III.  
Editorial Sopena, España, 1999.
- (4) "El Medio Ambiente en México: Temas, Problemas  
y Alternativas". Manuel López Portillo y Pinos.  
Fondo de Cultura Económica. México, 1982.

mente natural.

medio ambiente

SOL  
II

## Introducción.

Este apéndice del tema SOL tiene como objetivo el dar a conocer al alumno algunos procedimientos de dibujo que le permitan obtener datos relacionados con el tema del asoleamiento que se puede presentar en los espacios construidos en un sitio específico y a una hora y fecha determinadas.

Como ya se mencionó durante los capítulos anteriores, existen una gran variedad de métodos para conocer los parámetros más significativos que tienen que ver con el tema (el movimiento solar que se "presenta" en un sitio con una latitud determinada, las rutas horarias, la dirección de los rayos solares en una hora y fecha específicas, el impacto de estos rayos en los espacios construidos que producen zonas de sombra, zonas de iluminación interior, etc. de acuerdo a la forma misma del volumen, del vano, a su dimensión y orientación, así como a la particular dirección que presenten los rayos solares en un momento determinado).

Entre estos métodos para conocer los

datos mencionados se encuentran métodos matemáticos, computacionales, de simulación física, gráficos, etc. Y cada uno presenta diferentes bondades y diferentes aplicaciones.

En este apéndice describiremos algunos de los métodos gráficos más comunes para el diseñador, ya que precisamente por manejar un lenguaje "visual", el alumno puede comprender rápidamente como se presentaría la dirección de los rayos solares en un momento determinado y su impacto en el espacio construido (o por diseñar).

Y una vez asimilados los conceptos que se presentan, pueda incluso abordar cualquier otro método (y ¿por qué no? hasta diseñar un método nuevo), todo dependiendo de la preferencia que surja por algún procedimiento, sin perder de vista que el objetivo será: entender, prever y evaluar el impacto del Sol en los espacios de un sitio determinado...

medio ambiente natural.

SOL

CUADRO Núm. 1

Trazo de una Gráfica Solar  
de proyección ortogonal.

Entre los métodos gráficos más usuales para el conocimiento del aparente movimiento del Sol en la bóveda celeste de un sitio, se encuentra la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, la cual muestra en vistas ortogonales (planta y alzado N-S) las diferentes rutas y localizaciones horarias del Sol en el transcurso del año solar.

Esto se muestra sin menoscabo de que el diseñador ya esté familiarizado con otro tipo de métodos gráficos, matemáticos, o de modelos físicos de simulación, y prefiera recurrir a ellos. En cualquier caso, cualquier método puede ser igualmente válido para conocer el movimiento solar que se presenta en el sitio, aunque algunos presentan mayor grado exactitud, y otros una mayor facilidad de entendimiento y manejo de la información.

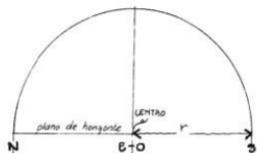
La Gráfica Solar de Proyección Ortogonal es bastante sencilla de entender, además de que ofrece la posibilidad de que por medio de procedimientos simples de dibujo y geometría descriptiva podamos obtener otros datos relevantes tales como la dirección de los rayos solares y el impacto de estos en los volúmenes construidos; datos que pueden ser relacionados directamente en plantas, fachadas y cortes del espacio urbano - arquitectónico, para poder evaluar el impacto que el Sol causaría en ellos.

CUADRO Núm. 1.

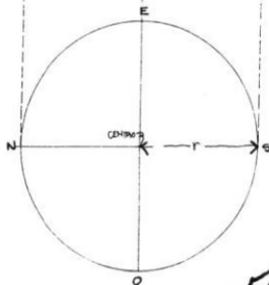
TRAZO DE UNA GRAFICA SOLAR, DE PROYECCION ORTOGONAL.

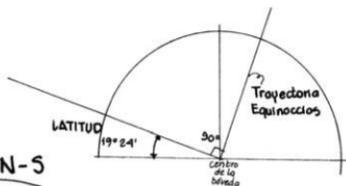
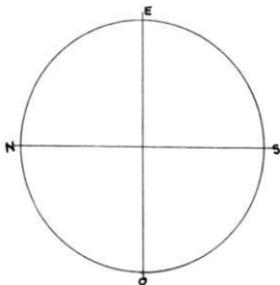
1. Trazar un círculo de radio  $r$  (no importa la dimensión de  $r$ , se traza en una longitud a conveniencia del diseñador, es decir, del tamaño que se quiera presentar la Gráfica Solar). Este círculo representará la bóveda celeste vista en planta.
2. Trazar un semicírculo (del mismo radio  $(r)$ ), que representará el alzado N-S de la bóveda celeste.
3. Identificar los siguientes elementos: líneas de referencia N-S y E-O, plano del horizonte, centro de la bóveda.

Alzado N-S



Planta



Alzado N-SPlanta

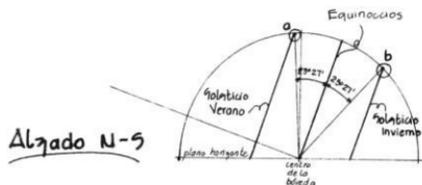
4. En el alzado N-S, trazar a partir del centro de la bóveda, una línea que forme un ángulo con el plano del horizonte igual a la latitud de la que se quiere trazar la Gráfica (en este caso, tomemos como ejemplo, la latitud en la que se localiza la Cd. de México, que es de  $19^{\circ} 24'$ ).

5. Trazar una línea a partir del centro de la bóveda, que sea perpendicular a la línea trazada anteriormente. Esta línea representará la trayectoria solar en los equinoccios, (vista en alzado).

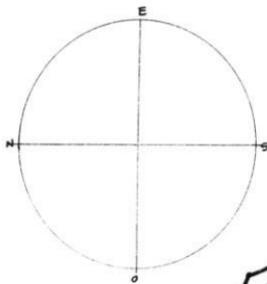
# medio ambiente natural. SOL

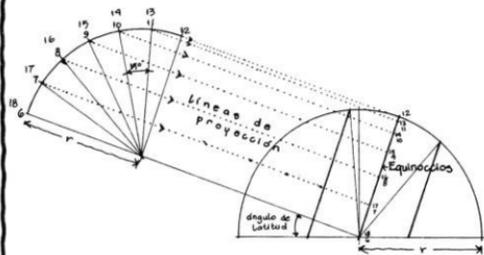
6. Para obtener las rutas solares de los Solsticios, hay que trazar a partir del centro de la bóveda 2 líneas que formen cada una de ellas un ángulo de  $23^{\circ}27'$  con respecto a línea que representa la trayectoria en los Equinoccios. (Este valor es el del ángulo que forma el eje terrestre de rotación con el plano de la eclíptica en las fechas solsticiales).

7. Cuando estas líneas intersectan al semicírculo (La bóveda celeste), se obtienen los puntos a y b de intersección. Trazar a partir de estos puntos, 2 líneas paralelas a la trayectoria de los Equinoccios, hasta que toquen el plano del horizonte. La línea más larga representa a la trayectoria solar en el Solsticio de Verano, y la más corta a la ruta solar en el Solsticio de Invierno.

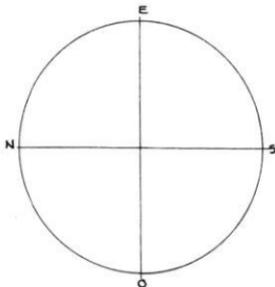


Planta





Planta



8. Para obtener la ruta horaria (La localización del Sol en cada hora de la ruta), hay que trazar un  $\frac{1}{4}$  de círculo del mismo radio  $r$ , que tenga como base la línea que forma el ángulo de latitud con el plano del horizonte.

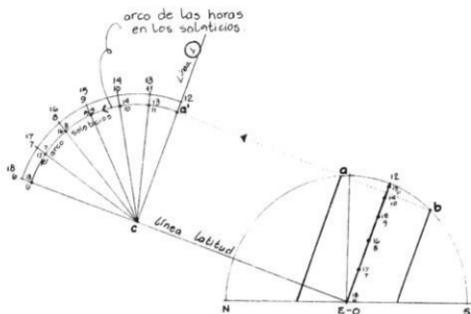
9. Dividir este arco en las partes iguales (a cada  $15^\circ$ ). Cada punto de intersección representará una hora.

10. Numerar las horas, comenzando por el punto extremo de la izquierda que representará las 6:00 hrs., y en sentido de las manecillas del reloj, el 2º punto representará a las 7:00 hrs., el 3º punto a las 8:00 hrs., y así sucesivamente hasta llegar a las 12:00 hrs.

11. A partir de las 12:00 hrs. numerar en sentido contrario, prosiguiendo con las 13:00 hrs., las 14:00 hrs., etc., hasta llegar al punto de inicio que representará las 18:00 hrs.

12. Trazar líneas de proyección paralelas a la línea de la latitud, desde los puntos encontrados (las horas), hasta que interseccionen con la ruta de los Equinoccios. Identificar los puntos encontrados.

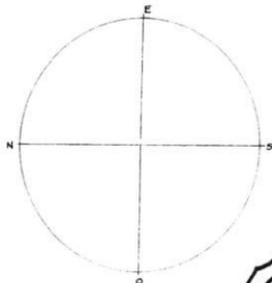
13. Para obtener la ruta horaria de los Solsticios:  
 Trazar, a partir del punto **a** (ó **b**, que dará el mismo resultado), una línea de proyección (paralela a la línea de latitud), hasta que intersecte a la **Línea 1**, obteniéndose el punto **a'** de referencia.

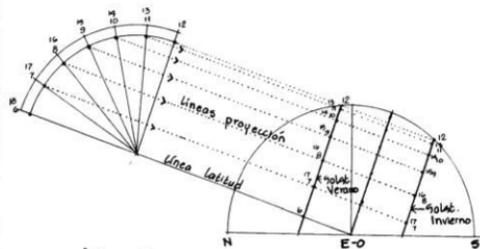


14. Haciendo centro en **c**, trazar un arco con radio igual a la distancia entre **c** y **a'**. Este arco servirá para marcar las horas en los solsticios.

15. Dividir este arco en partes iguales (a cada  $15^\circ$ ). Para esto, se aprovecha la división hecha anteriormente al arco de los equinoccios. Donde intersecten estas líneas divisorias con el arco de los solsticios, obtener los puntos que marcarán cada hora.

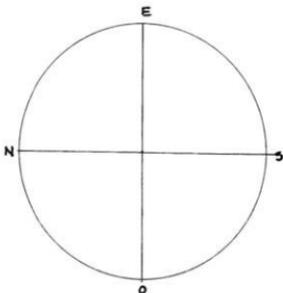
Planta



Alzado N-S

16. Trazar líneas de proyección (paralelas a la línea de latitud), a partir de los puntos encontrados en el arco auxiliar de los Solsticios, hasta intersectar con las rutas solares de los Solsticios, vistas en el alzado N-S de la bóveda celeste.

17. Preferenciar con las horas correspondiente los puntos encontrados. Estos puntos representarán la posición del Sol en cada hora durante los días de los Solsticios.

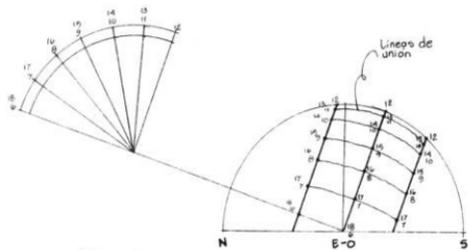
Planta

mente natural.

medio ambiente

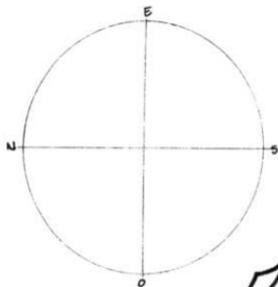
SOL

18. Unir, (a mano alzada, o con ayuda de un curvígrafo), las posiciones del Sol en las diferentes rutas, que correspondan a las mismas horas.

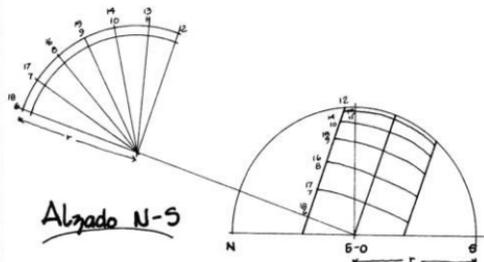


Alzado N-S

Planta

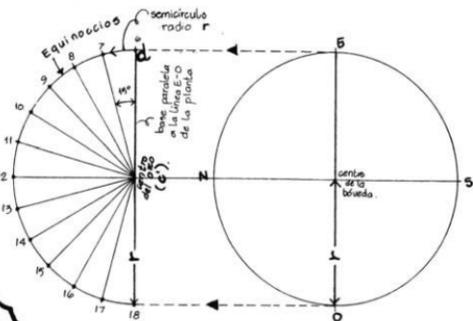


Una vez obtenidas las rutas horarias del Sol en el alzado N-S, hay que obtener la vista de estas rutas en la planta de la bóveda:



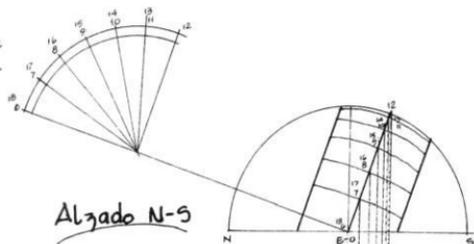
Alzado N-S

Planta



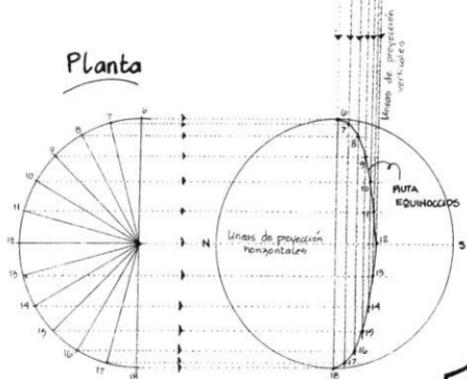
20. Dividir este semicírculo en 12 partes iguales (a cada  $15^\circ$ ). Asignar a cada punto divisorio un número correspondiente a cada hora; comenzando por el punto límite **d** que representará los 6:00 hrs. Siguiendo un sentido contrario al giro de las manecillas del reloj, encontraremos el 2º punto divisorio que representará los 7:00 hrs.; continuar este proceso sucesivamente, hasta llegar a los 18:00 hrs.

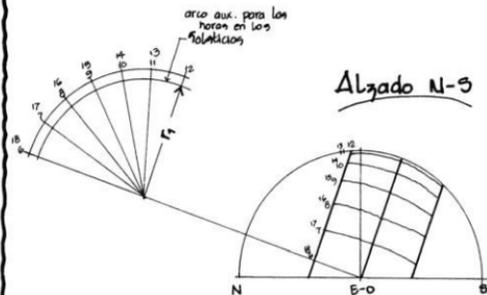
21. Para obtener la ruta horaria del Sol en los Equinoccios en la planta de la bóveda, hay que encontrar los puntos de intersección que se obtienen al trazar líneas de proyección horizontales del arco auxiliar hacia la planta y de las líneas de proyección verticales del alzado n-s hacia la planta, de cada punto que marque cada hora de la ruta.



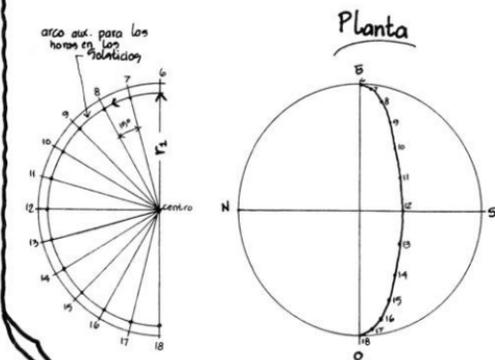
22. Identificar cada punto encontrado con la hora correspondiente. Estos puntos indicaran la posición del Sol (vista en planta) en cada hora durante la ruta de los Equinoccios.

23. Unir consecutivamente estos puntos (6:00-7:00-8:00-...-18:00 hrs.) para obtener gráficamente la ruta completa.





24. Para obtener la ruta horaria del Sol en los Solsticios (en la planta de la bóveda):  
 Trazar un semicírculo, que servirá como arco auxiliar para marcar los horas, con el mismo centro que el arco auxiliar para los Equinoccios, pero con radio  $r_2$  igual al del arco auxiliar para marcar los horas en los Solsticios en el alzado N-S de la bóveda.

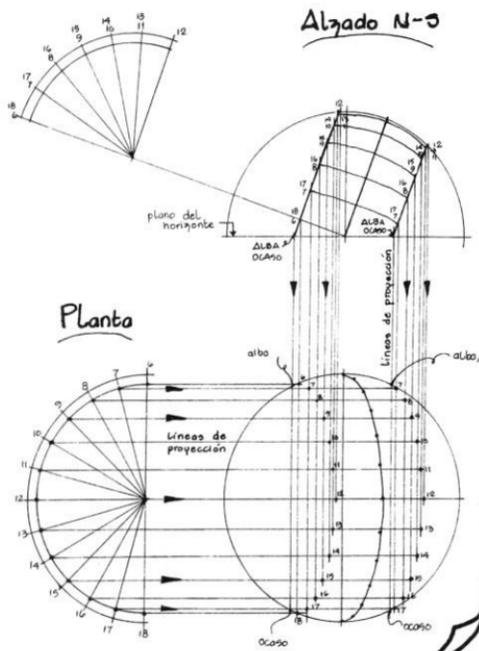


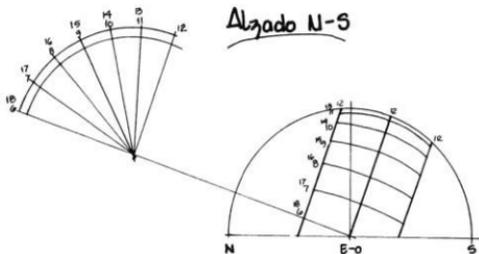
25. Dividir el arco en 12 partes iguales -aprovechando la división hecha anteriormente al otro semicírculo-, y obtener los puntos que marcarán las horas. Identificar cada uno con la hora correspondiente.

26. Trazar líneas de proyección horizontal de los puntos del arco hacia la planta, y líneas de proyección vertical de los puntos que marcan la posición horaria del Sol en los Solsticios en el alzado N-S, hacia la planta de la bóveda.

27. Encontrar los puntos de intersección entre las líneas de proyección correspondientes a una misma hora, y obtener los puntos que marcarán la posición horaria del Sol en los Solsticios.

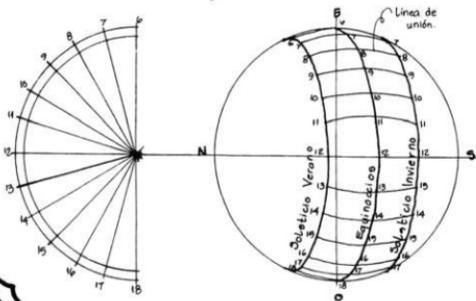
28. Para obtener el punto del **alba** y **ocaso** en estas fechas (en las que el Sol no aparece en el horizonte a una hora exacta, como es el caso de lo que ocurre en los Equinoccios, en que el Sol aparece a las 6:00 hrs. solares, y se oculta a las 18:00 hrs. solares), sino que aparece y se oculta en un momento antes de las 6:00 hrs. y después de las 18:00 hrs. "en el Solst. de Verano", y en el Solst. de Invierno, después de las 6:00 hrs., y antes de las 18:00 hrs.: Trazar líneas de proyección verticales de los puntos del alba y el ocaso, hasta que estos "toquen" el círculo de la planta, que representará el plano del horizonte.



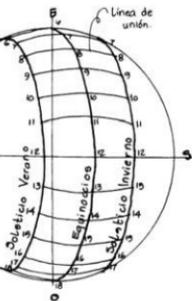


29. Unir consecutivamente los puntos encontrados, de acuerdo a la hora que marcan (alba - 6:00 hrs - 7 - 8... ocaso) para cada ruta de los Solsticios: de Verano e Invierno.

Planta



30. Unir los puntos que corresponden a una misma hora en las diferentes rutas, de Solsticios y Equinoccios.



# iente natural. SOL

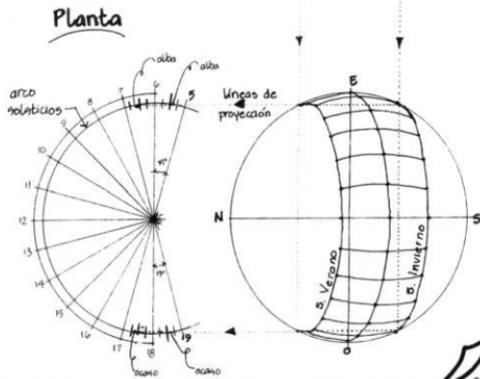
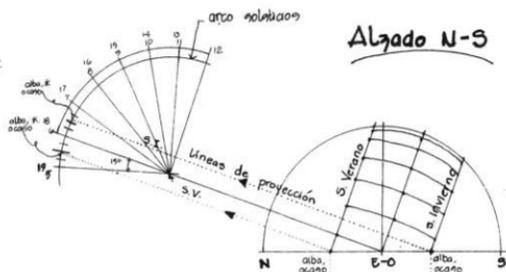
Si se desea conocer -aproximadamente- la hora del alba y el ocaso en las rutas solsticiales, por el método gráfico, (se pueden obtener en los anuarios del Observatorio), seguir el sig. procedimiento:

31. Prolongar el arco auxiliar que giró para marcar los horas, ya sea en el alzado N-S, ó en la planta de la bóveda (pueden ser los 2, ó cualquiera de ellos).

32. Trazar otra división de este arco, a  $15^\circ$ , que marcará las 5:00 hrs. y las 19:00 hrs.

33. Trazar líneas de proyección (en planta ó alzado) desde los puntos que marcan la posición del Sol en el alba y el ocaso durante las rutas solsticiales, hasta intersectar el arco auxiliar.

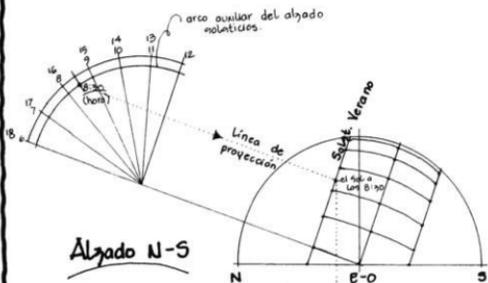
34. Calcular la hora del alba y ocaso de acuerdo al punto encontrado, (con ayuda de un transportador que divida el segmento en fracciones de hora:  $1/2$  hora,  $1/4$  hora):  
 [Como se obtiene gráficamente, en el día Solst. de Verano, el alba ocurre unos minutos antes de las 5:30 A.M., y el ocaso, minutos después de las 18:30 P.M. -aproximadamente-. Por otro lado, en el Solst. de Invierno, el alba ocurre minutos después de las 6:30 A.M., y el ocaso, minutos antes de las 17:30 P.M. -aprox.-]



Localización del Sol en la bóveda a una hora y fecha determinadas ...

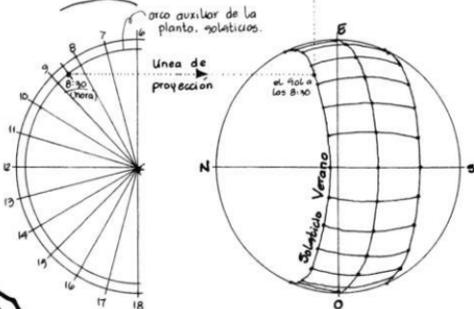
35. Con este método gráfico, podemos conocer la posición del Sol en un momento determinado durante una ruta solar. Ejemplo: localización del Sol a las 8:30 hrs. en la ruta Solsticio Verano:

- 35.1. Encontrar la hora buscada en el arco auxiliar del alzado (en este caso el de Solsticios) del alzado H-S y de la planta.
- 35.2. Trazar líneas de proyección desde estos puntos hacia la planta y el alzado de la bóveda, hasta intersectar la ruta solar del día mencionado (en este caso, Solsticio de Verano).
- 35.3. Los puntos encontrados marcarán la posición del Sol a la hora requerida (8:30 hrs.) durante la ruta Solsticio de Verano.



Alzado N-S

Planta



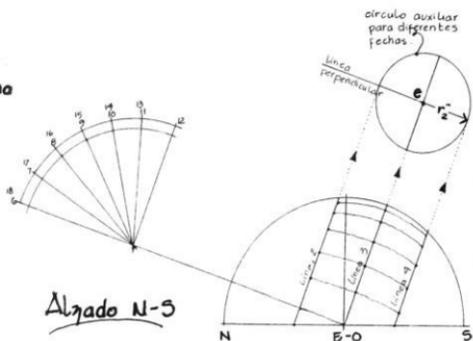
La ruta horaria en cualquier otra fecha  
(que no sean Solsticios o Equinoccios)...

36. Si queremos conocer la ruta horaria del Sol en otra fecha que no sea precisamente en los Solsticios o Equinoccios, [estas rutas definen el rango de variación o desplazamiento de las rutas hacia el norte o sur, dependiendo del período del año que se trate],:

36.1. Prolongar las líneas que representan las rutas solares de Solsticios y Equinoccios en el alzado N-S (línea 2, 3, 4).

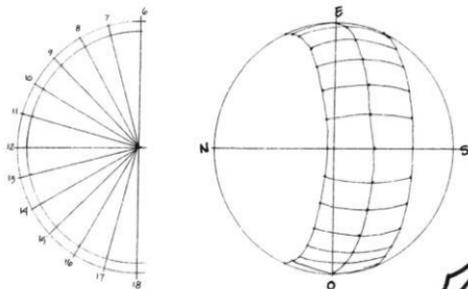
36.2. Trazar una línea perpendicular a estas líneas (2, 3, 4), y obtener el punto de intersección e.

36.3. Haciendo centro en e, y con un radio igual a  $r_2$  (distancia entre e y línea 4), trazar un círculo completo que servirá como arco auxiliar para marcar diferentes fechas en el año.



Alzado N-S

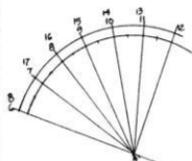
Planta



# SOL

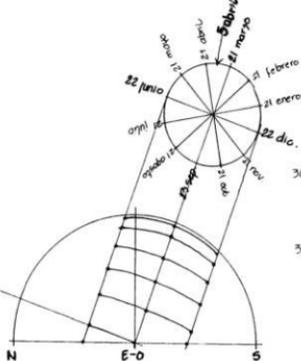
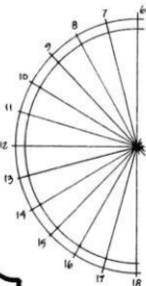
# medio ambiente

# de natural.



Alzado N-S

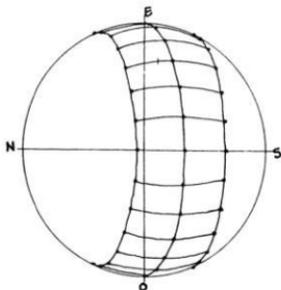
Planta



36.4 • Identificar los fechas Solsticiales y Equino-  
ciales

36.5 • Hacer una división del círculo en 12 partes.  
Los puntos encontrados representaron apro-  
ximadamente las fechas 21 de cada mes  
del año.

36.6 • Detectar la localización aproximada de la  
fecha buscada en este círculo auxiliar.  
(supongamos el 5 de abril).



# iente natural.

# SOL

medio amb

Para obtener la ruta en el alzado N-9:

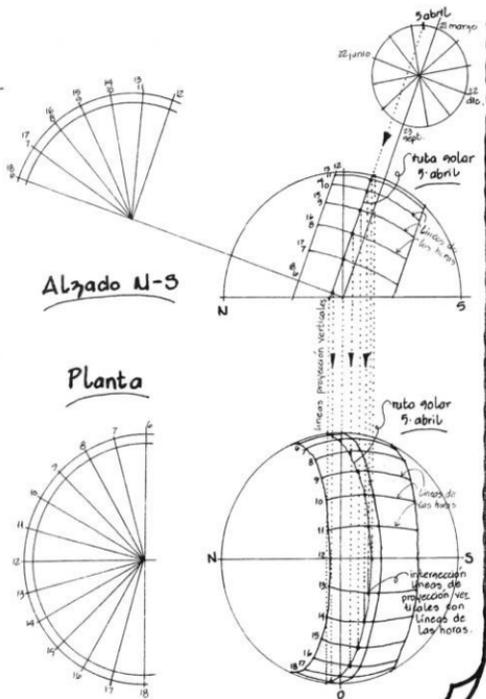
36.7 • Trazar una línea de proyección del punto que marca la localización de la fecha buscada en el círculo auxiliar, hacia el alzado N-9; la línea contenida dentro de la bóveda, representará la trayectoria del Sol en la fecha indicada

36.8 • Los puntos de intersección entre la línea que marca la ruta, y los líneas que unen las diferentes posiciones del Sol a una misma hora (líneas de los horas), servirán para marcar la posición del Sol en cada hora en la ruta mencionada.

Para obtener la ruta en la planta:

36.9 • Trazar líneas de proyección verticales de los puntos que marcan la localización horaria del Sol durante la ruta buscada en el alzado N-5, hacia la planta de la bóveda.

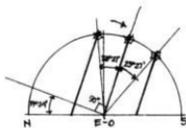
36.10 • Los puntos de intersección entre cada línea de proyección y su correspondiente "línea de hora" en planta, marcará la localización horaria del Sol en la planta de la bóveda celeste.



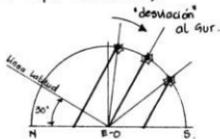
37. Para trazar la Gráfica Solar de Cualquier otra Latitud.37.1 - En el Hemisferio Norte :

En general, se sigue el mismo procedimiento explicado anteriormente, pero con la siguiente variación: el ángulo que formará la **Línea de Latitud** con el plano del horizonte (en el alzado N-S), será igual al de la Latitud requerida. En el ejemplo ya mostrado, el ángulo era igual a  $19^{\circ}24'$ , pero véase la diferente gráfica que obteníamos si la Latitud fuera  $30^{\circ}$  - figura A -.

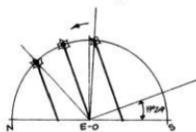
Ya que de la inclinación que le demos a esta línea de latitud, dependerá la inclinación de las rutas solares -perpendiculares a esta línea-, tendremos por conclusión que dependiendo de la latitud, la inclinación de las rutas aumentará o disminuirá (a mayor latitud, mayor inclinación).



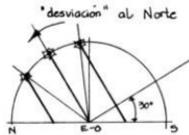
19°24' N

30° N  
(fig. A)37.2 - En el Hemisferio Sur :

Se sigue el mismo procedimiento, con la diferencia de que la **Línea de Latitud** se traza en el lado derecho de la bóveda (en el alzado N-S), para que, la desviación ó inclinación de las rutas - a partir del Meridiano E-O de referencia-, se dé hacia el Norte, y no hacia el Sur, como es el caso de los sitios localizados en el Hemisferio Norte.

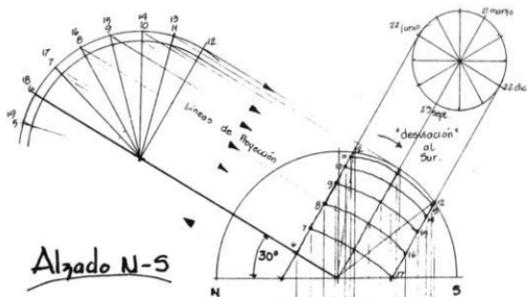


19°24' S

30° S  
(fig. B)

medio ambiente natural.

SOL



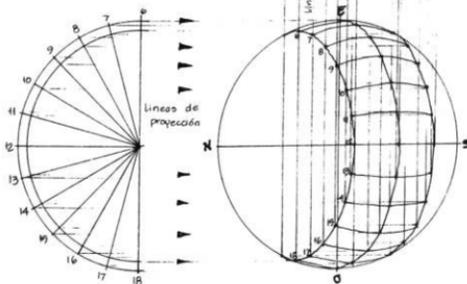
Alzado N-S

Figura A.

Trazo de una Gráfica Solar para  
la latitud 30° N.

Hemisferio NORTE.

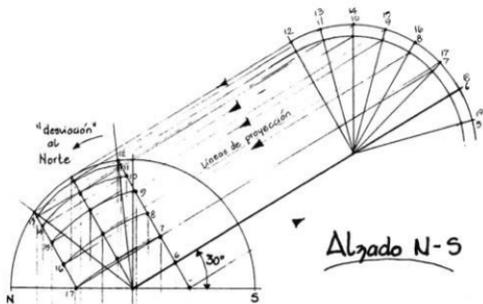
Planta



SOL

medio ambiente

natural.



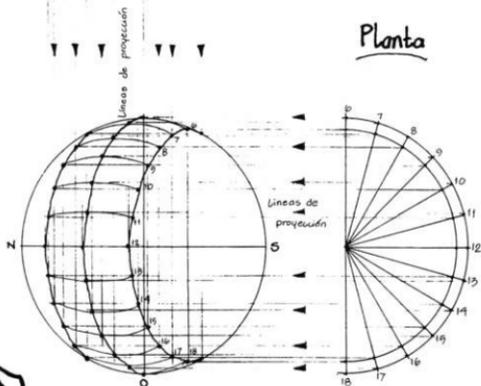
Alzado N-S

figura B.

Trazo de una Gráfica Solar  
para la latitud 30° 9.

Planta

Hemisferio SUP.

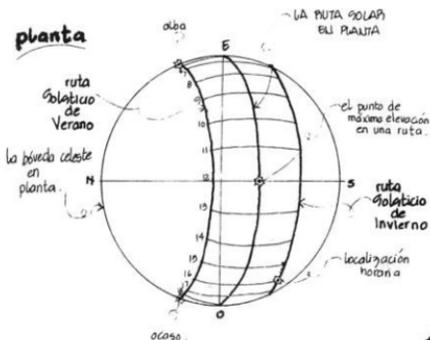
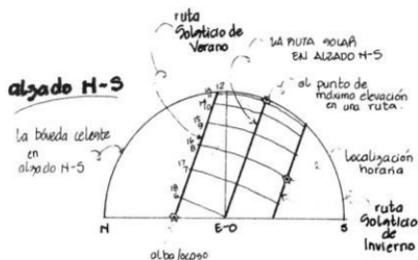


## CONCLUSION.

Una de las herramientas más importantes para determinar el acoleamiento que se presenta en un sitio en particular, lo constituye el conocimiento de las distintas "rutas" que aparentemente sigue el Sol diariamente por la "bóveda celeste" del lugar.

Como ya se ha indicado, todas las rutas están comprendidas dentro de un "rango" delimitado por la ruta que sigue el Sol en el Solsticio de Verano, y por la ruta que se produce en el Solsticio de Invierno, de ahí que si conocemos estos 2 trayectorias extremas, podremos inferir lo que sucede en el resto del año en cuanto al movimiento aparente del Sol en el sitio de estudio.

Una de las múltiples formas de conocer ese movimiento del Sol, es mediante el trazo de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, en la cual podemos observar rápidamente, en las distintas vistas ortogonales de la "bóveda celeste" del sitio (en planta y alzado), las distintas localizaciones horarias del Sol, durante el desarrollo de cada una de las llamadas trayectorias solares.



La Gráfica Solar de Proyección Ortogonal.

En esta gráfica podemos observar también los puntos en el horizonte por donde sale y se oculta el Sol (el alba y el ocaso), así como la localización en la bóveda de los puntos de máximo elevación diaria (que ocurren al mediodía).

Debido a que esta información la podemos "guardar" por muchos años, y siempre nos será útil (ya que un sitio no va a cambiar de latitud, y éste es el factor primordial que provoca la específica configuración de las rutas solares), bien vale la pena trazar nuestra gráfica con cuidado para obtener los datos más correctos posibles (por ser la Gráfica solar un método de dibujo, pueden existir errores por un mal trazo, por ejemplo).

Pero, si tratamos de salvar este obstáculo, podremos descubrir que la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal es realmente una herramienta muy versátil para obtener de ella muchos datos: no sólo conocer a partir de ella la ruta solar que deseamos, o "localizar" el Sol en la bóveda a una hora y fecha determinadas, sino también como se verá a continuación obtener otros datos de diseño valiosos tales como obtener la dirección de los rayos solares en un momento dado, prever

el impacto de estos en un volumen construido, obtener en forma gráfica las zonas de iluminación interior o de sombra, etc. etc., todo ello sin demeritar las posibilidades que cualquier otro método que no sea la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal nos pueda ofrecer.

ambiente natural. \_\_\_\_\_ SOL

## CUADRO Núm. 2

Conversión Hora solar - Hora civil.

Ciertamente, la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal nos muestra las distintas "localizaciones" horarias del Sol durante cada ruta solar, pero éstas localizaciones no siempre coinciden con la hora que marcan nuestros relojes; en decaer, puede ocurrir que una gráfica solar indique que amanece a las 5:26 en la fecha Solsticio de Verano (como es el caso de la Cd. de México), y en la realidad observamos que en ese momento nuestros relojes marcan las 6:04.

¿Qué es lo que sucede entonces?... Que existe una diferencia entre las horas que marca nuestra gráfica (que llamaremos horas solares), y la hora que marcan nuestros relojes (las horas civiles), y que es necesario llevar a cabo un procedimiento para poder realizar una corrección horaria, y poder convertir horas solares en horas civiles y viceversa.

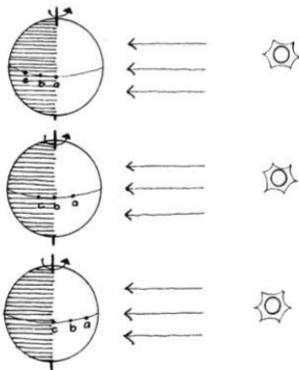
A continuación describiremos la forma de hacer esta conversión para un sitio en particular, y se hará mención del porque la hora civil no siempre coincide con la hora solar.

CUADRO Núm. 2.

CONVERSION HORA SOLAR - HORA CIVIL.

Como es sabido, en todo el planeta hay diferencias en cuanto a la "hora" que se maneja en cada sitio, ya que, mientras en Inglaterra son las 6:00 de la tarde, en México son las 12:00 del día; esto se debe a que, debido al movi-

miento de rotación, los rayos solares comienzan a iluminar un sitio a una determinada hora y a otros, un poco después:



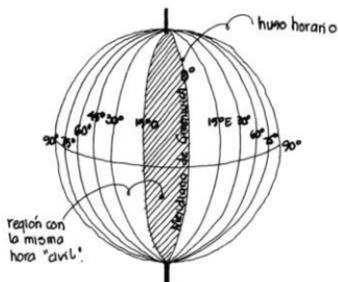
• Los rayos solares comienzan a iluminar el sitio **a** (mientras **b** y **c** están en la zona de penumbra).

*transcurrido cierto lapso:*

• Mientras **a** ya tiene algún tiempo dentro de la zona de iluminación, **b** comienza apenas a recibir la luz del sol (y **c** sigue en la zona de penumbra - todavía es de noche).

*poco después:*

• **c** "entra" en la zona de iluminación, pero **a** y **b** ya tienen cierto de lapso de estancia en la zona de iluminación.



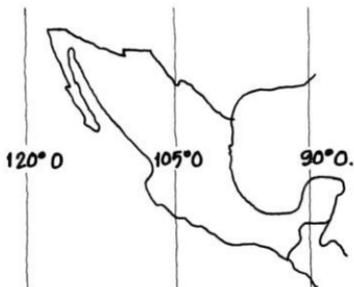
Como se observa, pues, es imposible lograr una unificación de horario para todo el planeta, ya que en cada sitio —dependiendo de su localización meridional, la longitud— se presentará un horario diferente de salida y ocaso del Sol, así como de permanencia en la zona de iluminación, hechos que determinan la "hora" o el "horario" que se usa en cada sitio.

Pero, como sería muy difícil que cada sitio, tuviera su propia "hora", se ha convenido que la Tierra sea dividida en 24 husos horarios (división de la esfera terrestre a cada 15° de longitud, a partir del Meridiano 0°, de Greenwich), para que toda una región, cercana a cada huso horario tenga la misma "hora".

El meridiano de referencia, que rige la llamada **hora civil** (también llamada "hora del centro"), para casi todo el territorio mexicano, es el **Meridiano 90° Oeste**.

Tan sólo para los estados de Baja California Sur, Sonora, Tlaxcala y Nayarit, el meridiano de referencia (que rige su hora civil) es el **Meridiano 105° Oeste**.

Y, para Baja California Norte es el **Meridiano 120° Oeste**. (excepto a partir del último domingo de abril al último domingo de octubre, que cambia al 105° Oeste).



Meridianos de referencia para la República Mexicana (husos horarios).

# medio ambiente natural. SOL

Las horas que muestran los Gráficos Solares (en este caso, de Proyección Ortogonal, que hemos mostrado) es la llamada **hora solar**, que difiere, generalmente de la **hora civil**, (a menos, claro está que el meridiano de longitud en el que se localice un sitio, sea el mismo que el meridiano de referencia, y entonces, no habría diferencia entre la

hora solar y la hora civil).

Para poder "convertir" la hora solar que refieren los Gráficos Solares a la hora civil (la hora que marcan los relojes de los habitantes de un lugar), podemos hacer uso de la siguiente ecuación:

ECUACION de CONVERSION HORA SOLAR - HORA CIVIL :

$$H_c = H_s + \frac{(m_l - m_r)}{15^\circ} - E \quad (14)$$

donde:

$H_c$  = hora civil

$H_s$  = hora solar

$m_l$  = meridiano local (donde se localiza el sitio)

$m_r$  = meridiano de referencia.

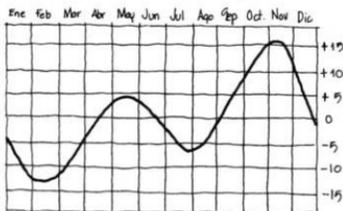
$E$  = # de minutos que hay que sumar ó restar, de acuerdo a la fecha del año en que se requiera la conversión, producto de la llamada "Ecuación del tiempo". En la tabla 1 se observan los diferentes valores de  $E$ , según la fecha del año.

(14) basado en: Procedimientos Simplificados de Proyecciones Solares  
Cábel Balleas P. UAP. pp. 23.

Tabla 1: (14) "Ecuación del tiempo."

MES	D í a		
	1-10	11-20	21-30
Ene	-6	-9	-12
Feb	-13	-14	-13
Mar	-12	-9	-6
Abril	-3	0	2
Mayo	3	4	3
Jun.	2	0	-2
Jul.	-4	-6	-6
Ago	-6	-5	-2
Sep	1	4	8
Oct	12	14	16
Nov	16	15	13
Dic.	10	6	1

valores de  $E$  (expresados en minutos),  
tomados de la Ecuación del tiempo :



(14) Procedimientos Simplificados de Proyecciones Solares.

G. Balderas Romero. DIAU-ICUAP. Univ. Auton. Puebla pp. 31.

El valor de  $E$ , producto de la "Ecuación del Tiempo", es un factor de ajuste a la corrección horaria o conversión hora solar- hora civil, debido a que : la trayectoria eclíptica de translación de la Tierra se conserva una curvatura uniforme, ya que cuanto más cerca esté la Tierra del Sol, más lenta será la velocidad de translación ; mientras que conforme se aleje más, la velocidad aumentará.

Esto impide una correspondencia regular entre el movimiento de rotación y el de translación.

Por lo que las "posiciones" del Sol (supongamos el mediodía solar, el punto de máxima elevación del Sol), ocurre en algunos periodos después de la hora solar, que se supondría marcara las 12:00 hrs., y también hay periodos en que se adelanta, de acuerdo a una variación gradual, día con día.

En decir, no podemos tomar un valor constante de  $E$ , que sumar ó restar a la hora solar (para calcular la hora civil), durante todo el año, sino que, dependiendo de la fecha del año, se suma ó resta cierto **número de minutos** a los demás valores implicados en la operación para obtener la hora civil.

# ambiente natural. SOL

medio ambiente

Ejemplo de conversión hora solar - hora civil :

Supongamos que ya hemos trazado la Gráfica Solar para la Cd. de México (lat.  $19^{\circ}24'$ ), y queremos conocer ó convertir las horas solares que marca la gráfica, en horas civiles; para ello, primero tendríamos que investigar en algún documento la longitud (el meridiano) en que se localiza la Cd. de México, (este es el meridiano  $99^{\circ}12'$ ), y posteriormente hacer uso de la Ecuación de conversión :

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

Ecuación de conversión.

1. Como la Cd. de México no va a cambiar de longitud (su localización meridional en la esfera terrestre), ni tampoco va a cambiar de longitud el meridiano de referencia horario que se usa para la hora civil en este sitio (ó sea el meridiano de referencia  $90^{\circ}$ ), podemos establecer una ecuación de conversión para la Cd. de México, haciendo constante la siguiente parte de la ecuación :

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

esta parte de la ecuación  
la podemos hacer una  
constante

donde :

$m_l = 99^{\circ}12'$  (Longitud Cd. de México).

$m_r = 90^{\circ}$  (Longitud del meridiano de referencia)

$$1.a) H_c = H_s + \frac{(99^{\circ}12' - 90^{\circ})}{15^{\circ}} - E$$

$$1.b) H_c = H_s + \left[ \frac{9^{\circ} 12'}{15^{\circ}} \right] - E$$

Para realizar una división correcta, es necesario transformar los valores de minutos a decimales de grado (no podríamos dividir los minutos entre grados), con ayuda de la sig. regla:

Si  $1^{\circ} = 60'$ , ¿cuántos grados serán  $12'$ ?

$$\begin{aligned} 1^{\circ} &= 60' \\ x &= 12' \end{aligned} \quad x = \frac{12' \times 1^{\circ}}{60'} = .2^{\circ}$$

$$1.c) H_c = H_s + \left[ \frac{9.2^{\circ}}{15^{\circ}} \right] - E$$

$$1.d) H_c = H_s + \left[ .61^{\circ} \right] - E$$

Y, ahora, a la inversa, transformando los centésimos de grado, a minutos:

$$\begin{aligned} 1^{\circ} &= 60' \\ .61^{\circ} &= x \end{aligned} \quad x = \frac{.61^{\circ} \times 60'}{1^{\circ}} = 36'$$

Por lo tanto:

$$1.e) H_c = H_s + 36' - E$$

Ecuación de conversión de la hora solar-hora civil  
para la Cd. de México.

Ahí, sólo tendríamos que buscar el valor de **5** en la tabla **1** para el día requiriendo de conversión, y sumarlo ó restarlo a la **hora solar** buscado y a la constante **36'**.

# ambiente natural. SOL

medio ambiente

- 2) Supongamos la fecha 23 diciembre (Solsticio de Invierno); el valor de  $E$  es igual a  $1'$  (ver tabla 1)

$$H_c = H_s + 36' - E$$

$$H_c = H_s + 36' - 1'$$

$$\underline{H_c = H_s + 35'}$$

Lo que significa que en la fecha 23 de diciembre, habría que sumarle a cada hora solar,  $35'$ , para obtener la hora civil.

- 3) Supongamos la fecha 21 marzo (Equinoccio de Primavera); el valor de  $E$  es igual a  $-6'$  (ver tabla 1)

$$H_c = H_s + 36' - E$$

$$H_c = H_s + 36' - (-6')$$

$$H_c = H_s + 36' + 6'$$

$$\underline{H_c = H_s + 42'}$$

Hay que sumar  $42'$  minutos a la hora solar, para obtener la hora civil.

- 4) Supongamos la fecha 22 junio (Solsticio de Verano); el valor de  $E$  es igual a  $-2'$  (ver tabla 1)

$$H_c = H_s + 36' - E$$

$$H_c = H_s + 36' - (-2')$$

$$H_c = H_s + 36' + 2'$$

$$\underline{H_c = H_s + 38'}$$

sumar  $38'$  minutos a la hora solar, para obtener la hora civil.

- 5) Supongamos la fecha 23 septiembre (Equinoccio de Otoño); el valor de  $E$  es igual a  $8'$  (ver tabla 1)

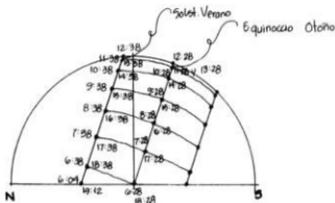
$$H_c = H_s + 36' - E$$

$$H_c = H_s + 36' - 8'$$

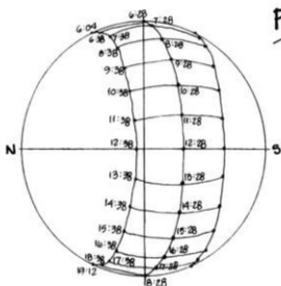
$$\underline{H_c = H_s + 28'}$$

sumar  $28'$  minutos a la hora solar, para obtener la hora civil.

6) Ilustración de los ejemplos : (para la Cd. de México).



Alzado N-S



Planta

Grafica Solar para la Cd. de México  
(mostrando la localización del Sol en  
horas civiles).

6.a) en el Solsticio de Verano (sumar 38').

hora	hora solar	hora civil
alba	5:26 hrs.	+38' = 5:64 = 6:04 hrs.
6:00	6:00 hrs.	+38' = 6:38 hrs.
...	...	...
12:00	12:00 hrs.	+38' = 12:38 hrs.
...	...	...
ocaso	18:34 hrs.	+38' = 18:72 = 19:12 hrs.

Es decir, aunque, según la Grafica Solar trazada, el alba ocurra a las 5:26 hrs., en nuestros relojes (que todos a la hora civil), el alba, ocurrirá a las 6:04 hrs.

Lo mismo sucedería con cada posición del Sol en la grafica, no representarían la posición del Sol en cada hora, sino, a los 6:38, los 7:38, los 8:38, etc. etc. El ocaso, no ocurrirá a las 18:34 hrs. (horas solares), sino a las 19:12 hrs. civiles.

6.b) en el Equinoccio de Otoño (sumar 28').

hora	hora solar	hora civil
alba	6:00	+28' = 6:28
7:00	7:00	+28' = 7:28
...	...	...
12:00	12:00	+28' = 12:28
...	...	...
17:00	17:00	+28' = 17:28
...	...	...
ocaso	18:00	+28' = 18:28

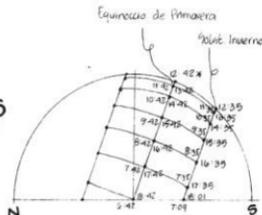
medio ambiente natural.

SOL

6.c) en el solsticio de Inverno (sumar 36°).

	hora solar	hora civil.
alba	6:34	+36° = 6:07 = 7:07 hrs
...		
7:00	7:00	+36° = 7:36 hrs
...		
12:00	12:00	+36° = 12:36 hrs
...		
17:00	17:00	+36° = 17:36 hrs
...		
ocaso	17:26	+36° = 17:01 = 18:01 hrs

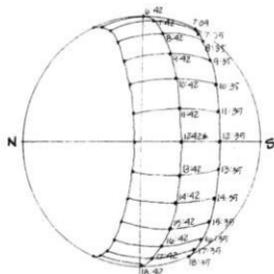
Alzado N-S



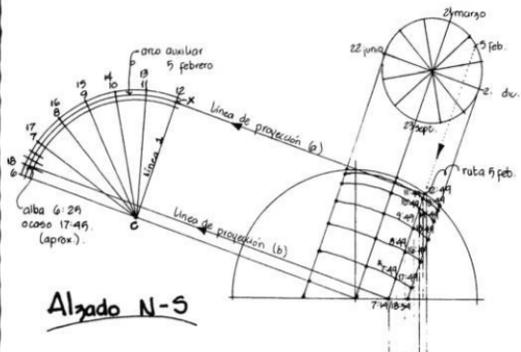
6.d) en el Equinoccio de Primavera (sumar 42°).

	hora solar	hora civil.
alba	6:00	+42° = 6:42 hrs
...		
7:00	7:00	+42° = 7:42 hrs
...		
12:00	12:00	+42° = 12:42 hrs
...		
17:00	17:00	+42° = 17:42 hrs
...		
ocaso	18:00	+42° = 18:42 hrs

Planta

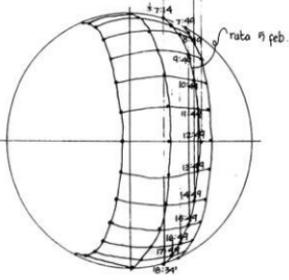
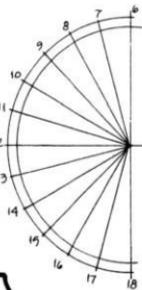


localización del Sol en las rutas  
indicando la hora civil corres-  
pondiente.



Alzado N-S

Planta



## 7) Cálculo de la hora civil en otra fecha. (supongamos el 9 de febrero).

- 7.1 Trazar la gráfica solar.
- 7.2 Obtener la ruta solar del 9 febrero.
- 7.3 Para obtener la hora solar del alba y el ocaso (aprox.): del punto de máxima elevación (12:00 hrs. solares) de la ruta 9 febrero, trazar una línea de proyección (a), hasta intersectar la línea 1. Con radio c-x, trazar un arco auxiliar donde se observarán las horas en la fecha 9 de febrero. Trazar una línea de proyección (b) del punto de alba y ocaso de la ruta, y observar aproximadamente cual sería la hora solar del alba y del ocaso. (Alrededor de los 6:29 hrs. y las 17:49 hrs. respectivamente).
- 7.4 Calcular la hora civil, con la ecuación de conversión para la Cd. de México, de acuerdo a la fecha 9 febrero ( $E = -13'$ ). ver tabla 1.

$$H_c = H_s + 36' - E$$

$$H_c = H_s + 36' - (-13')$$

$$H_c = H_s + 36' + 13'$$

$$H_c = H_s + 49'$$

en el día 9 febrero, habrá que sumar +49' a la hora solar, para obtener la hora civil.

### 7.5

	hora solar	hora civil
alba	6:25 + 49' = 6:74' = 7:14'	
12:00	12:00 + 49' = 12:49	
ocaso	17:49 + 49' = 17:99' = 18:39'	

# medio ambiente natural. SOL

## 8.) Conversión hora civil - hora solar.

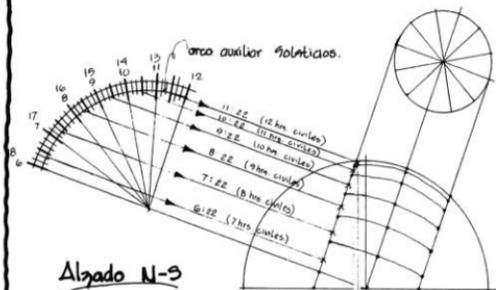
Si por otro lado, quisiéramos obtener la localización del Sol a una determinada hora civil, tendríamos que hacer el procedimiento inverso, partiendo de la Ecuación:

$$\underline{H_c = H_s + 36' - E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ecuación conversión hora solar - hora civil} \\ \text{(para la Cd. de México)} \end{array} \right.$$

a)  $H_c = H_s + 36' - E$  pasando estos términos a la 1ª parte de la ecuación:

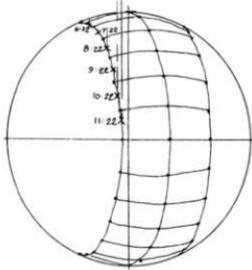
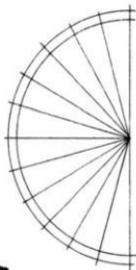
b)  $H_c - 36' + E = H_s$   
ó  
 $\underline{H_s = H_c - 36' + E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ecuación conversión hora civil - hora solar} \\ \text{(para la Cd. de México)} \end{array} \right.$

El uso de esta ecuación de conversión hora civil - hora solar, puede ser muy importante para lograr obtener la localización del Sol (y por ende, la dirección de los rayos solares) en una hora civil que sea requerida por el diseñador, ya que la mayoría de los datos climáticos que se dan en un sitio, son expresados en términos de horas civiles y no solares (por ejemplo, la temperatura horaria, la humedad relativa y absoluta horaria, etc.). Así, que si queremos relacionar estos datos con la dirección de los rayos solares (la geometría solar), tendremos que establecer una correspondencia horaria (tomando en cuenta la hora civil que expresa la Gráfica Solar - lo que se ha hecho en los ejemplos anteriores -, ó proponer una "versión" de la Gráfica, expresada en horas civiles (que supondrán nuevas posiciones del Sol durante la ruta).



Alzado N-S

Planta.



8.1) Supongamos que deseamos conocer las distintas localizaciones del Sol en cada hora civil, durante la ruta solar 22 de junio (Solsticio de Verano).

a.- Obtener el factor de conversión hora civil- hora solar para la fecha 22 de junio :

$$H_s = H_c - 36' + E' \quad \begin{matrix} 22 \text{ junio} \\ E = -2' \end{matrix}$$

$$H_s = H_c - 36' + (-2')$$

$$H_s = H_c - 36' - 2'$$

$$H_s = H_c - 38'$$

indica que en la fecha 22 junio, hay que restar 38 minutos a la hora civil, para calcular la hora solar.

b.- Calcular las horas solares para cada hora civil :

hora civil	factor conversión	hora solar
alba (6:04)	-38'	= 5:26
7:00	-38'	= 6:22
8:00	-38'	= 7:22
9:00	-38'	= 8:22
10:00	-38'	= 9:22
11:00	-38'	= 10:22
12:00	-38'	= 11:22
13:00	-38'	= 12:22
14:00	-38'	= 13:22

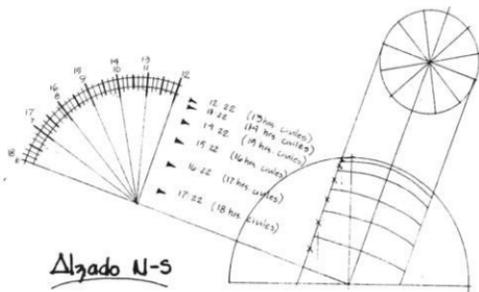
# medio ambiente natural. SOL

hora civil	factor conversión	hora solar
15:00	-58'	= 14:22
16:00	-58'	= 15:22
17:00	-58'	= 16:22
18:00	-58'	= 17:22
19:00	-58'	= 18:22
ocaso (19:12)	-58'	= 18:14

c.- Localizar en el arco auxiliar de las horas, del alzado N-S, las horas solares correspondientes a cada hora civil.

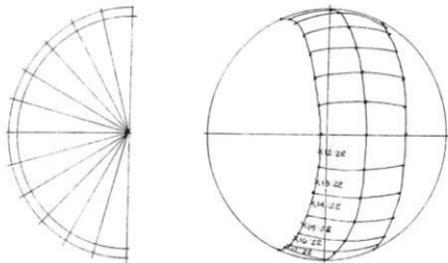
d.- Trazar líneas de proyección de estos puntos hacia el alzado N-S, hasta intersectar la ruta Solsticio de Verano. Los puntos encontrados, marcarán la localización del Sol en cada hora civil.

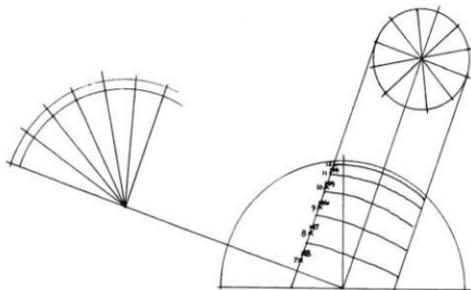
e.- Para obtener la localización por hora civil del Sol en planta: trazar líneas de proyección de los puntos encontrados, en la ruta del alzado N-S hacia la planta de la bóveda, hasta intersectar la ruta solar de la planta. Estos nuevos puntos de intersección marcarán la localización del Sol en cada hora civil durante la ruta.



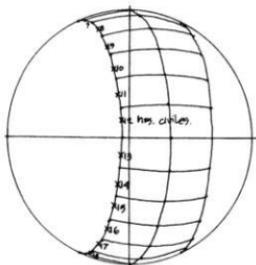
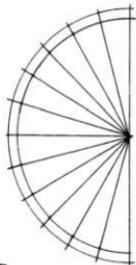
Alzado N-S

Planta





x = localización del Sol en la ruta Solst. Verano en cada hora civil.



De esta manera, se obtienen las diferentes localizaciones del Sol en cada hora civil durante la ruta Solsticio de Verano para la Cd. de México.

Como se observa, existe cierto "retraso" entre estas localizaciones del Sol en cada hora civil, con respecto a las localizaciones del Sol en cada hora solar (no son las mismas).

Así, si por ejemplo analizamos lo que sucede con la localización del Sol en la ruta 22 junio, a las 12:00 horas civiles, notaremos que el Sol se localiza "antes" del punto que marca la máxima elevación diurna (en la intersección con el meridiano N-S, en el mediodía solar); o sea que, aunque nuestros relojes marquen el medio día, el Sol todavía no habrá alcanzado su máxima elevación durante la ruta. Por otro lado, cuando esto sucede (a las 12:00 horas solares), nuestros relojes marcarán las 12:38 hrs. (de acuerdo al ajuste hora solar - hora civil).

# ambiente natural. — SOL

medio ambiente

Lo mismo sucederá con las restantes horas de la ruta: las horas civiles experimentan cierto "retraso" con respecto a las horas solares, y el Sol se "retrasa" un poco en su localización horaria con respecto a los puntos donde supuestamente debiera localizarse (marcados por cada hora solar).

Así, aunque en ese día, los relojes marquen la hora del alba a las 6:04, el alba en realidad ocurre a las 5:26 hrs. solares; y, el ocaso a las 18:34 hrs. solares, aunque nuestros relojes marquen las 19:12 hrs.

Todo esto ocurre debido a que la Cd. de México se rige por el horario del meridiano 90° (el huso horario), y no por el horario propio, que sería el correspondiente al meridiano 99°42'.

Es importante mencionar que tal y como se han obtenido las localizaciones del Sol en cada hora civil para la ruta Solsticio de Verano en la Cd. de México, el mismo procedimiento puede realizarse para las demás rutas del año solar, simplemente, tal y como se hizo, transformando cada hora civil en hora solar (de acuerdo a la ecuación

de conversión propia del día del año que se trate, y por supuesto de la ecuación propia de la localización meridional-longitud-del sitio), y posteriormente, localizando cada hora civil dentro de la ruta señalada.

Si analizamos la ecuación de conversión hora-civil - hora solar para la localización de la Cd. de México (obtenida en la pág. ), notaremos una diferencia entre hora solar y hora civil de alrededor de 36 minutos ya que:

$$H_s = H_c - 36' + E$$

Ecuación de conversión para la Cd. de México

aunque, dependiendo del valor de E para cada fecha del año, la diferencia entre hora civil y hora solar puede variar. Observemos por ejemplo lo que ocurre en las fechas más significativas del año solar (ilustrados en los páginas anteriores):

• En el caso del Solsticio de Verano, la diferencia es de 38', ya que  $E = -2$  (ver tabla 1).

$$\therefore H_s = H_c - 36' + (-2) = H_c - 36' - 2'$$

$$H_s = H_c - 38'$$

- En el Equinoccio de Otoño, la diferencia es de 28' ya que  $E = -8'$

$$H_s = H_c - 36' + (+8')$$

$$H_s = H_c - 36' + 8'$$

$$H_s = H_c - 28'$$

- En el Solsticio de Invierno, la diferencia es de 35', ya que  $E = 1'$

$$H_s = H_c - 36' + 1'$$

$$H_s = H_c - 35'$$

- En el Equinoccio de Primavera, la diferencia es de 42', ya que  $E = -6'$

$$H_s = H_c - 36' + (-6)'$$

$$H_s = H_c - 36' - 6'$$

$$H_s = H_c - 42'$$

Aquí, podríamos establecer un rango de variación (a nivel muy general) de alrededor de media hora entre hora solar y hora civil, a lo largo del año para la Cd. de México, aunque en algunos casos puede ser menor (ejemplo, en el Equinoccio de Otoño que es de 28'), ó mucho mayor (como en el

Equinoccio de Primavera que es de 42').

Si observamos en la tabla 1 (pág. ) los valores máximos de  $E$  en el año, notaremos que si:

$$E = 16 \text{ (del 1 a 10 de Nov.) ... (a)}$$

$$\text{y } E = -14 \text{ (del 11 al 20 de Feb.) ... (b)}$$

$$\therefore H_s = H_c - 36 + (16) = \underline{H_c - 20'} \dots (a)$$

$$\begin{aligned} H_s &= H_c - 36' + (-14) \\ &= H_c - 36' - 14 = \underline{H_c - 50'} \dots (b) \end{aligned}$$

Por lo tanto, los valores máximos ó mínimos de variación entre hora solar y hora civil, en la Cd. de México, ocurren a principios de Noviembre (del 1 al 10), ya que la diferencia es de sólo 20 minutos; y, a mediados de Febrero (del 11 al 20), la variación es máxima, ya que la diferencia es de 50 minutos.

# ambiente natural. SOL

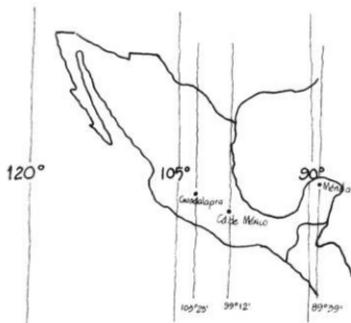
medio

- 9). Conversión hora solar - hora civil u hora civil - hora solar, para cualquier otra localización.

Así como se ha establecido las diferencias entre la hora solar y la hora civil para un sitio como la Cd. de México, [con una localización determinada dentro de los meridianos que dividen imaginariamente la Tierra] a lo largo del año solar, de igual forma podemos obtener el factor de conversión hora solar - hora civil (o viceversa), para cualquier otro sitio, siempre y cuando conozcamos su longitud (la localización meridiana).

Por ejemplo, obtenemos la ecuación de conversión para ciudades con diferente longitud que la Cd. de México (el ejemplo ya descrito), y con diferente localización con respecto al meridiano de referencia horaria (que rige sus respectivos horarios) que es el Meridiano  $90^\circ$ ; dichas ciudades serán: Guadalajara (longitud  $103^\circ 23'$  oeste) y la Cd. de Mérida ( $89^\circ 39'$  oeste). :

- 9.1) Para la Cd. de Guadalajara:



partiendo de la Ec. genl. de conversión.

$$H_c = H_s + \frac{m_l - m_r}{15^\circ} - E$$

$$m_l = 103^\circ 23' \text{ (longitud Cd. de Guadalajara)}$$

$$m_r = 90^\circ \text{ (longitud meridiano de referencia)}$$

$$H_c = H_s + \frac{(103^\circ 23' - 90^\circ)}{15^\circ} - E$$

$$H_c = H_s + \frac{(13^\circ 23')}{15^\circ} - E$$

$$\text{si } 1^\circ = 60' \quad x = \frac{23' \times 1^\circ}{60'} = .38^\circ$$

$$H_c = H_s + \frac{13.38^\circ}{15^\circ} - E = H_s + .89^\circ - E$$

$$\text{si } 1^\circ = 60' \quad x = \frac{(.89^\circ)(60')}{1^\circ} = 53'$$

$$\therefore \boxed{H_c = H_s + 53' - E}$$

Ecuación de conversión para la Cd. de Guatemala.

Y, esta ecuación ya solo se verá afectada por los valores de E (según tabla 1, Ecuación del Tiempo, pág. ).

a) En la fecha Solsticio de Verano.

$$H_c = H_s + 53' - E_f$$

$$\text{si } E = -2 \quad \therefore H_c = H_s + 53' - (-2)$$

$$H_c = H_s + 53' + 2$$

$$\underline{H_c = H_s + 55'}$$

(o sea, sumar 55' a la hora solar para obtener la hora civil).

b) En la fecha Equinoccio de Otoño:

$$H_c = H_s + 53' - E_f$$

$$\text{si } E = 0 \quad \therefore H_c = H_s + 53' - 0$$

$$\underline{H_c = H_s + 45'}$$

c) En la fecha Solsticio de Inverno:

$$H_c = H_s + 53' - E_f$$

$$\text{si } E = 1 \quad \therefore H_c = H_s + 53' - 1$$

$$\underline{H_c = H_s + 52'}$$

d) En la fecha Equinoccio de Primavera:

$$H_c = H_s + 53' - E_f$$

$$\text{si } E = -6 \quad \therefore H_c = H_s + 53' - (-6)$$

$$H_c = H_s + 53' + 6$$

$$\underline{H_c = H_s + 59'}$$

e) En las fechas, donde el valor de E es extremo. (del 11 al 20 de feb, E = -14; del 1º al 10 de Nov, E = 16).

$$H_c = H_s + 53' - (-14)$$

$$H_c = H_s + 53' + 14$$

$$H_c = H_s + 67'$$

$$\underline{H_c = H_s + 1hr 7'}$$

del 11 al 20 febrero.

$$H_c = H_s + 53' - 16'$$

$$\underline{H_c = H_s + 37'}$$

del 1º al 10 nov.

9.2) Para la Cd. de Mérida.

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

$m_l = 89^\circ 29'$   
 $m_r = 90^\circ$

$$H_c = H_s + \frac{(89^\circ 29' - 90^\circ)}{15^\circ} - E$$

$$H_c = H_s + \frac{(-21')}{15^\circ} - E$$

$\Rightarrow 1^\circ = 60'$   
 $x = 21'$   
 $\therefore x = \frac{21' \times 1^\circ}{60'} = .35^\circ$

$$H_c = H_s - \frac{.35^\circ}{15^\circ} - E = H_s - .02^\circ - E$$

$\Rightarrow 1^\circ = 60'$   
 $.02^\circ \times x$   
 $\therefore x = \frac{(.02^\circ)(60')}{1^\circ} = 1.2' > 1'$

así:  $H_c = H_s - 1' - E$

Ecuación de conversión para la Cd. de Mérida.

a) Para la fecha Solsticio de Verano.  $E = -2$

$$\therefore H_c = H_s - 1' - (-2')$$

$$H_c = H_s - 1' + 2'$$

$$H_c = H_s + 1'$$

b) Para la fecha Equinoccio de Otoño  $E = 8$

$$\therefore H_c = H_s - 1' - 8'$$

$$H_c = H_s - 9'$$

c) Para la fecha Solsticio de Invierno.  $E = 1$ .

$$\therefore H_c = H_s - 1' - 1'$$

$$H_c = H_s - 2'$$

d) Para la fecha Equinoccio de Primavera  $E = -6$ .

$$\therefore H_c = H_s - 1' - (-6)$$

$$H_c = H_s - 1' + 6$$

$$H_c = H_s + 5'$$

e) Para los valores máximos de  $E$  (del 1 al 20 feb.

$E = -14$ ; del 1 al 10 nov.  $E = 16$ ).

$$H_c = H_s - 1' - (-14)$$

$$H_c = H_s - 1' + 14'$$

$$H_c = H_s + 13'$$

|| al 20 feb.

$$H_c = H_s - 1' - 16'$$

$$H_c = H_s - 17'$$

del 1 al 10 nov.

## CONCLUSION.

Las correcciones horarias entre la hora solar y la hora civil permiten al diseñador entender el porqué de que si la Gráfica Solar nos marca a una hora determinada, el momento del alba, del ocaso, del punto de máxima elevación, etc, en realidad nuestros relojes marcan otra hora.

Para llevar a cabo esta corrección, es necesario utilizar una ecuación que involucre la hora solar propia del lugar, la hora civil del meridiano de referencia, así como un valor variable de corrección (según la Ecuación del tiempo).

$$H_c = H_s + \frac{(m_l - m_r)}{15} - E.$$

$H_c$  = hora civil  
 $H_s$  = hora solar  
 $m_l$  = meridiano local  
 $m_r$  = meridiano de referencia  
 $E$  = Ecuación del tiempo.

En los ejemplos mostrados se observa, que por ejemplo, para la Cd. de México, la corrección es de sumar

aproximadamente media hora a cada hora solar para obtener la hora civil, aunque hay ciertos periodos del año (cuando el valor de  $E$  es extremo), en que tal corrección puede ser tan sólo de 20 minutos, o en el otro extremo, hasta de 90 minutos.

Y que, a medida que se acentúa la diferencia entre la localización meridiano del sitio, y el meridiano de referencia, el valor en minutos, de la corrección puede aumentar (como es el caso de la Cd. de Guadalupe jaro, donde el valor medio de corrección es de unos 90 minutos, aproximadamente).

Por otro lado, cuando el sitio se localiza cerca del meridiano de referencia que rege la hora civil, la diferencia es mínima, como en el caso de la Cd. de Mérida, que alcanza sólo unos minutos, como promedio.

Si estas correcciones las relacionamos con la Gráfica Solar, y asignamos la hora civil correcta a cada localización horaria del Sol, tendremos una clara unión de la relación entre ambas, y de los datos que nos pueden ser de gran utilidad.

medio ambiente natural.

SOL

## CUADRO Núm. 3

El impacto del Sol en un volumen construido

Una vez que el diseñador conoce la forma en la que en un sitio se presenta el aparente movimiento del Sol en la "bóveda celeste" del lugar, (que conforman las distintas trayectorias horarias durante el año), obtenidas por cualquier método (trazando gráficas solares de proyección ortogonal, cilíndrica, estereográfica, etc., o a través de métodos matemáticos, computacionales, de modelos de simulación, etc.), el diseñador tendrá que buscar como es que estos datos se relacionan con la intención de los espacios construidos (o por diseñar), para poder prever el soleamiento que estos experimentan, o pueden experimentar según las particulares condiciones de Geometría Solar que se presentan en cada sitio (de acuerdo a la latitud en la que se localicen).

El primer paso para entender esta relación es analizar sobre qué elementos de la "envoltura constructiva" (fachadas, techumbres y pavimentos) van a incidir en forma directa los rayos solares en determinadas horas del día, durante los diferentes periodos del año.

A continuación, se mostrará un método para llevar a cabo este estudio en forma gráfica, que implica el uso de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, sin perjuicio de que pueda hacerse por cualquier otro método que nos brinde la misma información.

## CUADRO Núm. 3.

EL IMPACTO DEL SOL EN UN VOLUMEN ARQUITECTÓNICO.  
 (con el conocimiento de la Gráfica Solar Ortogonal).

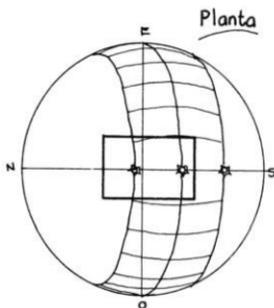
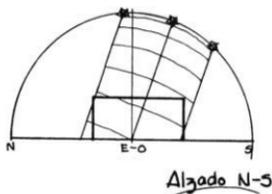
Una vez construida nuestra Gráfica Solar, podremos utilizar ésta para obtener nuevos datos.

Entre ellos: conocer la "localización" del Sol en la "bóveda celeste" de un sitio en una hora y fecha determinadas (lo que se explicó anteriormente), y, como se verá a continuación, podremos con ello conocer la dirección con la que llegarían los rayos solares hasta la superficie del sitio en ese momento, así como el IMPACTO que provocarían en un volumen ó espacio arquitectónico, lo que nos ayudaría a conocer sobre cuales superficies con una determinada orientación, estarían incidiendo en forma directa los rayos solares.

Para ilustrar lo anterior, tomemos como ejemplo nuevamente la Gráfica Solar correspondiente a la Cd. de México, y hagamos uso de un sencillo volumen arquitectónico (que llamaremos un volumen "ideal"), para observar el asoleamiento que recibiría en una hora y fecha determinada. Para ello, podemos seguir 2 procedimientos diferentes:

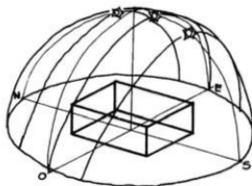
- a) "Encerrando" el volumen dentro de la Gráfica Solar.
- b) "Traduciendo" sólo la dirección de los rayos solares de la Gráfica Solar, hacia la planta y alzados arquitectónicos, dibujados a una escala mayor.

### 3.a) "Encerrando" el volumen arquitectónico dentro de la Gráfica Solar.



el volumen dentro de la Gráfica Solar

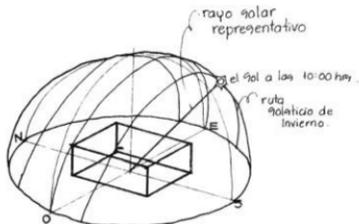
- Se dibuja el volumen arquitectónico dentro del alzado N-S y la planta de la bóveda celeste - por conveniencia se dibuja el volumen en el centro de la bóveda -, con las respectivas orientaciones de los planos que lo conforman, (en el ejemplo mostrado, un sencillo volumen de 4 superficies verticales orientadas cada una al norte, sur, este y oeste respectivamente, y una superficie horizontal (el techo del volumen).



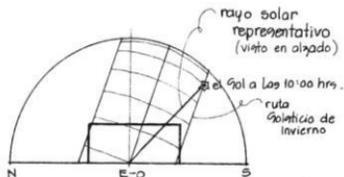
(así es como se vería el volumen arquitectónico dentro de la Gráfica Solar).

2. Se localiza el Sol en la ruta y hora deseadas, (supongamos la ruta Solsticio de Invierno - 22 dic -, a las 10:00 horas solares).

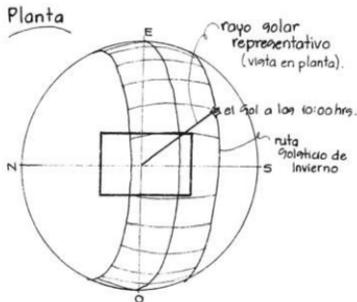
Se traza una línea desde este punto de la bóveda hacia el centro de la bóveda - en planta y en alzado -; esta línea será el rayo solar representativo de este momento de la ruta.



(como se vería el rayo solar representativo).

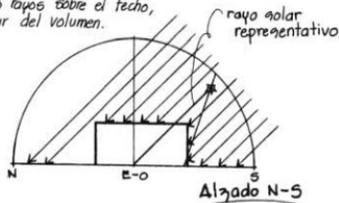


Alzado N-S



Localización del Sol en la ruta y hora deseadas.

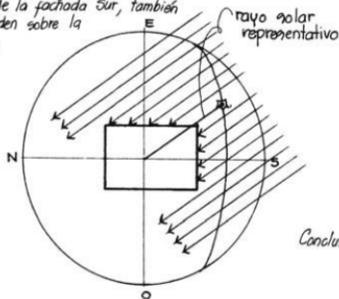
en el alzado N-S, observaríamos una incidencia de los rayos sobre el techo, y la fachada sur del volumen.



Alzado N-S

Planta

en la planta de la Gráfica, observaríamos que, además de la fachada sur, también los rayos inciden sobre la fachada este.



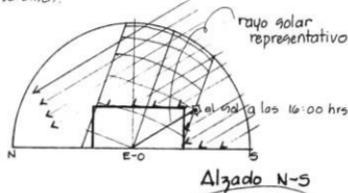
Observación de la incidencia solar sobre el volumen.

3. Se trazan líneas paralelas a la dirección de este rayo (en planta y alzado). Estas líneas representarán a todos los rayos que llegan con la misma dirección en ese momento hasta el sitio -**paralelismo de los rayos solares**-. Observar sobre que superficies del volumen inciden en forma directa estos rayos. Por lo tanto, podemos sacar como conclusión, que con ayuda de la Gráfica Solar, y localizando el Sol en la ruta y hora deseadas, podemos conocer el impacto del Sol en un volumen arquitectónico en el momento requerido.

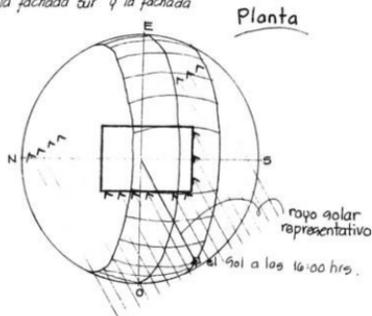
Conclusión : en este momento de la ruta, los rayos solares incidirían sobre la fachada este, la fachada sur, y el techo del volumen (y no incidirían ni sobre la fachada norte ni la fachada oeste).

4. Si deseáramos conocer el impacto de los rayos solares en otro momento de la ruta, seguir el mismo procedimiento. (Supongamos a los 16:00 hrs. de la misma ruta Solsticio de Invierno)

en el alzado N-S se observa una incidencia sobre el techo y la fachada sur del volumen.



en la planta, se observa incidencia sobre la fachada sur y la fachada oeste.

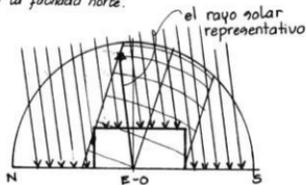


Conclusión: a las 16:00 hrs. solares se observaría una incidencia de los rayos sobre el techo, la fachada sur, y la fachada oeste. (No hay incidencia ni sobre la fachada norte, ni la fachada este).

Incidencia solar sobre el volumen en otro momento de la ruta.

# SOL medio ambiente natural.

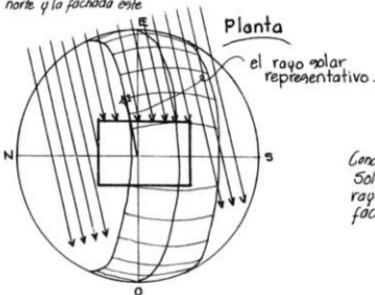
en el alzado N-S, se observa una incidencia sobre el techo, y la fachada norte.



Alzado N-S

5. O bien, en otro momento de otra ruta solar. (Supongamos en el Solsticio de Verano a las 10:00 hrs. solares).

en la planta, se observa una incidencia sobre la fachada norte y la fachada este.



Conclusión: a las 10:00 hrs. solares del día Solsticio de Verano, la incidencia de los rayos solares se da sobre el techo, la fachada norte, y la fachada este.

Incidencia solar en otro momento de otra ruta solar.

# iente natural. \_\_\_\_\_ SOL \_\_\_\_\_

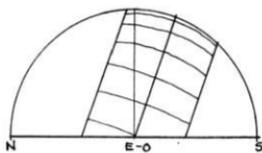
medio amb

De esta forma, podremos conocer la incidencia solar sobre el volumen en cualquier momento de cualquier ruta solar, (localizando la posición del Sol en la Gráfica Solar en el momento requerido, y trazando la dirección del rayo solar representativo).

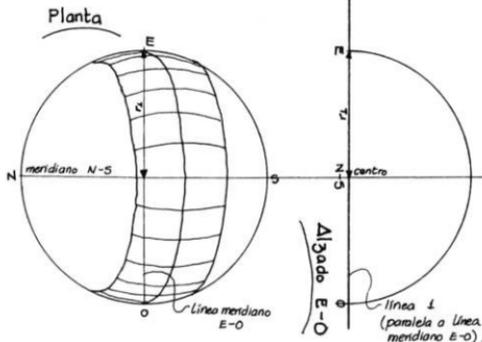
Por otro lado, podemos notar que para conocer cuales son las superficies del volumen que están recibiendo en forma directa el impacto de los rayos solares, es necesario relacionar tanto las observaciones hechas en la planta de la Gráfica Solar, como las del alzado N-S (para poder obtener la conclusión). Si quisiéramos tener un panorama más completo, se puede incluso trazar un alzado auxiliar E-O de la bóveda celeste (este procedimiento que se verá a continuación, realizado con conocimientos de Geometría Descriptiva, puede ser muy útil para poder obtener todas las vistas auxiliares de la bóveda celeste que se requieran en un momento determinado.) :

## 6. Como trazar un alzado E-O auxiliar de la Gráfica Solar :

- 6.1) Primeramente, es necesario trazar la vista lateral E-O de la bóveda celeste, para ello hay que :
- trazar una línea paralela a la línea que representa el meridiano E-O en la planta de la bóveda. Esta línea será la línea 1.
  - prolongar la línea que representa el meridiano N-S en la planta, hasta que interseccione a la línea 1.
  - En el punto de intersección entre ambas líneas, hacer centro en dicho punto, y con radio  $r_2$  (el mismo que el de la circunferencia que representa la planta de la bóveda celeste), trazar un semicírculo.
  - este semicírculo representará la vista lateral E-O de la bóveda celeste.

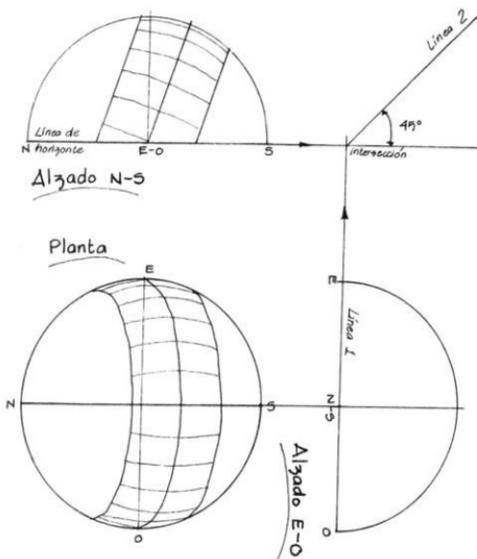


Alzado N-S



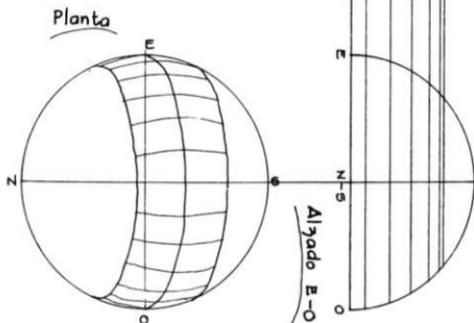
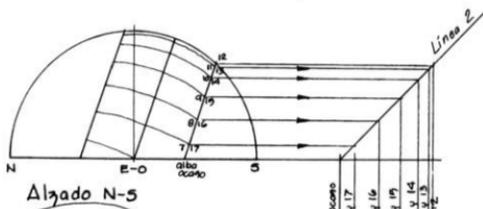
6.2) Para comenzar a trazar la ruta solar en el alzado E-O :

- En el alzado N-S de la Gráfica, prolongar la línea de horizonte, hasta que intersecte la Línea 1 del alzado E-O. Encontrar el punto de intersección.
- A partir de este punto de intersección, trazar una línea (Línea 2), a  $45^\circ$ , con respecto a la línea de horizonte.



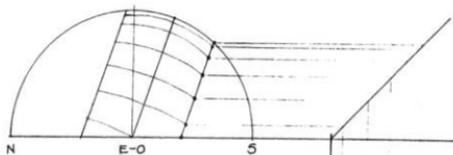
0.3) Si deseamos conocer, por ejemplo, como se vería la ruta solar "Solsticio de Invierno" en el alzado E-O, tendríamos que:

- De cada punto que marca la localización horaria (hora solar) del Sol en la ruta Solst. de Invierno, en el alzado N-S de la Gráfica, trazar líneas de proyección horizontales hasta que interseccionen a la Línea 2.
- De los puntos de intersección encontrados en la línea 2, trazar líneas de proyección vertical hacia el alzado E-O de la bóveda celeste.

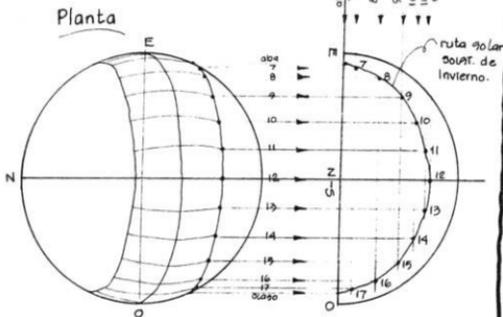


La ruta solar vista en el alzado E-O

- trazar líneas de proyección horizontales a partir de los puntos que marcan la localización horaria del Sol en la ruta vista desde la planta de la bóveda, hacia el alzado E-O de la misma.
- encontrar los puntos de intersección entre las líneas que corresponden a una misma hora. Identificar cada punto.
- Unir, con ayuda de un curvigráfico, ó a mano alzada, los puntos encontrados.
- Esta línea representará la ruta (en este caso Solst de Invierno) del Sol, y sus localizaciones horarias dentro de la ruta, vistas desde el alzado E-O.



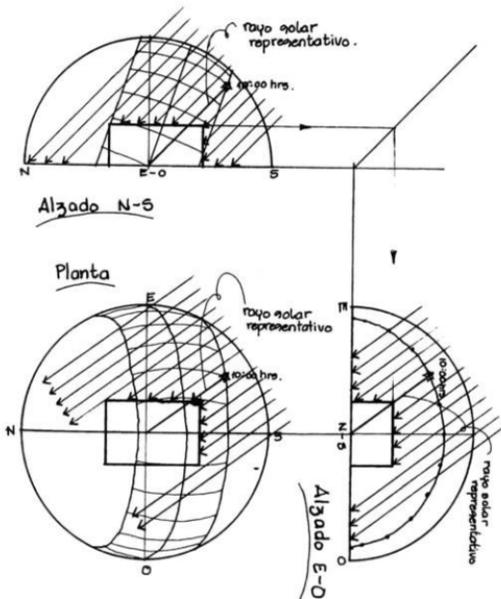
Alzado N-S



Planta

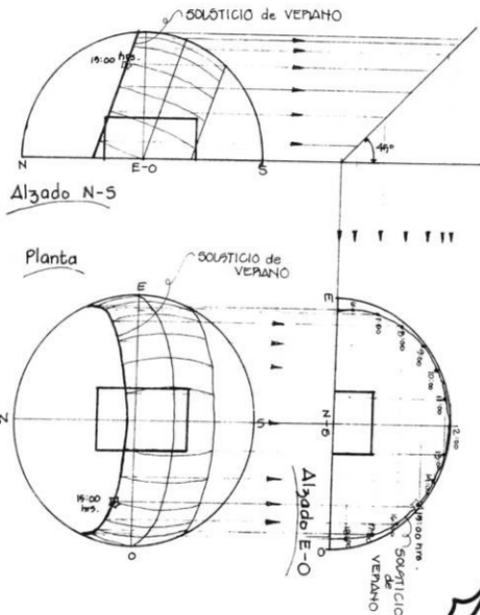
- 6.4) Mediante este procedimiento, podremos obtener la visualización del impacto de los rayos solares en el volumen arquitectónico anteriormente descrito, con una vista auxiliar E-O, además de la del alzado N-S, y la planta de la bóveda. Así, por ejemplo, si deseamos conocer el asoleamiento de nuestro volumen a las 10:00 hrs. solares de la ruta mencionada, sólo tenemos que "localizar" el Sol, en las 3 vistas (alzado N-S, E-O, y planta), trazar su respectivo rayo solar representativo, y trazar los demás rayos solares paralelos. Así, en este caso, observaremos el impacto de los rayos que se da en la fachada este del volumen, y que, en el alzado N-S, no se puede apreciar.

El Impacto solar en el Volumen, incluyendo la vista auxiliar E-O.

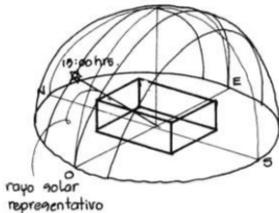


6.3) Si deseamos conocer el impacto de los rayos solares en otro momento, de otra ruta solar (supongamos los 15:00 horas del día Solsticio de Verano) en el mismo volumen, con la ayuda de la vista auxiliar E-O de la bóveda celeste, se tendrá que seguir el mismo procedimiento: trazar la ruta deseada en el alzado E-O, obtener la localización horaria del Sol deseada, trazar el rayo solar representativo, los demás rayos solares paralelos a éste, y observar el impacto de los mismos en el volumen.

trazo de la ruta solar Solsticio de Verano en el alzado E-O.

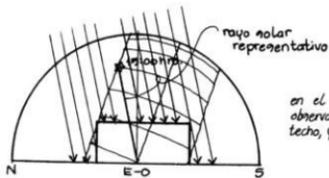


Localización del Sol en la hora deseada, trazo del rayo solar representativo y de los demás rayos solares; observación del impacto de estos en el volumen (en alzado N-S, E-O, y planta de la bóveda).



rayo solar representativo

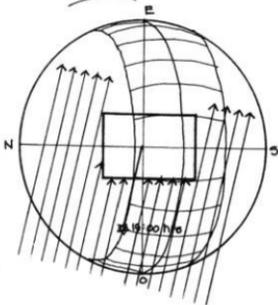
en la planta, se observa el impacto en fachada norte y fachada oeste.



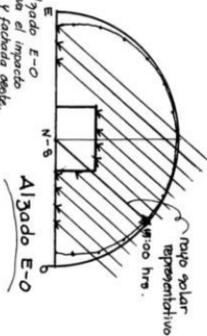
Alzado N-S

en el alzado N-S, se observa el impacto en el techo, y la fachada norte.

Planta



en el alzado E-O se observa el impacto en techo y fachada oeste.



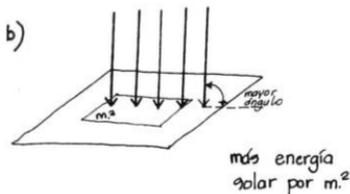
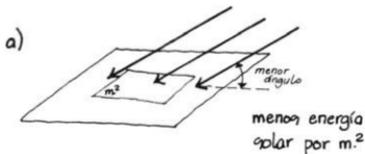
Alzado E-O

De esta forma, y con el uso del procedimiento anteriormente descrito: 1º, Localizar en la Gráfica el Sol en la hora deseada de la ruta solar particular; 2º, trazar la dirección del rayo solar representativo, y 3º, obtener la dirección de los rayos solares que llegan en ese momento hasta el sitio (trazando líneas paralelas al rayo solar representativo), y tomando además en cuenta que se da una mayor densidad de rayos por  $m^2$  (más energía solar por  $m^2$ ) mientras estos rayos lleguen con un mayor ángulo de incidencia a las superficies horizontales de un sitio [es decir, que sean o tiendan a ser perpendiculares al suelo], podremos obtener datos muy importantes, (teniendo la gráfica solar y usando este procedimiento):

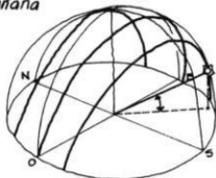
Podemos inferir cuales son las horas en la que se recibe más energía solar por  $m^2$  durante el día (de una ruta solar en particular), así como las diferencias que se dan en los diferentes períodos del año, según la ruta solar y la dirección que presenten los rayos solares, para un sitio con una latitud determinada, y poder comparar estos datos con los de otros sitios localizados en otras latitudes (que presentarían

diferentes rutas solares).

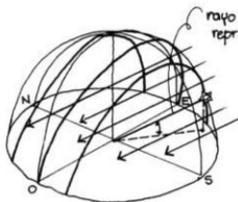
Para una mejor comprensión del uso que podemos hacer de estos datos, ver capítulo CARACTERÍSTICAS de Sol, tema 3: "La Energía solar que recibe una superficie". (Pág. - ).



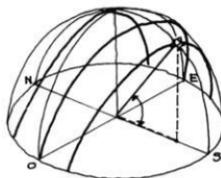
primeras horas  
de la mañana



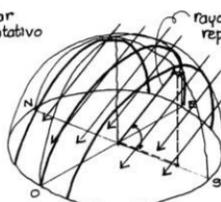
menor ángulo = menor energía



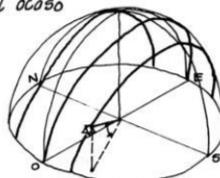
mediodía



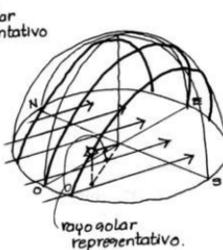
mayor ángulo = más energía



horas cercanas  
al ocaso



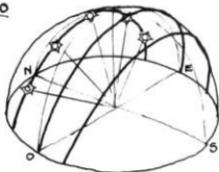
menor ángulo = menor energía



Ejemplos: La energía solar según la dirección de los rayos solares durante una ruta solar.

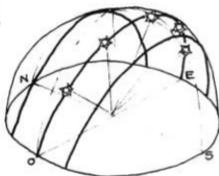
Variación de la Energía Solar durante el año.

Verano



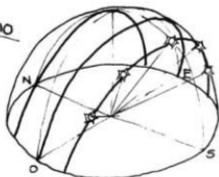
mayores ángulos,  
más energía solar.

Primavera-  
Otoño



disminuyen los  
ángulos de incidencia

Invierno



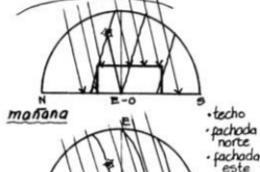
menores ángulos,  
menos energía solar.

Ahora bien, el mismo procedimiento usado para conocer la dirección de los rayos solares en un momento determinado durante una ruta solar, puede, asimismo, ser muy útil para entender como se daría la incidencia solar en los volúmenes ó espacios arquitectónicos localizados dentro de un sitio (ciudad, poblado, colonia, etc.), haciendo uso de un "modelo arquitectónico ideal" (un volumen sencillo orientado hacia los 4 puntos cardinales), ya que, podríamos conocer de esta forma: a que hora se da el impacto de los rayos solares sobre determinada superficie orientada hacia uno de los puntos cardinales, cuanto tiempo dura este impacto, así como los cambios que se dan en el acoleamiento para cada superficie durante los diferentes periodos del año solar. Para ejemplificar este uso, ver capítulo CARACTERÍSTICAS de Sol, tema 4 : "Asoleamiento de los Espacios" (página - ), donde se usa La Gráfica Solar y el uso del rayo solar representativo para entender en general el acoleamiento que se daría en los espacios en un sitio.

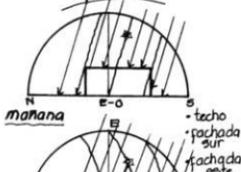
# SOL medio ambiente natural.

Asoleamiento por orientaciones durante el año.

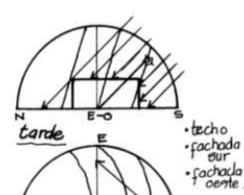
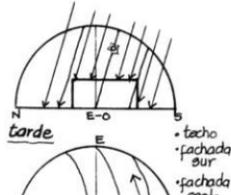
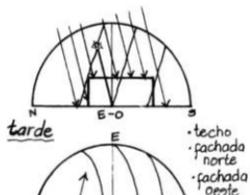
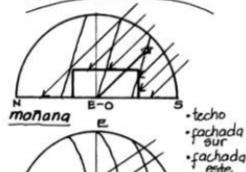
Solsticio de Verano:



Equinoccios:



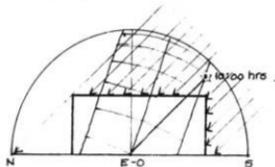
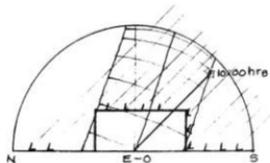
Solsticio de Invierno:



NOTAS:

\* En la realización y uso de este procedimiento es importante aclarar que no importa la relación de tamaño entre la Gráfica Solar (la bóveda celeste), y el volumen arquitectónico, ya que lo importante es en realidad, la di-

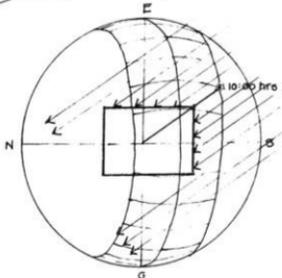
rección de los rayos en ese momento, y aún siendo más grande o pequeña la gráfica o el volumen, las superficies impactadas por los rayos del Sol serán las mismas.



Alzado N-S

se observa una incidencia de los rayos solares sobre el techo, la fachada este y la fachada sur.

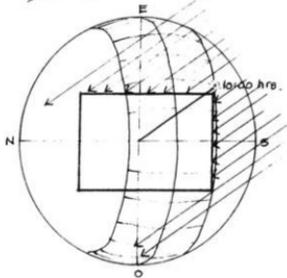
Planta



Alzado N-S

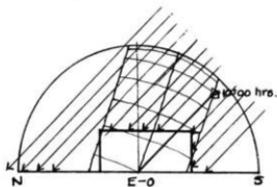
aún si dibujamos el volumen a un mayor tamaño, las superficies impactadas serán las mismas.

Planta

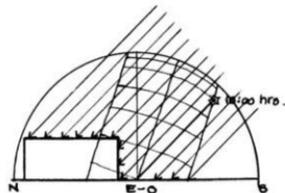


☀️ Tampoco importa si colocamos ó no, el volumen en el centro de la bóveda -solo se hace para mayor facilidad en el dibujo, ya

aún colocándolo en otro sector de la misma, debido al paralelismo de los rayos solares, las superficies impactadas por el Sol serán las mismas.

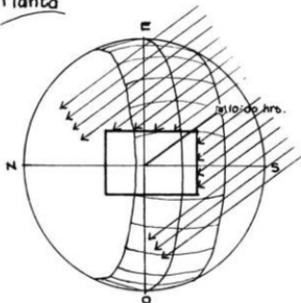


Alzado N-S

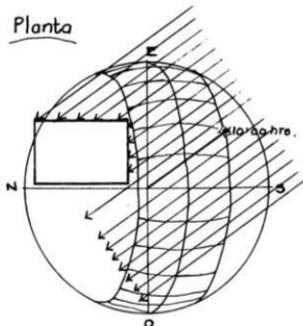


Alzado N-S

Planta



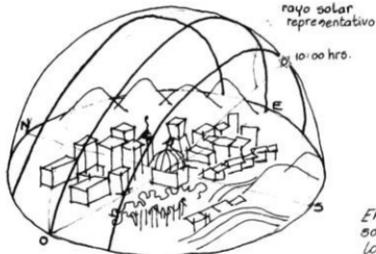
Planta



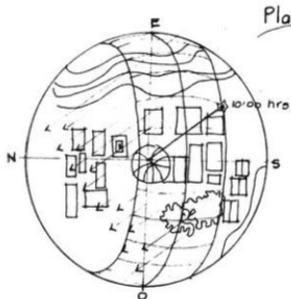
# ente natural. SOL

ambiente

Aplicando los conceptos anteriores, podemos concluir que como no importa el tamaño de la bóveda, ésta puede representar desde la bóveda de una Ciudad, (en el ejemplo, la Cd. de México), hasta una colonia, calle ó un sencillo volumen arquitectónico, localizados dentro de la misma ciudad. Esto se debe a que las diferencias en cuanto a su localización (latitud y longitud) entre estos distintos niveles espaciales de un sitio, son realmente insignificables, y se considera que se desarrollan las mismas trayectorias solares para todos ellos (las de la Cd. de México, latitud  $19^{\circ}24'$ , longitud  $99^{\circ}12'$ ).



Alzado N-S



Planta

En un momento dado de la trayectoria solar, todos los rayos solares llegan hasta el sitio, (y los volúmenes y espacios que lo conforman), con la misma dirección (así, las observaciones hechas en el volumen "ideal" pueden ser representativas para toda la ciudad)

### 3.b) "Transladando" la dirección de los rayos solares a las plantas y alzados arquitectónicos.

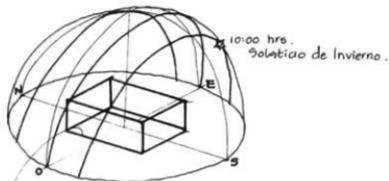
Por otro lado, y tomando en cuenta el mismo principio de considerar el PAPAUEJISMO de los RAYOS SOLARES en cada momento que el Sol "ilumina" a un sitio en particular, podemos hacer uso de otro procedimiento para entender la forma en la que los rayos del Sol inciden sobre las superficies de un volumen con determinada orientación (sin "encerrar" el volumen dentro de la Gráfica Solar): "transladando" la dirección de los rayos solares (en una hora y fecha específicas), de la Gráfica Solar hacia la planta y alzado arquitectónicos.

Es decir, suponiendo el mismo volumen arquitectónico "ideal", podemos trasladar la dirección de los rayos solares, del alzado N-S de la Gráfica Solar, al alzado arquitectónico N-S (que puede ser dibujado a una escala mayor); de la planta de la Gráfica Solar, a la planta arquitectónica; e inclusive, del alzado E-O (que hemos obtenido de la Gráfica Solar), hacia el alzado arquitectónico E-O.

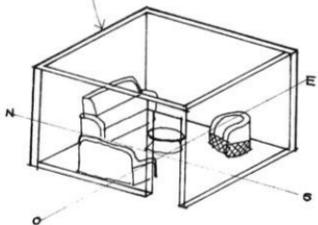
[Este procedimiento alternativo para hacer un análisis del ansoleamiento que recibiría cada superficie con una determinada orientación durante las diferentes horas y fechas del año solar, puede, en el mismo resultado de gran utilidad para entender como se producirían las áreas de iluminación interior y las sombras que arroja un volumen (lo cual veremos en el siguiente cuadro "Sombras y Penetraciones Solares".]

Lo que es importante retomar y concluir, es la gran cantidad de datos que podemos inferir a partir de la Gráfica Solar (en cuestión del impacto de los rayos solares en un volumen construido), haciendo uso del modelo arquitectónico "ideal", y de los procedimientos para entender tal impacto: "encerrando" el volumen dentro de la Gráfica, o bien "transladando" la dirección de los rayos solares de las diferentes vistas de la Gráfica solar, hacia la planta y los alzados arquitectónicos.

Ejemplo: Supongamos el mismo volumen arquitectónico "ideal" - orientado cada fachada hacia cada punto cardinal -, es decir, en vez de "encerrar" el volumen dentro de la gráfica, solo trasladamos la dirección de los rayos solares en un momento dado de una ruta solar (supongamos las 10:00 hrs. solares del día "Solsticio de Invierno").



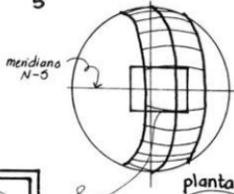
"saqueamos" el volumen arquitectónico de la Gráfica Solar.



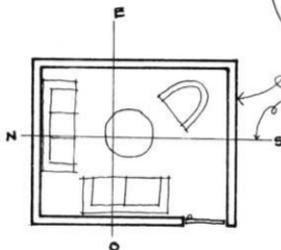
alzado  
arquitectónico N-S



línea de horizonte  
alzado N-S



planta



planta  
arquitectónica.

1).- Es necesario que tanto la planta y el alzado N-S arquitectónicos, tengan la misma relación en cuanto a su orientación con la planta y el alzado N-S de la Gráfica Solar (como si solo hubiéramos "extraído" el volumen de la bóveda celeste), de la sig. forma:

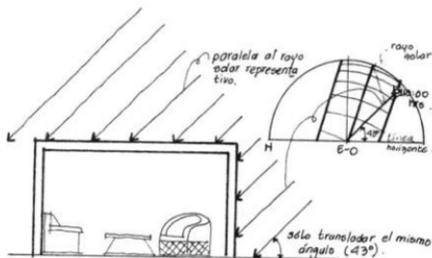
- Una vez dibujado el alzado arquitectónico N-S, colocar junto a éste el alzado N-S de la Gráfica Solar, de forma que ambas líneas de horizonte sean paralelas.
- Una vez dibujada la planta arquitectónica, se locar la planta de la Gráfica Solar junto a aquella, de modo que el meridiano N-S ó E-O de la gráfica, sean paralelos a las líneas N-S ó E-O respectivamente, de la planta arquitectónica.

# medio ambiente natural.

# SOL

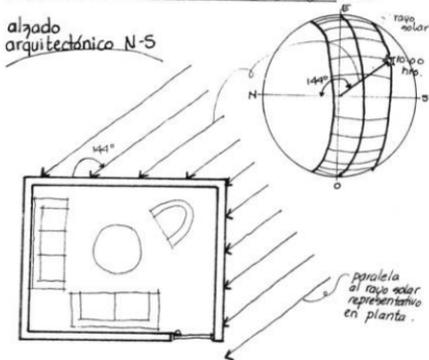
## 2) "Traslado" de la dirección de los rayos solares :

- En el alzado N-S de la gráfica solar, obtener la dirección del rayo solar representativo en la hora y fecha indicadas (10:00 hrs, Solsticio de Invierno), y trazar líneas paralelas a este rayo que impacten al alzado arquitectónico N-S. Asimismo, también podemos solo medir cual es el ángulo que forma el rayo solar representativo con la línea de horizonte, y trazar en el alzado arquitectónico líneas paralelas que formen el mismo ángulo encontrado con la línea de horizonte.



alzado arquitectónico N-S

- En la planta, realizar el mismo procedimiento: obtener el rayo solar representativo, y trazar líneas paralelas a éste, que impacten la planta arquitectónica. O bien, medir el ángulo que forma el rayo solar representativo con el meridiano N-S de la bóveda, y trazar en la planta arquitectónica líneas paralelas que formen el mismo ángulo con la línea de orientación N-S.



planta arquitectónica.

\* En el ejemplo mostrado, si medimos el ángulo que forma el rayo solar representativo en el alzado N-S, con la línea de horizonte, obtendremos un ángulo de 43°, y si medimos el ángulo entre el rayo solar en planta y la línea N-S, éste sería igual a 144°

• Si se desea obtener una vista E-O del volumen arquitectónico, así como de la incidencia de los rayos solares en ese momento, tendríamos primeramente que trazar la ruta solar en alzado E-O para lograr "localizar" el Sol a la hora deseada, y obtener la dirección del rayo solar representativo en la vista E-O de la Gráfica Solar.

Posteriormente, tendremos que trazar el alzado arquitectónico E-O del volumen, y "transferir" el ángulo que forma el rayo solar representativo con la línea de horizonte de la Gráfica Solar, hacia el alzado arquitectónico, para después, trazar líneas paralelas con dicha dirección que representarían los rayos solares que inciden sobre el volumen desde una vista E-O.

De esta forma, lograremos tener un panorama más completo y claro de la forma en como inciden los rayos solares en un volumen arquitectónico en una hora y fecha determinadas del año solar.

En el ejemplo mostrado, notaríamos que, en nues-

tro volumen "ideal", la incidencia de los rayos solares a las 10:00 hrs. solares de la fecha Solsticio de Invierno, se daría sobre el techo del volumen, la fachada este, y la fachada sur. [Ver pág. 91].

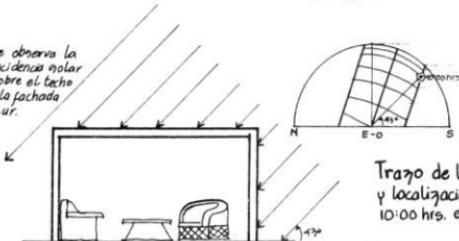
Claro está, que si se deseara conocer la incidencia solar en otro momento de la misma ruta, supongamos a las 14:00 hrs. solares, tendríamos que obtener y transferir una dirección diferente en cada vista, para obtenerla. [Ver pág. 96].

Estos procedimientos, además de ser muy útiles para obtener datos generales acerca de la incidencia solar para cada orientación (que daría los mismos resultados que cuando "encerramos" el volumen dentro de la Gráfica Solar), pueden ser muy útiles para obtener las zonas de iluminación interior, y las zonas de sombra que el volumen arroja en una hora y fecha particular, ya que, al trabajar con más detalle (a una mayor escala) el volumen arquitectónico, los resultados son más claros. [Además, suponiendo que ya contamos con nuestras plantas y alzados arquitectónicos, a cierta escala, no tendríamos que reducirlos de tamaño para encerrarlos dentro de la Gráfica Solar, con el fin de estudiar el acoleamiento que recibirían.

ambiente natural.

SOL

Se observa la incidencia solar sobre el techo y la fachada sur.

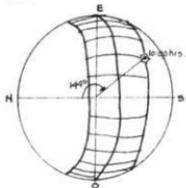


Traza de la ruta solar. Invierno, y localización del Sol a las 10:00 hrs. en el alzado E-O.

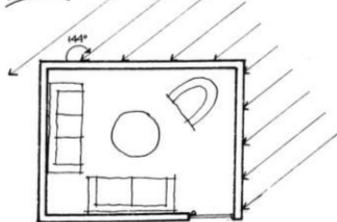
alzado H-S

Traza del alzado arquitectónico E-O.

(y de la incidencia de los rayos solares en dicho alzado).



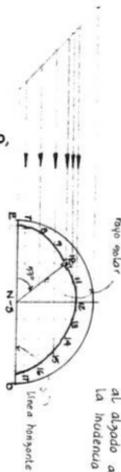
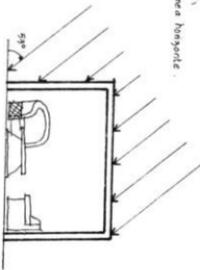
planta



Se observa la incidencia solar sobre la fachada este y la fachada sur.

Se observa la incidencia sobre la fachada este y el techo.

alzado E-O

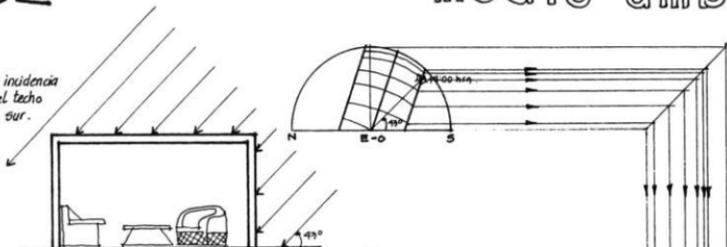


\* 5' mediana el ángulo que forma el rayo solar (representado en el alzado E-O) con la línea de horizonte (definimos un valor aproximado de 45° según las horas realizadas). Este será el valor del ángulo  $\alpha$  (transferido) al alzado arquitectónico E-O, para determinar la incidencia solar desde dicho alzado.

# SOL

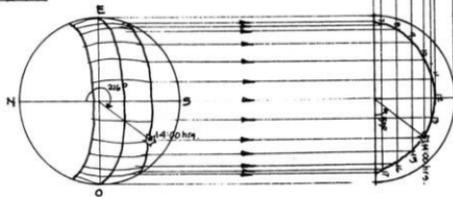
# medio ambiente natural.

se observa la incidencia solar sobre el techo y la fachada sur.

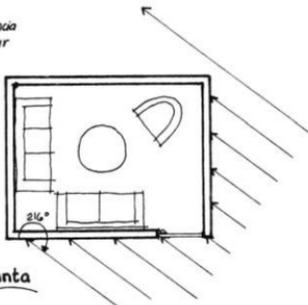


alzado N-S

La incidencia solar en otro momento de la ruta solar. (14:00 hrs. solares, ruta Solsticio de Invierno).

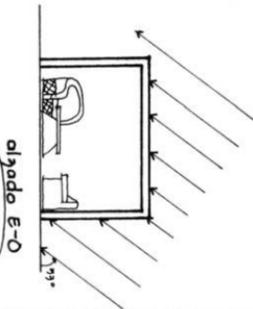


Se observa la incidencia sobre la fachada sur y la fachada oeste.



planta

se observa la incidencia solar sobre el techo y la fachada oeste.



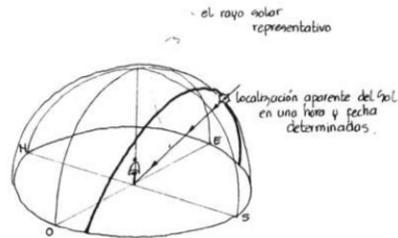
alzado E-O

## CONCLUSION.

Conocer la dirección que presentan los rayos solares en un sitio en una hora y fecha determinadas es relativamente fácil, dado que se considera que hasta la superficie de un sitio los haces de luz llegan en forma paralela uno con otro; así lo único que hay que investigar es la dirección de un solo rayo, que hemos denominado el **RAYO SOLAR REPRESENTATIVO**, y que en nuestra Gráfica Solar lo podemos obtener uniendo con una línea la localización del Sol (en una hora y fecha determinadas), con el centro de la bóveda celeste.

Aún si no contamos con una gráfica solar, y estuviéramos presentes en cualquier lugar, podríamos conocer la dirección que presentarían en ese momento los rayos solares: trazando imaginariamente una línea que uniera nuestra localización (seríamos el centro de la bóveda), con la localización aparente del Sol en el cielo (la bóveda celeste). Por supuesto, todos los demás rayos solares llegarían en ese momento con la misma dirección que la de este rayo solar representativo.

La utilidad de conocer la dirección de los



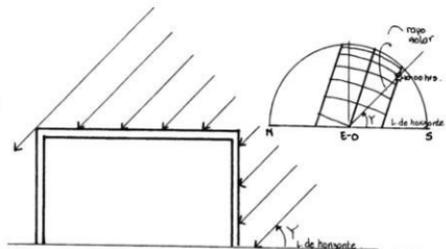
## El rayo solar representativo.

rayos solares estába en que rápidamente podemos prever la forma en como estos impactan a un volumen arquitectónico.

Si utilizamos la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, podemos obtener gráficamente a escala este impacto y determinar sobre qué superficies del volumen están incidiendo los rayos solares, y la forma como se da este impacto.

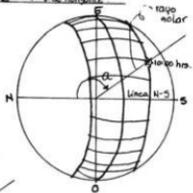
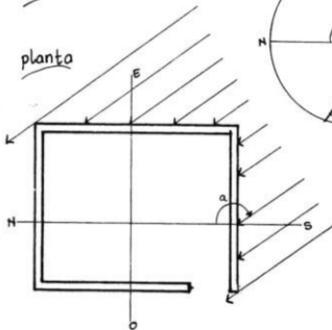
# SOL medio ambiente

e n a t u r a l .



alzado N-S

planta



Para ello, podemos usar los distintos ángulos que forma el rayo solar representativo en las diferentes vistas de la bóveda, ya sea con la línea de horizonte (en los alzados), o con la línea N-S de la bóveda (en planta).

Y debido a que la imaginaria bóveda celeste (la impresión que tiene el hombre del espacio sideral), no tiene escala definida, este estudio para definir la dirección de los rayos solares en un momento determinado, puede servir lo mismo para analizar un pequeño volumen arquitectónico, que para analizar el asoleamiento en el predio, en todos los volúmenes de una calle, de un barrio, de un poblado o de una ciudad (considerando que estos diferentes niveles espaciales presentan la misma latitud; ya que ésta es la variable primordial para determinar la Geometría Solar - y la dirección de los rayos solares - que se presenta en cada sitio.)

$Y$  = ángulo que forma el rayo solar con la línea de horizonte en el alzado N-S.

$a$  = ángulo que forma el rayo solar con la línea N-S en planta.

El asoleamiento para un volumen, analizando de la Geometría Solar.

ambiente natural.

medio amb

SOL

## CUADRO Núm. 4

Trazo de las zonas de iluminación interior.

Otra de las inferencias que puede hacer el diseñador, una vez que conoce las distintas trayectorias horarias del Sol que se desarrollan en un sitio durante el año, es prever lo que sucede si en cualquiera de los elementos de la "envoltura o piel constructiva" (fachadas, techumbres), existe cualquier tipo de vano que permita el paso de los rayos solares al interior de una edificación, así como la forma en la que ésta penetración solar se daría en un momento determinada, generando una zona bidimensional directamente iluminada en el interior.

El hecho de que la luz pueda pasar a través del vano e iluminar el espacio, el piso y/o las paredes interiores, depende en primer término de la dirección de los rayos solares en un momento dado, así como de la orientación, dimensión y forma del vano mismo.

A continuación describiremos un procedimiento gráfico para poder obtener la zona de iluminación interior, con auxilio de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal (para conocer la dirección de los rayos en un momento dado), y usando como referencia vanos rectangulares (las formas más comunes), de distintas dimensiones, y con diferentes orientaciones.

En el cuadro 4a describiremos el método para obtener la zona de iluminación interior cuando los rayos inciden finalmente sobre el piso del volumen, y en el cuadro 4b cuando la zona iluminada se proyecta no sólo sobre el piso, sino también en las paredes interiores del volumen.

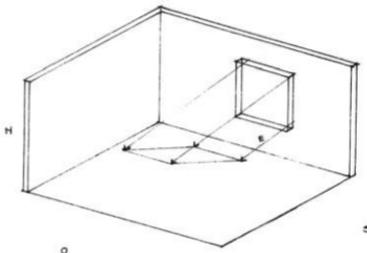
CUADRO Núm. 4.a

TRAZO DE LAS ZONAS DE ILUMINACION

INTERIOR. - (con área de proyección en el piso).

Como se observó en el cuadro anterior, podemos establecer ciertas condiciones del soleamiento que recibiría cada fachada orientada hacia cada punto cardinal, durante los diferentes períodos del año en las diferentes horas de cada día solar.

Con el uso de la Geometría Descriptiva, y analizando las diversas situaciones que se pudieran presentar, podemos conocer también como penetrarían los rayos solares a través del interior de un volumen "ideal" (en los sig. ejemplos haremos uso del volumen "ideal" manejado en los cuadros anteriores), si es que, en alguna de las fachadas se localiza un VANO de determinadas características (dimensión, forma), y podremos con ello, entender como se producirían las zonas de iluminación en el interior de un volumen durante las diferentes horas y fechas del año solar.

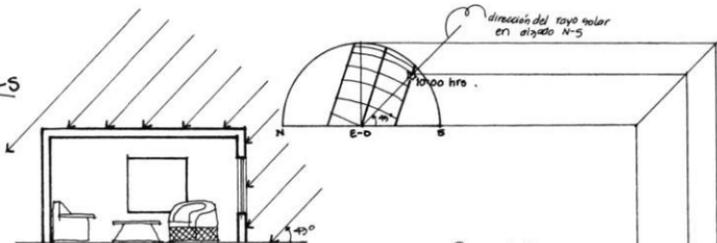


# SOL

# medio ambiente natural.

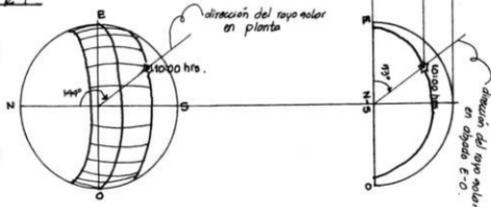
natural.

alzado N-S

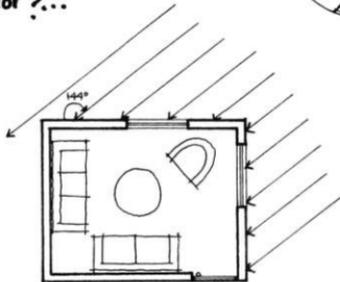


¿Que sucedería, si en las fachadas expuestas a los rayos solares, existirían vanos?...

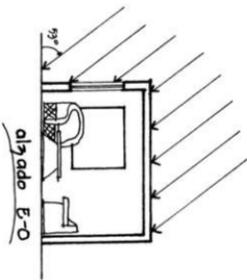
¿Cómo penetrarían los rayos solares al interior?...



planta



alzado E-O

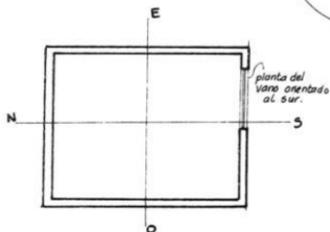
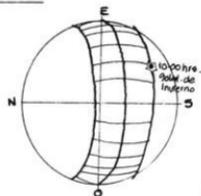


**A)** Supongamos que deseamos conocer la zona iluminada en el interior de nuestro volumen "ideal", que produciría un vano orientado al sur, en la fecha Solsticio de Invierno, a las 10:00 hrs. solares.

**NOTA:** El procedimiento debe comenzar en el alzado arquitectónico en el cual, se puedan observar todos los vértices interiores y exteriores del vano, es decir, como si vieramos el vano "en corte"; en este caso, para el vano orientado al sur, tendríamos que usar el alzado N-S.

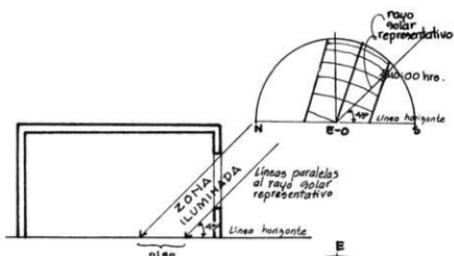
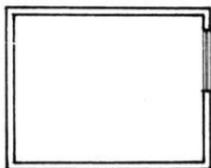
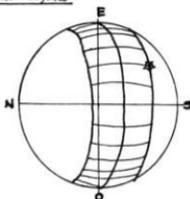


alzado arquitectónico N-S



planta

Vano orientado al **SUR**

alzado  
arquitectónico N-S

planta

- a) En el alzado N-S de la Gráfica Solar, "localizar" la posición del Sol a la hora y fecha deseadas (Solst. de Invierno, 10:00 hrs.), y trazar la dirección del rayo solar representativo.

Con esta misma dirección, trazar en el alzado arquitectónico (que más bien sería un corte del volumen, para observar el interior), líneas paralelas al rayo solar representativo (también, sólo podemos medir el ángulo que forma este rayo con la línea del horizonte, y trazar las líneas paralelas con el mismo ángulo), que puedan pasar al interior del volumen, a través de los límites del vano.

Como se observa, se forma una zona iluminada en el interior, ya que los rayos pueden pasar a través del vano. Finalmente, observamos que los rayos inciden sobre el piso del volumen.

# medio ambiente natural.

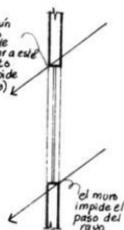
# SOL

b) Para observar la zona de iluminación en planta...

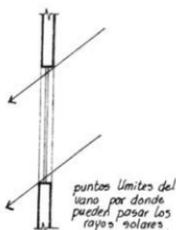
En la planta de la Gráfica Solar, localizar el Sol en la hora y fecha deseados, y obtener la dirección del rayo solar representativo.

Con esta misma dirección, trazar líneas paralelas en la planta arquitectónica, por los puntos límites del vano que puedan permitir el paso de los rayos solares al interior. (Poner atención en cuales serían estos puntos límites, al igual que en el trazo de los rayos que se dibujan en el alzado):

ningún rayo puede pasar a este punto (lo impide el muro)

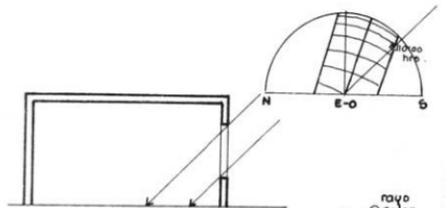


No x

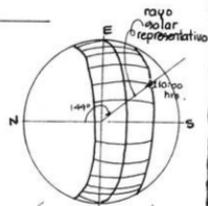


puntos límites del vano por donde pueden pasar los rayos solares

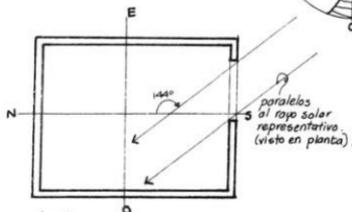
Si ✓



alzado arquitectónico N-S

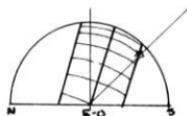
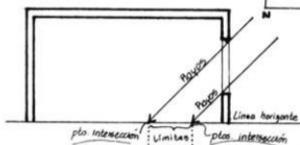


planta de la Gráfica Solar.



planta arquitectónica

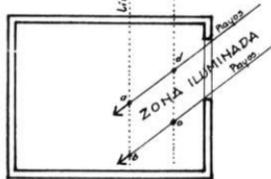
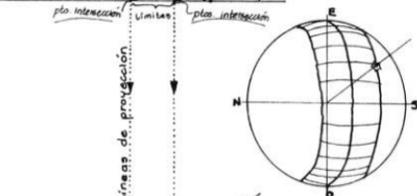
paralelos al rayo solar representativo (visto en planta)

alzado  
arquitectónico N-S

Como se observa en el alzado arquitectónico, los rayos solares que penetran a través del vano, producen una zona iluminada, cuyos límites se marcan cuando los rayos inciden sobre el piso. Para poder observar los límites de la zona iluminada en planta, hay que:

A partir de los puntos de intersección que se producen entre los rayos solares "límites" (los que pueden pasar los puntos extremos del vano), y la línea de horizonte, en el alzado N-S, trazar líneas de proyección verticales hacia la planta del volumen, hasta intersectar en ésta, los rayos solares "límites", vistos en planta.

Los puntos encontrados (a,b,c,d), marcarán el área de iluminación que se forma en el piso del volumen, producto de la incidencia directa en él, de los rayos solares que pasan por el vano.

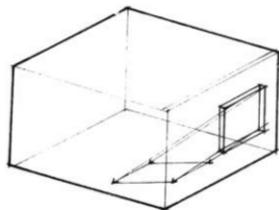


planta

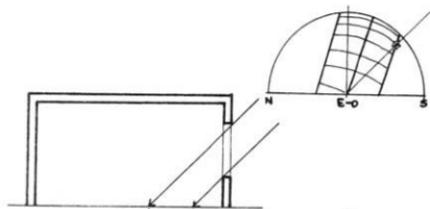
# medio ambiente naturalmente.

## SOL

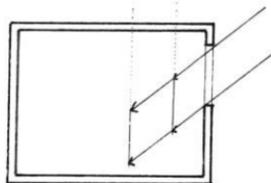
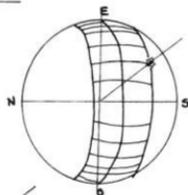
Así, mediante este método, podremos observar, tanto en alzado, como en la planta arquitectónica del volumen, cual sería la zona de iluminación interior, que provocaría un vano (de la forma y dimensión propuestas en el esquema), orientado al Sur, en el volumen "ideal" (también de la forma y dimensiones propuestas), en la fecha Solsticio de Invierno, a las 10:00 horas solares.



(así se vería la zona de iluminación interior).



alzado  
arquitectónico N-S



planta

Trazo de:

- Zona iluminada por un vano orientado al Sur. (vista en planta, y alzado N-S)

d) Incluso, podemos observar esta zona iluminada en el interior, desde una vista E-O del volumen arquitectónico (para lo cual, primero tendríamos que trazar la vista E-O de la bóveda, obtener la ruta solar en esa vista, "localizar" el Sol en la hora deseada y obtener la dirección del rayo solar representativo en esa vista, mediante los procedimientos descritos en el cuadro anterior (-Asoleamiento de los Espacios-).

Así que, una vez trazado el alzado arquitectónico E-O, y el alzado E-O de la bóveda celeste (cuidando que todas las líneas mantengan su respectiva orientación), tendremos que trazar **líneas de proyección horizontales**, a partir de los puntos *a, b, c, d* (que marcan el área iluminada del piso en la planta arquitectónica), hacia el alzado arquitectónico E-O, hasta que estas líneas toquen o interseccionen la línea de horizonte del alzado E-O; obteniéndose los puntos *a', b', c', d'*.

A partir de estos puntos (*a', b', c', d'*), trazar líneas paralelas al rayo solar representativo visto en el alzado E-O de la Gráfica Solar (ó bien, medir el ángulo que forma este rayo

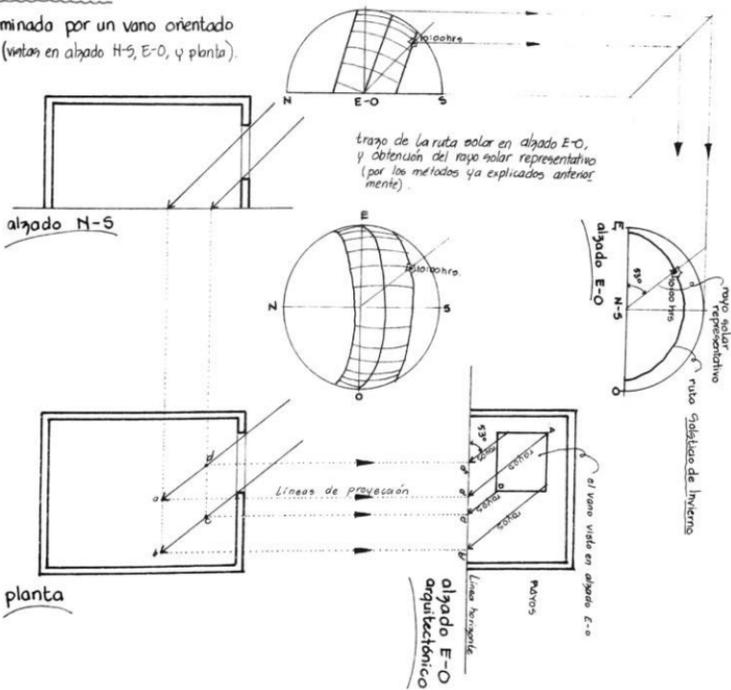
con la línea de horizonte, y, trazar líneas paralelas con el mismo ángulo - que en este caso, sería de  $90^\circ$  -), hasta que tales líneas paralelas - los rayos solares - toquen las líneas que definen ó limitan el vano.

De esta forma, podremos también observar la zona iluminada desde otra vista del volumen (el alzado E-O).

# ambiente natural. SOL

## TRAZO DE:

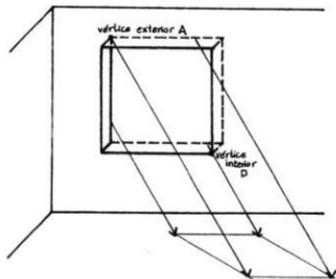
- Zona iluminada por un vano orientado al Sur (vistas en alzado H-S, E-O, y planta).



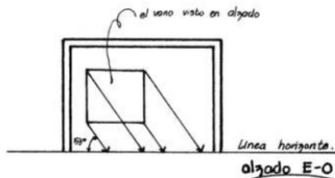
# SOL — medio ambiente

## NOTAS:

Si observamos con cuidado el alzado E-O, notaremos que, los rayos solares no tocan todos los vértices del vano (sólo la línea que sale de  $a'$  y la que sale de  $c'$ , sí lo hacen; mientras que las líneas trazadas a partir de los puntos  $d'$  y  $b'$  no lo hacen). Esto se debe a que, los rayos solares pueden pasar al interior por ciertos límites extremos del vano, pero, debido a la dirección que presentan en este momento, estos puntos extremos serían el vértice exterior A, y el vértice interior D del vano. Los demás rayos "límite" tocan puntos interiores y exteriores del vano, pero no los vértices.



Así, podemos subrayar la importancia de obtener los zonas de iluminación interior SOLO a través de los cortes de los vanos, ya que si comenzáramos a trazar la zona de iluminación en el alzado del vano, tendríamos errores en el dibujo de la zona iluminada.



**X NO** : sería incorrecto trazar los rayos que definen la zona de iluminación, a partir de los vértices del vano que es visto en alzado, y no en corte.

Por lo que, será necesario utilizar convenientemente los alzados (N-S ó E-O) para obtener correctamente la zona de iluminación, es decir, usar un alzado en el que podamos ver en corte el vano referido (si no se cuenta con el alzado E-O, ya hemos indicado como se traza, en páginas anteriores).

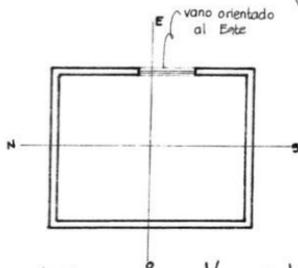
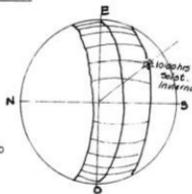
Ahora veamos la diferente zona de iluminación que provocaría otro vano con una diferente orientación, a la misma fecha y hora :

**B)** Supongamos que deseamos conocer la zona iluminada en el interior de nuestro volumen "ideal", en la misma hora y fecha (Solsticio de Invierno, 10:00 hrs. solares), que produciría un vano orientado al Este.

**a)** Debido a que en el alzado arquitectónico N-S no podemos observar el vano orientado al Este en corte, será necesario recurrir al alzado E-O, que podemos trazar por métodos de Geometría Descriptiva ya mencionados.



alzado arquitectónico N-S



planta arquitectónica

Vano orientado al este

b) Así, por lo anteriormente expuesto, sería necesario comenzar nuestro trazo en el alzado E-O :

- ① Con la misma dirección que la del rayo solar representativo visto en el alzado E-O de la Gráfica Solar (que formaría un ángulo de  $59^\circ$  con respecto a la línea de horizonte), trazar líneas paralelas que puedan pasar al interior por los puntos extremos del vano visto en corte, en el alzado arquitectónico E-O.

• Cuando estas líneas (los rayos solares "límite"), intersectan la línea de horizonte del alzado arquitectónico, encontraremos los puntos límite donde los rayos pueden incidir en el interior (hasta el piso del volumen). Si sombreáramos el espacio que queda fuera de estos límites, podremos observar la zona de iluminación interior, vista desde el alzado E-O, como la zona en "blanco" que quedaría sin sombrear.

Para poder apreciar esta zona de iluminación en la planta arquitectónica, será necesario :

- ② Trazar líneas de proyección horizontales a partir de los puntos de intersección de los rayos y la línea de horizonte en el alzado arquitecto-

nico E-O, hacia la planta arquitectónica.

- ③ Con la misma dirección que la del rayo solar representativo de la planta de la Gráfica Solar (que formaría un ángulo de  $144^\circ$  con respecto a la línea N-S de la planta de la bóveda), trazar líneas paralelas que puedan pasar al interior por puntos extremos del vano visto en planta, hasta que estos rayos intersecten a las líneas de proyección horizontales.

- ④ Así, se encontrarán los puntos a, b, c, d, que marcarán el área del piso que es iluminada por los rayos solares en ese momento. (Unir los puntos a, b, c, d para definir ésta área).

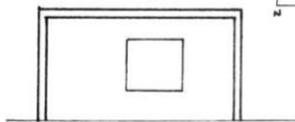
• Podemos sombrear en la planta arquitectónica, el espacio que quedaría fuera de estos límites, y observar el espacio que queda en blanco, que representaría la zona iluminada vista en planta.

ambiente natural.

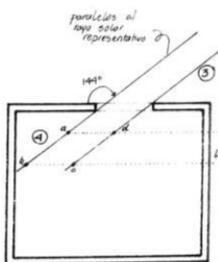
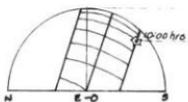
TRAZO DE :

• Zona de iluminación provocada por un vano orientado al Este.

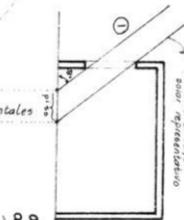
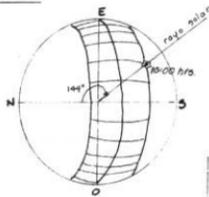
SOL



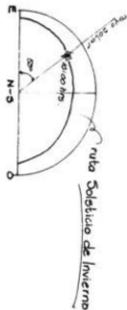
alzado  
arquitectónico N-S

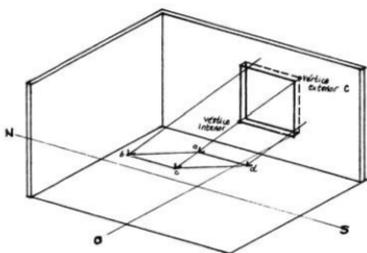


planta  
arquitectónica



alzado  
arquitectónico E-O





Así se ve la zona de iluminación interior:  
 Los rayos que pueden pasar por puntos extremos del vano, lo hacen por el vértice exterior C y el vértice interior A. Los otros rayos límites no pueden tocar ningún otro vértice del vano. Se forma un área iluminada en el piso del volumen (formada por a, b, c, d).

c) Para poder observar la zona de iluminación interior en el alzado arquitectónico N-S, tendríamos que:

⑤ A partir de los puntos a, b, c, d de la planta arquitectónica (o sea, los puntos que marcan el área del piso que es iluminada por los rayos solares), trazar líneas de proyección verticales hacia el alzado arquitectónico N-S, hasta que cada línea interseque la línea de horizonte, obteniéndose los puntos a', b', c', d' (o sea la proyección de los puntos a, b, c, d, en el alzado N-S).

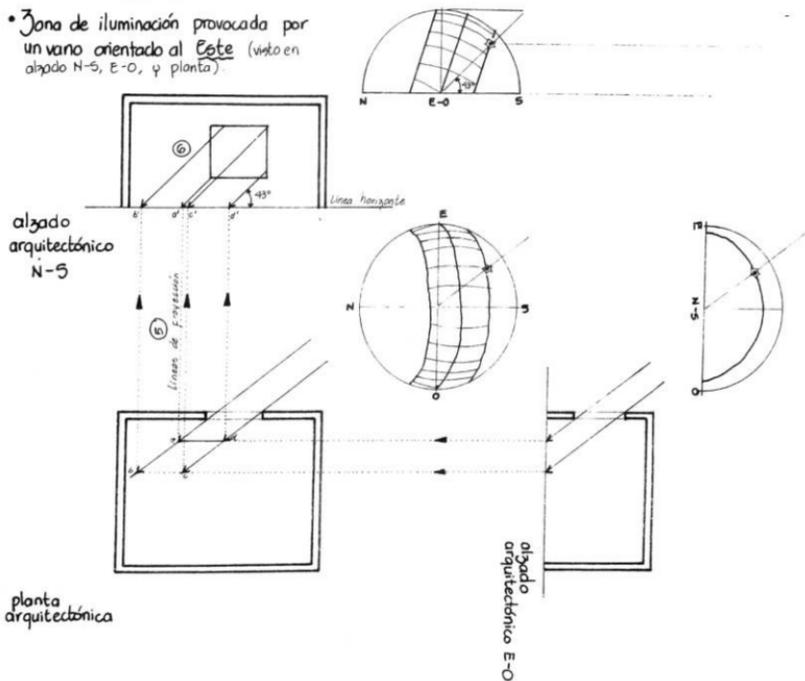
⑥ A partir de estos puntos (a', b', c', d'), trazar líneas paralelas con la misma dirección del rayo solar representativo del alzado N-S de la Gráfica Solar (que formarían un ángulo de  $49^\circ$  con la línea de horizonte), hasta que estas líneas (que serían los rayos solares "límite" que pasan a través del vano), toquen el área que define a éste.

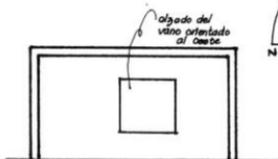
• Sombrar la zona que queda fuera de la zona de iluminación, para poder observar ésta con mayor claridad.

# medio ambiente natural. SOL

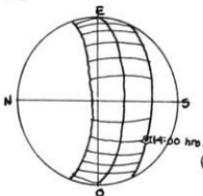
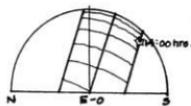
TRAZO DE :

- Zona de iluminación provocada por un vano orientado al Este (visto en alzado N-S, E-O, y planta)

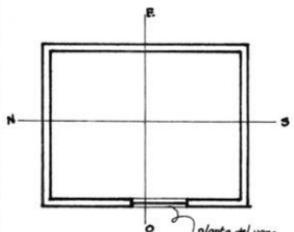




alzado  
arquitectónico N-S



Vano orientado  
al **oeste**



planta  
arquitectónica

**C.** - Para ejemplificar como se obtendrían las penetraciones solares para otras orientaciones (en el siguiente caso un vano orientado al Oeste; el caso restante, o sea un vano orientado al Sur será ejemplificado posteriormente), tomemos otra hora de referencia, dentro de la misma ruta solar (supongamos a las 14:00 hrs. solares de la ruta Solsticio de Invierno).

En un vano orientado al Oeste :

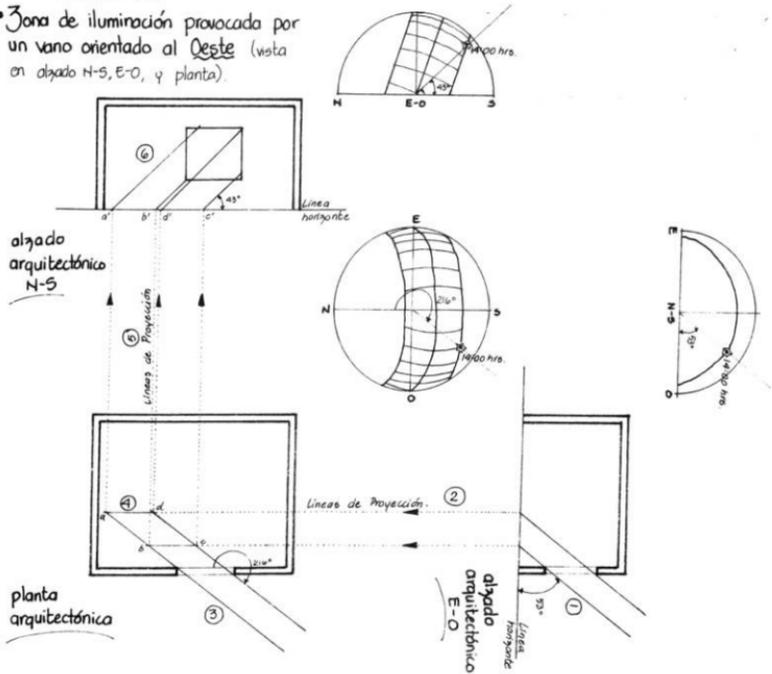
Debido a que en el alzado N-S, NO se puede observar el vano en corte, tendremos que recurrir al alzado E-O.

- Con la misma dirección del rayo solar representativo (que formaría un ángulo de  $53^\circ$  con respecto a la línea de horizonte en la Gráfica Solar), trazar líneas paralelas en el alzado arquitectónico E-O que puedan introducirse al interior por los límites extremos del vano, hasta que toquen la línea de horizonte (así habremos obtenido la zona de iluminación vista en alzado E-O).
- Trazar líneas de proyección horizontales de los puntos de intersección encontrados (en la línea de horizonte del alzado E-O), hacia la planta ar-

# medio ambiente natural. SOL

TRAZO DE :

• Zona de iluminación provocada por un vano orientado al Oeste (vista en dibujo N-S, E-O, y planta).

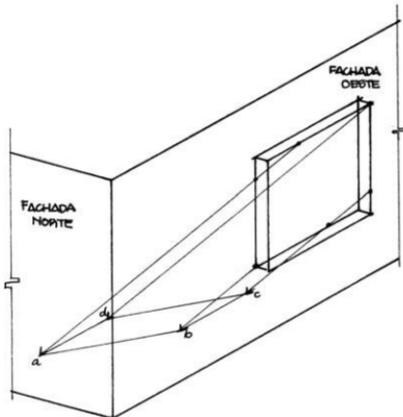


quibedónica, hasta que estas líneas interseccionen a las líneas que representan los rayos solares (vistos en planta), que puedan penetrar al interior del vano. ④. [Estos rayos vistos en planta habrían sido previamente trazados con la misma dirección del rayo solar representativo - que, en este caso formaría un ángulo de  $216^\circ$  con la línea N-S - ③].

• Uniendo los puntos de intersección entre los rayos solares vistos en planta, y las líneas de proyección horizontales, habremos delimitado el área del piso que es iluminada por los rayos solares.

⑤ • Para observar la zona de iluminación en el alzado N-S: A partir de los puntos que definen el área del piso iluminada (a,b,c,d), trazar líneas de proyección verticales hacia el alzado N-S, hasta que éstas interseccionen la línea de horizonte, (y se encuentren los puntos a',b',c',d').

⑥ • A partir de a',b',c',d', trazar líneas paralelas con la misma dirección del rayo solar representativo visto en alzado N-S (que formaría un ángulo de  $43^\circ$  con la línea de horizonte), hasta interseccionar con algún vértice o punto perimetral del vano.



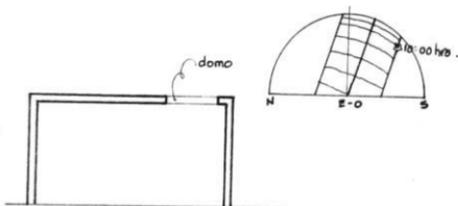
Aní se verá la zona de iluminación interior, por el vano orientado al Oeste.

□ - Iluminación por un domo.

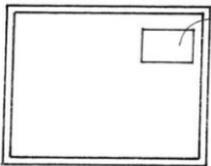
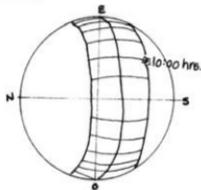
También podemos obtener la zona de iluminación interior que provoca el paso de los rayos solares a través de un Vano en el techo (domo).

Si suponemos un domo de cierta forma y magnitud en el techo de nuestro volumen, y seguimos tomando como referencia la ruta Solsticio de Invierno, a las 10:00 hrs. solares, notaremos que:

\* En el alzado N-S, sí se puede observar al domo en corte, pero, en la planta ya, por lo que será necesario trabajar el alzado E-O, que muestra el otro corte del vano. [Para una mayor claridad, sólo se dibujarán los rayos representativos de cada vista, y no toda la Gráfica Solar, ver pág. 51g, ya que, como hemos observado en los ejercicios anteriores, en esta hora y fecha, en el alzado N-S, el rayo solar representativo, formaría un ángulo de  $43^\circ$  con la línea de horizonte; en el alzado E-O, un ángulo de  $53^\circ$ ; y en la planta un ángulo de  $144^\circ$  con respecto a la línea N-S.]



alzado arquitectónico N-S



planta arquitectónica

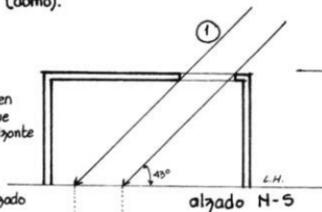
domo no podemos trazar rayos a partir de los vértices del vano, ya que no podemos observar los vértices interiores y externos.

Vano en el techo (domo).

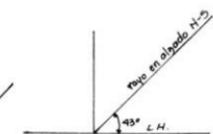
### TMAZO DE 1

• Zona de iluminación provocada en un vano en el techo (domo).

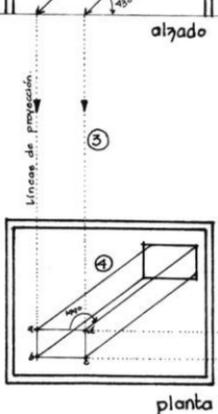
① Trazar los rayos límite en alzado N-S, hasta que toquen la línea de horizonte L.H.



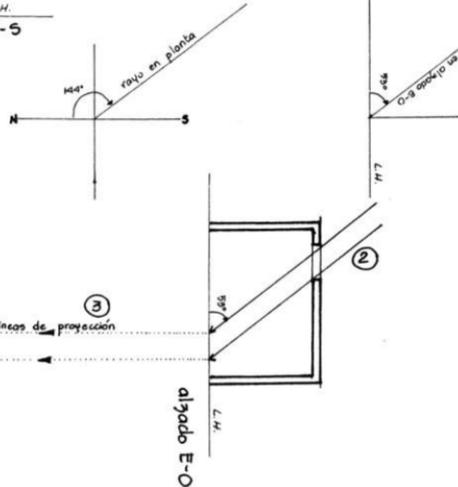
② Hacer lo mismo en el alzado E-O.



③ Trazar líneas de proyección de los puntos de intersección, HACIA LA PLANTA, hasta que ambas líneas (horizontales y verticales) se intersecten, y formen el área a,b,c,d.



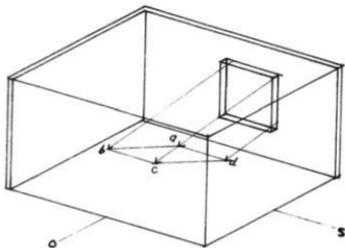
④ A partir de a,b,c,d, trazar los rayos (con la misma dirección del rayo solar representativo de la planta de la Gráfica Solar), hasta que toquen la superficie del vano.



isométrico.

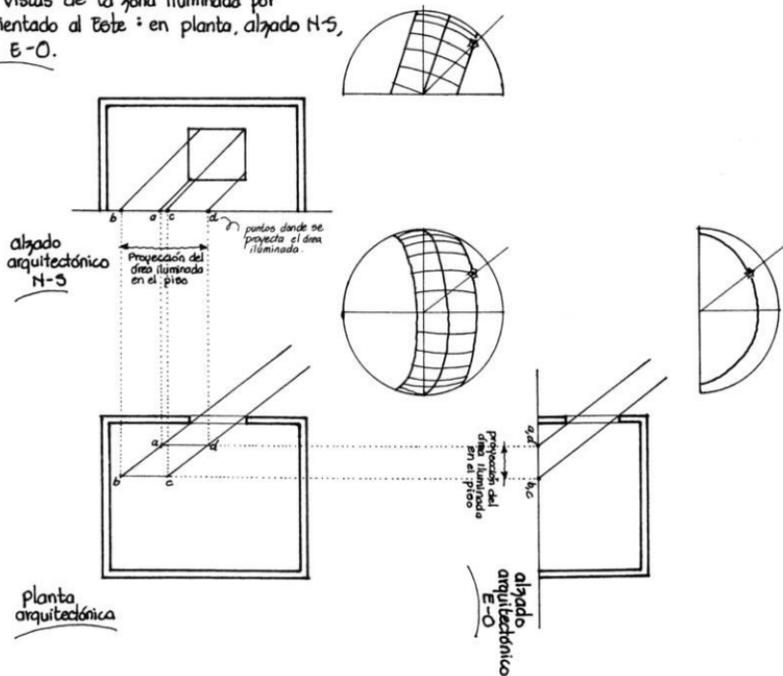
**E** - Una vez que hemos mostrado como se pueden obtener las zonas de iluminación, para vanos con diferentes orientaciones, se podrá concluir que, gracias al uso de la Geometría Descriptiva, podemos obtener y observar la zona de iluminación desde diferentes ángulos (ya sea en planta, en alzado H-S, y en alzado E-O).

Además, las áreas de iluminación que, en los casos mostrados se proyectan sobre el piso del volumen (cuya forma depende de la forma misma del vano que permite el paso de los rayos solares), también pueden ser vistas en las diferentes representaciones del volumen. De esta forma, el área *a,b,c,d* de iluminación, que se ve claramente en la planta arquitectónica, también se puede observar tanto en el alzado H-S, como en el alzado E-O, si hacemos una identificación de estos puntos en cada alzado (ver pág. siguiente).



Ejemplo: zona de iluminación provocada por un vano orientado al Este.

Diferentes vistas de la zona iluminada por un vano orientado al Este: en planta, alzado N-S, y alzado E-O.

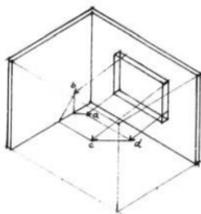


## CUADRO Núm. 4.b

TRAZO DE LAS ZONAS DE ILUMINACION  
INTERIOR. - (en Los Muros interiores).-

En los ejemplos mostrados en el cuadro anterior, acerca de COMO trazar las zonas de iluminación interior, para vanos con diferentes orientaciones, se ha observado que los rayos iluminan cierto espacio en el interior, incluyendo un área determinada en el piso del volumen (el área  $a, b, c, d$ ). La forma como se define esta zona de iluminación depende, como se ha observado, de la dirección de los rayos solares en un momento dado de la trayectoria solar, pero, también va a depender del tamaño y forma del vano expuesto, de su localización en la fachada, y de la relación de tamaño entre el vano y el volumen arquitectónico.

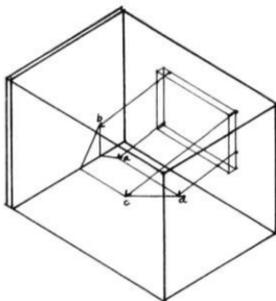
Por lo que, tomando en consideración las variables anteriores, puede suceder que la zona de iluminación que se forma en el interior, no sólo proyecte un



área iluminada en el piso del volumen, sino que incluso puede iluminar las paredes interiores del mismo.

Para poder determinar por métodos gráficos, como obtener estas zonas de iluminación interior, veamos los siguientes ejemplos:

**Δ).** Cuando un vértice del área  $a, b, c, d$  se proyecta en un muro adyacente



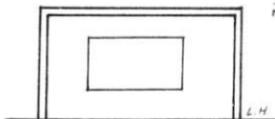
Esta situación puede darse por diversos factores, ya sea que se aumente la dimensión del vano (con lo cual entraría una mayor cantidad de luz que alcanzaría a iluminar el muro), ya sea que el vano se localice más cerca del muro adyacente, o, naturalmente porque la dirección de los rayos solares permita tal situación.

A continuación se verán varios ejemplos que muestran como obtener el área de iluminación proyectada en la pared, para vanos con diferentes orientaciones, si se da cualquiera de las condiciones mencionadas en el párrafo anterior.

medio ambiente natural.

SOL

¿Que ocurre, si por ejemplo, aumentamos la dimensión del vano? ...

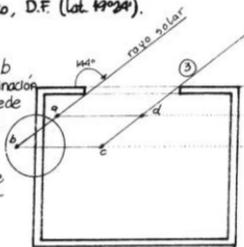


alzado A-5

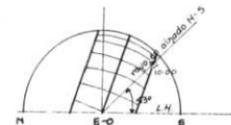
### A.1) Vano orientado al Este.

Fecha y hora: 9 de Julio de Invierno, 10:00 hrs. solares  
Lugar: México, D.F. (lat. 19°24').

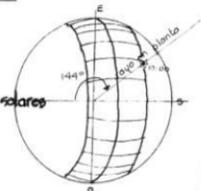
El punto *b* del área de iluminación en el piso no puede obtenerse, ya que la intersección entre el rayo solar y la línea de proyección se intersecciona FUERA del volumen.



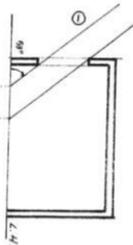
planta



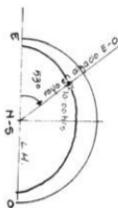
- ① Trazar los rayos límites en el corte del vano del alzado E-O.
- ② A partir de los puntos de intersección entre los rayos límites y la línea de horizonte, trazar líneas de proyección hacia la planta.
- ③ Trazar los rayos límites en el corte del vano de la planta, hasta intersecar las líneas de proyección. (Obtenemos así, a, b, c, d).



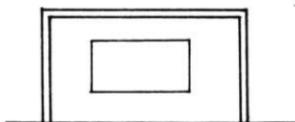
líneas de proyección



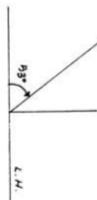
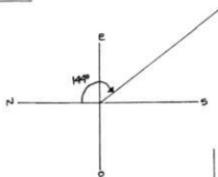
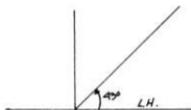
alzado E-O



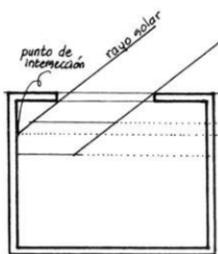
así, una porción del área de iluminación  
se proyecta sobre el muro ...



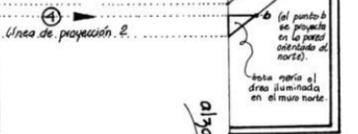
alzado H-S



④ A partir del punto de intersección entre el rayo solar que "choca" con el muro, antes de intersectar la línea de proyección 2, y el muro interior, trazar una línea de proyección horizontal, hasta el alzado E-O, hasta intersectar el mismo rayo, visto en este alzado. (Este punto será el punto b buscado).



planta



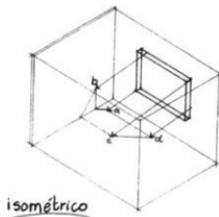
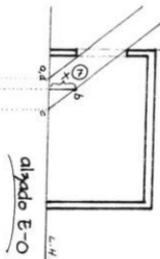
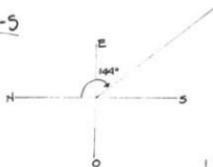
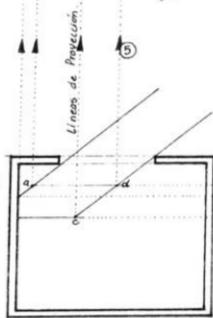
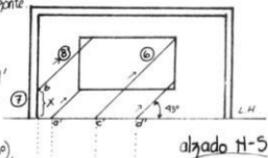
alzado E-O

⑤ A partir de  $a, c, d$  (en planta), trazar líneas de proyección vertical hacia el alzado H-5, hasta intersectar la línea de horizonte (obtener así,  $a', c', d'$ ).

⑥ Trazar a partir de  $a', c', d'$  líneas con la misma dirección del rayo solar visto en alzado H-5 ( $43^\circ$ ), hasta intersectar el vano.

⑦ Tomar el valor de  $X_1$  en el alzado E-O, y con el mismo valor, localizar  $b$  en el muro del alzado H-5.

⑧ A partir de  $b$  en el alzado H-5, trazar el rayo respectivo hasta el límite del vano.



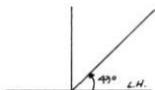
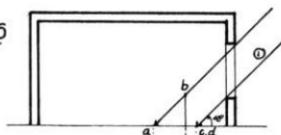
# SOL

# medio ambiente

# e natural.

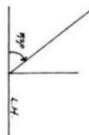
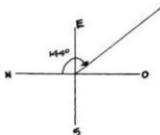
¿Qué ocurre, si, el vano se localiza cerca del muro adyacente?...

alzado N-S

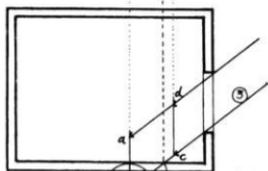


## A.2) Vano al Sur.

Fecha y hora: Solst. Inv., 10:00 hrs.  
Lugar: México, D.F. (lat. 19°24').

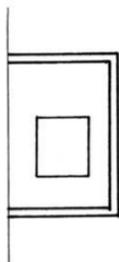


planta



— punto de intersección. (el rayo "basa" con el muro).  
↳ quedará fuera del volumen.

alzado E-O

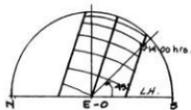
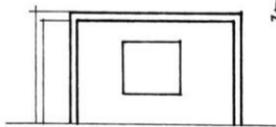




# SOL

# medio ambiente natural.

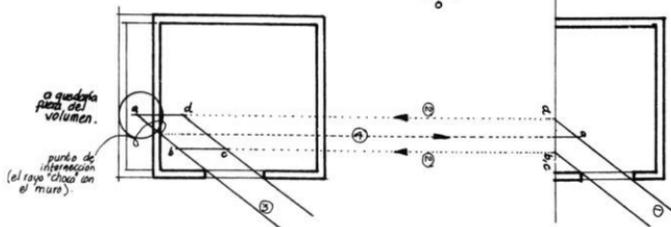
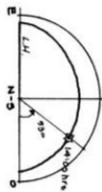
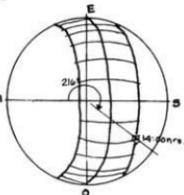
¿Qué ocurre si el volumen es más pequeño? ...



## A.3) Vano al Oeste.

Fecha y hora: Solst. de Inv., 14:00 hrs. solares.<sup>M</sup>

Lugar: México, D.F. (lat. 19°24').

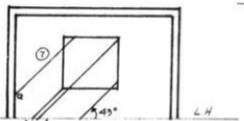


# medio ambiente natural. SOL

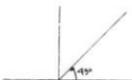
medio ambiente natural.

⑥ Tomar la altura de  $a$ , en el alzado E-O y trasladarla con esa altura al punto  $a$  en el muro norte, en el alzado N-S.

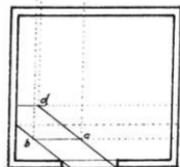
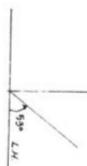
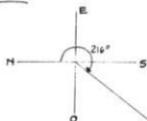
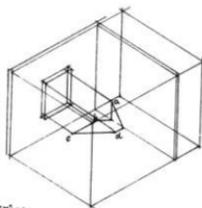
⑦ Trazar líneas (rayos) a partir de  $B, B', C, C'$  en el alzado N-S, hacia el vano.



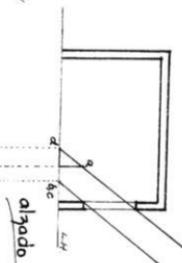
alzado N-S



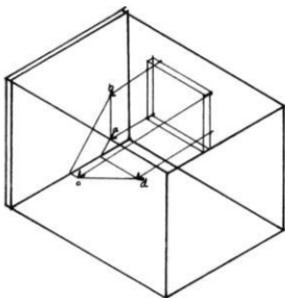
isométrico



planta



alzado E-O



**B).** Cuando 2 vértices del área  $a, b, c, d$ , se proyecta en el muro adyacentes.

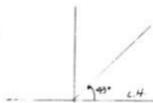
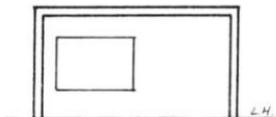
Todas las variantes que se han mostrado - tamaño del vano, del volumen, relación de tamaño entre ambos, localización del vano en la fachada, dirección de los rayos solares -, también pueden provocar, que un área mayor se proyecte sobre el muro (o sea, que 2 vértices de dicha área no se proyecten en el piso, sino en el muro).

Ver siguientes ejemplos.

medio ambiente natural.

SOL

alzado H-5

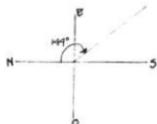


Como el punto *a* y el punto *b*, quedarían fuera del volumen, (en planta), tendríamos que encontrar el punto de intersección en el cual el rayo en el que estarían contenidos *a, b*, "choca" con la pared, y proyectarlo hacia el alzado E-O, hasta intersectar los rayos solares. (Así obtendríamos *a, b*, en el alzado E-O).

### B.1) Vano al Este.

Fecha y hora: Solsticio de Inv., 10:00 hrs.

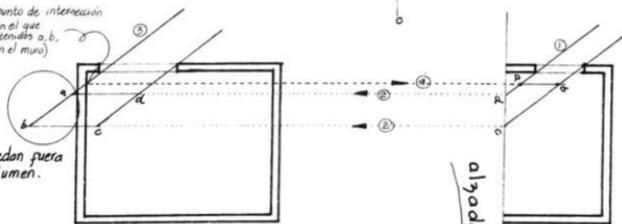
Lugar: México, D.F. (lat. 19°24').



punto de intersección  
(el rayo en el que están contenidos *a, b*, "choca" con el muro)

*a* y *b* quedan fuera del volumen.

planta

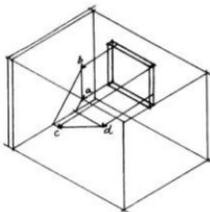
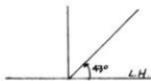
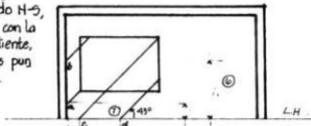


alzado E-O

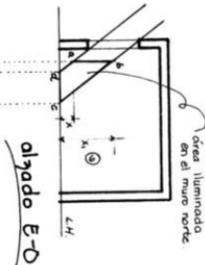
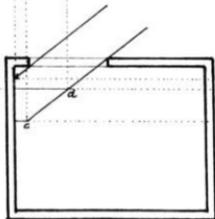
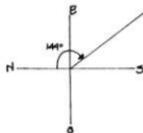
# SOL

# medio ambiente natural.

- 5) Localizar c, d, en alzado N-S.
- 6) Localizar a, b, en el muro norte del alzado N-S, con la altura de a, b, del alzado E-O.
- 7) Una vez localizados a, b, c, d, en el alzado N-S, trazar los "rayos" con la dirección correspondiente, a partir de dichos puntos hacia el vano.



alzado N-S

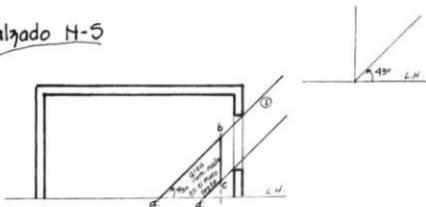


planta

medio ambiente natural.

SOL

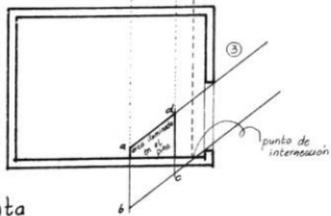
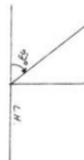
alzado H-5



**B.2) Vano al Sur.**

Fecha y hora: Solst. Invierno,  
10:00 hrs.

Lugar: México, D.F. (lat.  $19^{\circ}29'$ ).

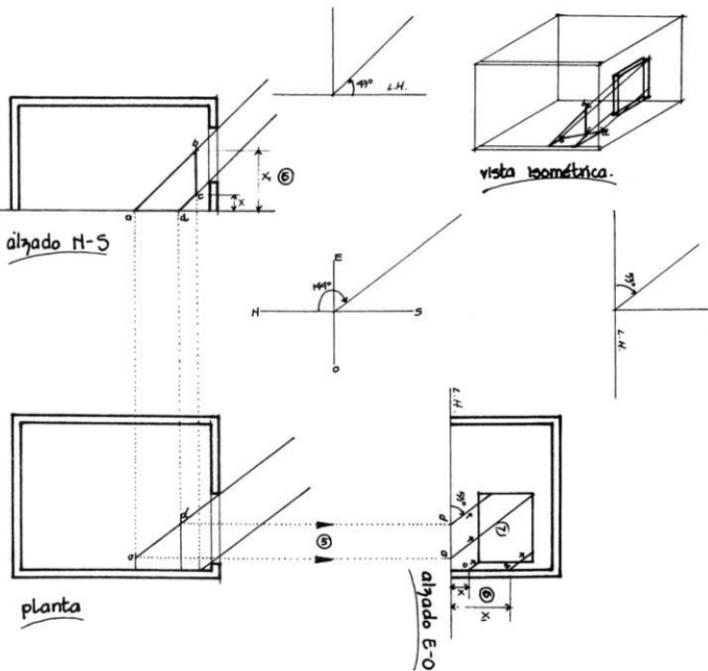


planta

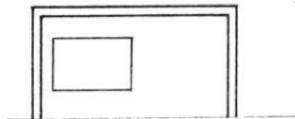
alzado E-0

Para obtener el área de iluminación en el alzado E-O, seguir los pasos enunciados anteriormente:

⑤ Trazar a partir de  $a, d$  en planta, líneas de proyección hacia el alzado E-O, hasta intersectar la línea de horizonte. ⑥ Tomar la altura de  $b, c$  en el alzado H-S, y con esos medidos, localizar  $b, c$  en el muro interior del alzado E-O. ⑦ A partir de  $a, b, c, d$ , en el alzado E-O, trazar los rayos solares hacia el vano.

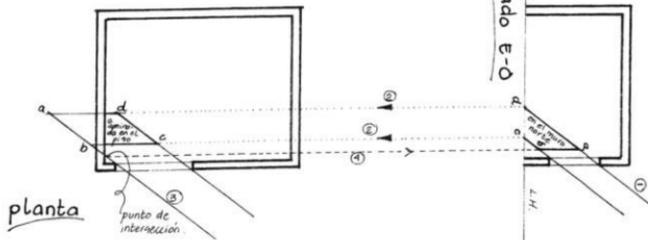
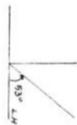
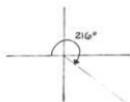


alzado H-5



## B.3) Vano al Oeste.

Fecha y hora: Solst. de Invierno, 14:00 hrs.  
 Lugar: México, D.F. (Lat.  $19^{\circ}24'$ ).

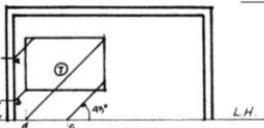


# SOL

# medio ambiente natural.

Para un vano orientado al Oeste. (Para ejemplificar el trazo, tomamos la misma ruta Solsticio de Invierno, pero a las 14:00 hrs. solares, para que los rayos puedan incidir en la fachada oeste).

Tomar X, X', del alzado E-O, para localizar a, b, en el muro norte.

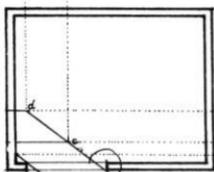


alzado N-S

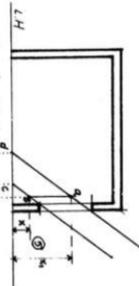
⊙, ⊙, ⊙, para observar la zona de iluminación en el alzado N-S.



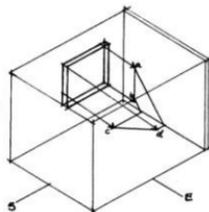
planta



alzado E-O



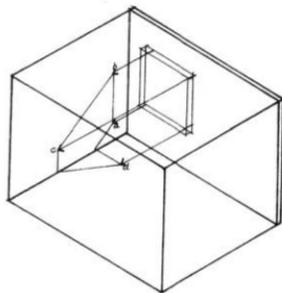
(ángulo del rayo solar respecto a las 14:00 hrs.)



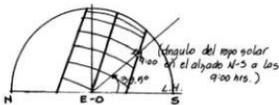
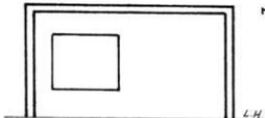
isométrico

C) Cuando 3 vértices del área a,b,c,d se proyectan en el muro adyacente.

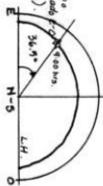
Lo que significa que una porción de la zona de iluminación interior se proyecta preferentemente sobre el muro y no sobre el piso.



alzado N-S



(ángulo del rayo solar en el alzado a las 9:00 hrs.)



c.1) Vano al Este. (cercano al muro norte).

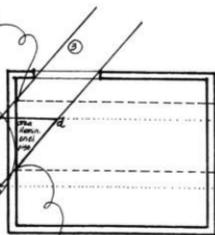
Fecha y hora: Solsticio de Invierno, 9:00 horas

Lugar: México, D.F. (Lat. 19°24').

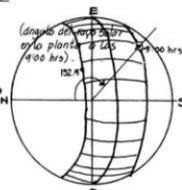
punto de intersección  
(el rayo es el que sale contenido a él, "boca" con el muro).

abg  
quedarían  
fuera del  
volumen.

planta



punto de intersección  
(el rayo es el que estaría contenido a "boca" con el muro).



alzado E-O

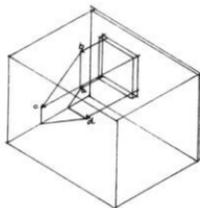
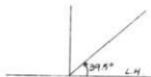
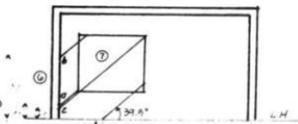


medio ambiente natural.

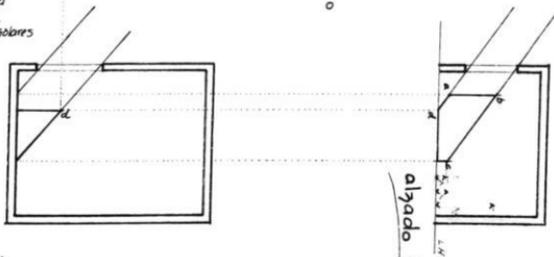
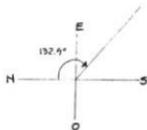
SOL

alzado H-5

alturas de  
a, b, c, tomadas  
del alzado E-0



- ⑤ Localizar d en el alzado N-5
- ⑥ Localizar a, b, c, en el muro norte del alzado N-5.
- ⑦ A partir de a, b, c, en el alzado N-5, traer los rayos sobre hacia el vano.



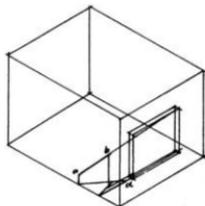
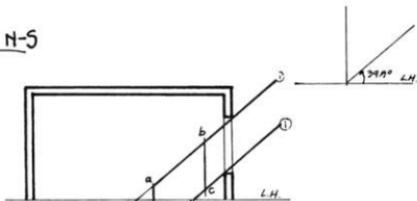
planta

alzado E-0

# SOL

# medio ambiente natural.

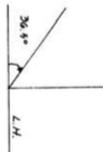
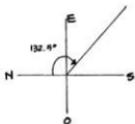
alzado N-S



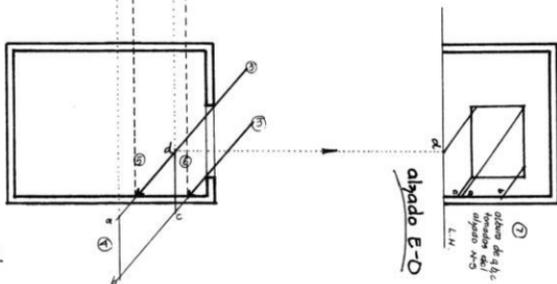
## C.2) Vano al Sur

Fecha y hora: Solst. Invierno,  
9:00 hrs. solares.

Lugar: México, D.F. (Lat.  $19^\circ 24'$ ).



planta



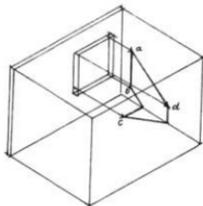
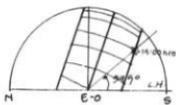
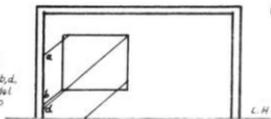
alzado E-O

medio ambiente natural.

SOL

alzado H-S

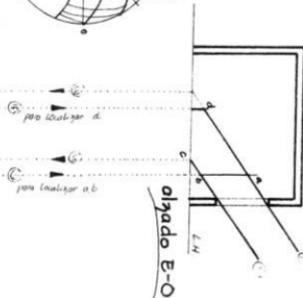
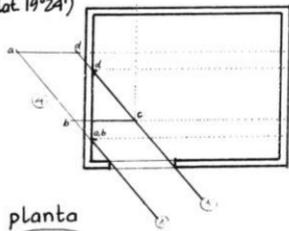
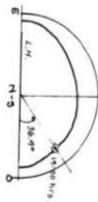
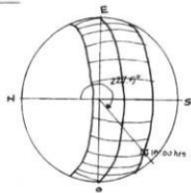
(1) alzado de a,b,d.  
tomado del  
alzado E-O

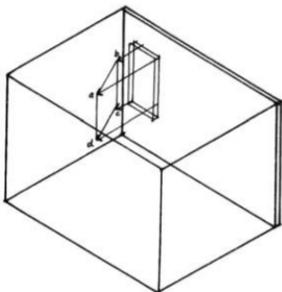


6.3) Vano al Oeste.

Fecha y hora: 10/01/87. Inv.  
15:00 hrs.

Lugar: México, D.F.  
(lat. 19°24')

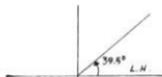
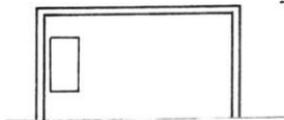




D) Cuando todos los vértices del área  $a, b, c, d$  se proyectan en el muro adyacente.

En algunas ocasiones, ya sea debido a la dirección de los rayos solares, al tamaño y/o localización del vano, etc., la zona de iluminación interior se puede proyectar por completo sobre un área del muro adyacente sin que haya incidencia sobre el piso del volumen.

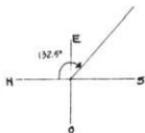
alzado N-S



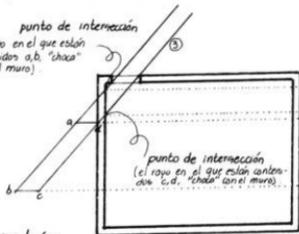
- ① Trazar los rayos límites en el alzado E-O, hasta intersectar la línea de horizonte.
- ② Trazar a partir de los puntos anteriores, líneas de proyección hacia la planta.
- ③ Trazar los rayos límites en planta hasta intersectar las líneas de proyección... Todos los puntos se encontrarán fuera del volumen.
- ④ Por lo tanto, a partir del punto en el que los rayos "chocan" con el muro - en planta - trazar líneas de proyección hacia el alzado E-O, hasta intersectar los rayos. Así obtenemos a, b, c, d, que se encontrarán en el muro norte.

### D.1) Vano al Este.

Fecha y hora: Solst. Inv. 9:00 hrs. solares  
Lugar: México, D.F. (Lat.  $19^{\circ}24'$ ).



punto de intersección  
(el rayo en el que están contenidos a, b, "choca" con el muro).

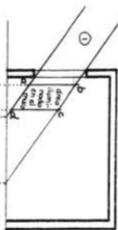


punto de intersección  
(el rayo en el que están contenidos c, d, "choca" con el muro).

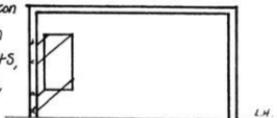
a, b, c, d, quedarán fuera del volumen.

planta

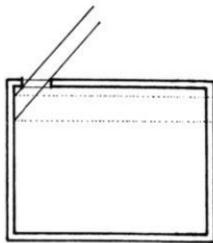
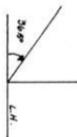
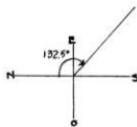
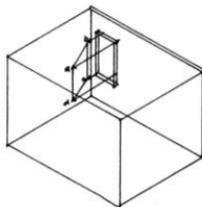
alzado E-O



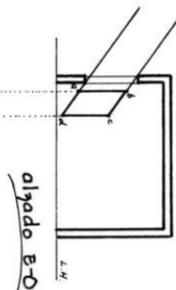
Debido a que no hay puntos en la planta que proyectar hacia el alzado H-5, sólo tendremos que tomar la altura de a,b,c,d, en el alzado E-O, y localizar con dichos medidos a,b,c,d, en el muro norte del alzado H-5, y trazar a partir de ellas, los rayos hacia el vano.



alzado H-5



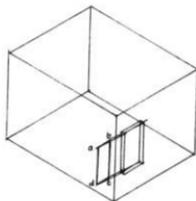
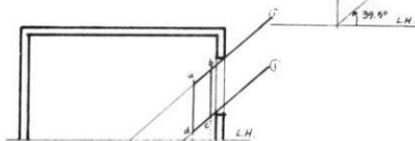
planta



medio ambiente natural.

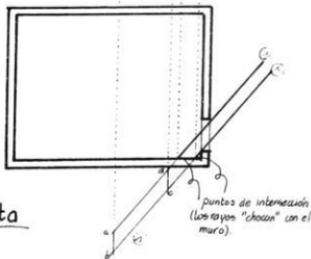
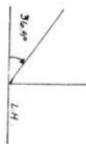
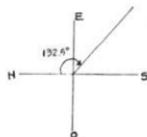
SOL

alzado N-S



### D.2) Vano al Sur.

Fecha y hora: Solst. Inv. 9:00 hrs.  
Lugar: México, D.F. (Lat. 19°24').



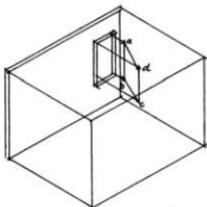
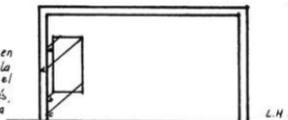
planta

alzado E-O



(7)  
altura de o.s.d.  
tomada del  
alzado N-S

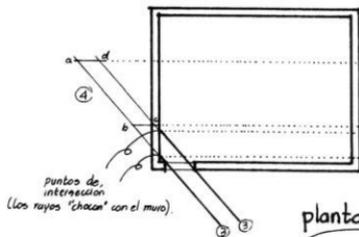
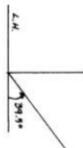
⑦  
Para localizar  $a, b, c, d$  en el muro norte, tomar la altura de  $a, b, c, d$  en el alzado E-O. Después, trazar los rayos hacia el vano.



### D.3) Vano al Oeste.

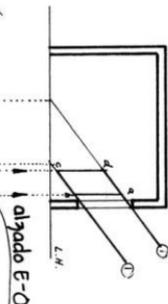
Fecha y hora: Gólat. de Inv., 15:00 hrs. solares  
Lugar: México, D.F. (Lat.  $19^{\circ}24'$ ).

alzado N-S



puntos de intersección  
(Los rayos "chocan" con el muro).

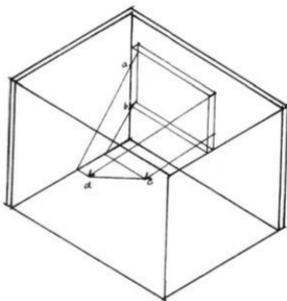
planta



### E). Iluminación cuando el vano es coincidente con el muro adyacente.

En los ejemplos mostrados anteriormente, se ha observado como un vano puede dejar pasar cierta cantidad de luz, provocando una zona de iluminación interior que puede iluminar ciertas áreas del piso y/o del muro adyacente al vano. Cuando el vano colinda con el muro adyacente, el área iluminada en éste (e incluso en el piso), comienza, de hecho, en los límites donde el vano colinda con este muro.

Para ilustrar los efectos que ello provocaría, observemos los siguientes ejemplos, en los cuales, los rayos pueden iluminar piso y muro adyacente (ejemplo E.1 en el vano al este), y 2 puntos del área  $a,b,c,d$  se localizan en el muro adyacente. En el ejemplo E.2 (vano al sur), se ha reducido la dimensión del vano, provocando que 3 puntos del área  $a,b,c,d$ , se proyecten en el muro, y sólo 1 punto en el piso. Y, por último en el ejemplo E.3 (vano al oeste), en el cual se ha cambiado la dirección de los rayos solares, y la dimensión del vano, los 4 puntos  $a,b,c,d$ , se proyectan completamente en el muro adyacente.



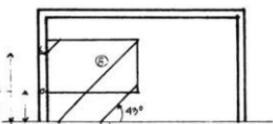
E.1) Un vano orientado al Este (colindando con el muro norte). - El procedimiento comienza en el alzado E-O: 2 vértices del área a,b,c,d, se localizan en el plano, y 2 en el muro norte. (en el límite colindante con el vano).

Solab. Inv.

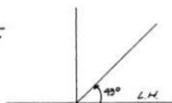
10:00 hrs. solares.

altura de a,y,b, como des del alzado E-O

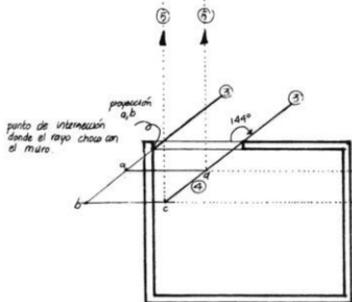
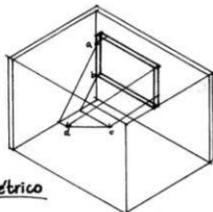
⑦



alzado H-S

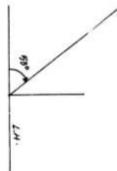
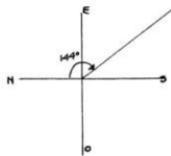


isométrico



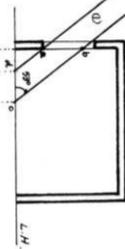
proyección a,b  
punto de intersección donde el rayo choca con el muro

planta



tra. localizar a,b

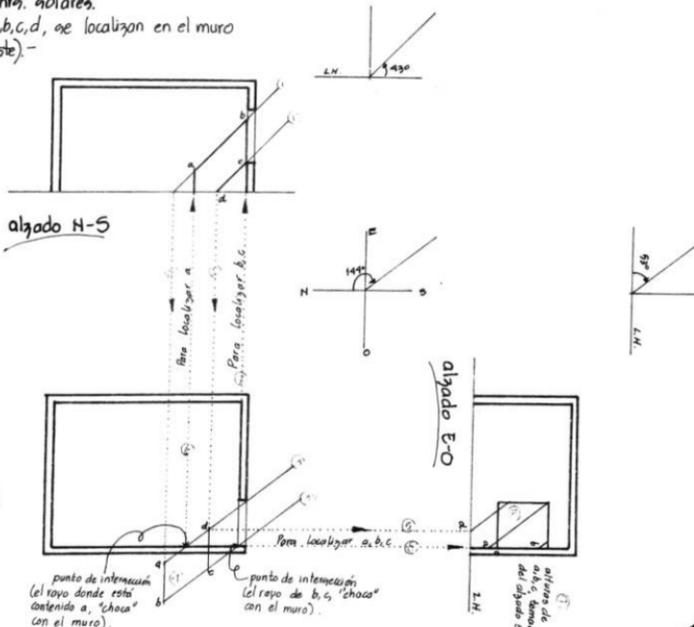
alzado E-O



**E.2) Vano al Sur.** (colindando con el muro oeste).

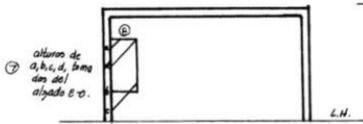
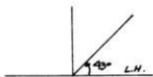
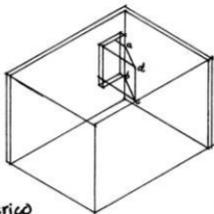
Solst. Invierno, 10:00 hrs. solares.

- 3 puntos del área a, b, c, d, se localizan en el muro adyacente (el muro oeste).



## E.3) Vano al Oeste. (Solst. Inv. 14:00 hrs. valores).

(Todo el área a,b,c,d, se proyecta en el muro adyacente -norte-).

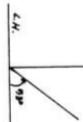
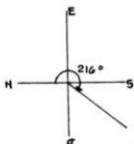


isométrico

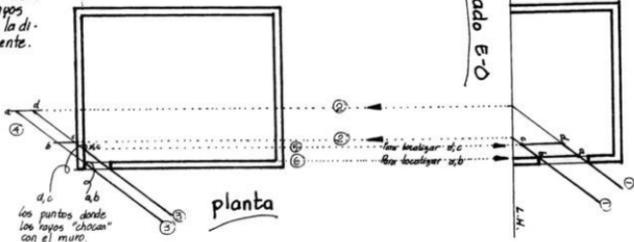
alzado N-S

Solo hay que proyectar los puntos -en planta- donde los rayos "chocan" con el muro, para localizar a,b,c,d, hacia el alzado E-O.

Y, con la altura que presenten en el alzado E-O, localizarlos en el muro norte del alzado N-S, para después trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente.

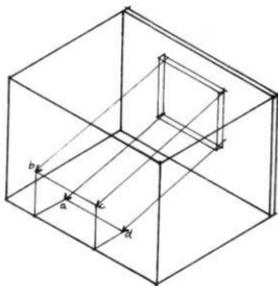


alzado E-O



### F) Iluminación en el muro opuesto.

En algunas ocasiones, debido a la dirección que pueden presentar los rayos solares: casi perpendiculares al vano, (situación que pudiera presentarse cuando el Sol está casi a ras del horizonte - o sea los rayos son casi horizontales -, para los vanos al Este ó al Oeste, en la Cd. de México), los rayos pueden lograr tal penetración en el interior, que no sólo alcanzan a iluminar un área del piso, sino también un área en el Muro OPUESTO al del muro en que se localiza el vano.



La forma del área proyectada en el muro opuesto, difiere notablemente del área que se produce cuando la incidencia se da sobre el muro adyacente al vano, ya que mientras ésta última puede tomar formas triangulares ó trapezoidales, en el muro opuesto, el área de iluminación será rectangular (claro está si la forma del vano es también rectangular). Ver siguientes ejemplos:

F.1) Vano al Este. Equinoccio de Otoño/Primavera  
7:00 hrs. solares.

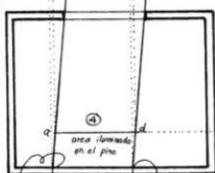
alzado N-S



Como se observa en el alzado E-O, los rayos inciden sobre el piso, y el muro oeste. También se puede observar esto en la planta.

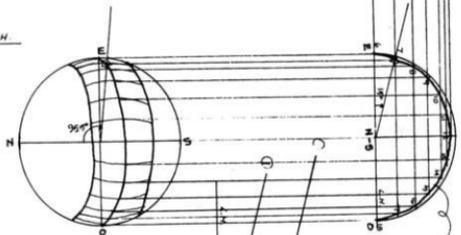
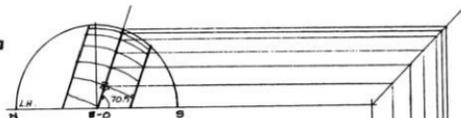
Para encontrar el área iluminada en el muro oeste: A partir de los puntos donde los rayos "chocan" con el muro, trazar líneas de proyección hacia el alzado N-S, y con la altura de b,c, que se observa en el alzado E-O, localizar dichos puntos en el alzado N-S.

planta



punto de intersección  
(el rayo donde está contenido  
a "choca" con el muro)

punto de intersección  
(el rayo donde está  
contenido a "choca"  
con el muro)



para Equinoccios.

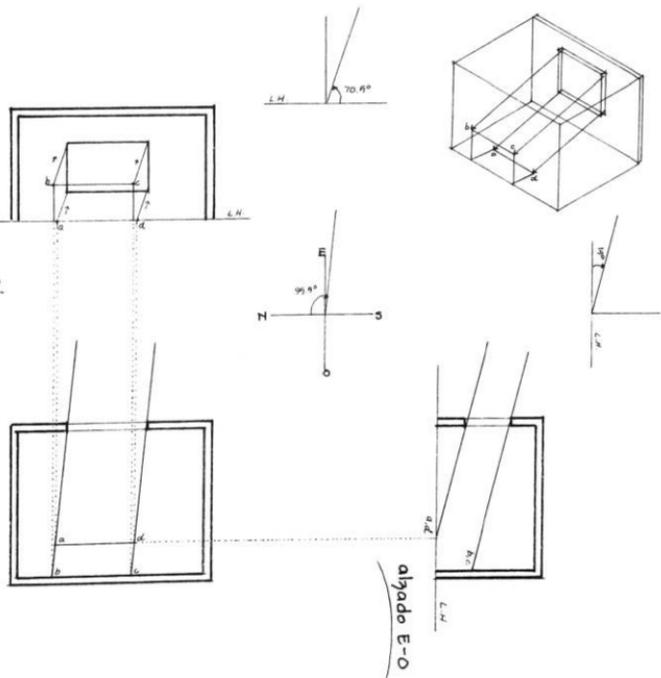
medio ambiente natural. SOL

Trazar los rayos solares de a, b, c, d, hacia el vano, con la dirección correspondiente (70.9°).

alzado N-S

planta

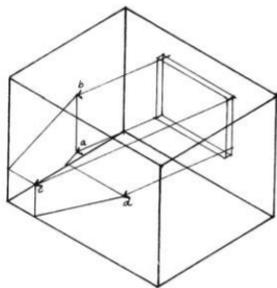
alzado E-O





G) Iluminación sobre piso y muros interiores.

Por último, también se puede dar el caso de que un vano orientado al Norte, ó al Sur, ó al Este u Oeste, permita la entrada de luz solar de tal forma que no sólo proyecte un área iluminada en el piso del volumen, sino también en el muro adyacente, y el muro opuesto al vano (es decir, ilumina una esquina interior del espacio). Para obtener la zona de iluminación, y las áreas en piso y muros interiores, tener cuidado en seguir el procedimiento adecuado para trazar cada uno de ellos.  
Ver ejemplo :

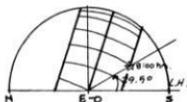
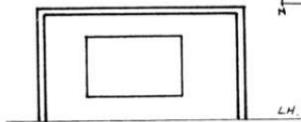


# SOL

# medio ambiente

natural.

alzado M-S



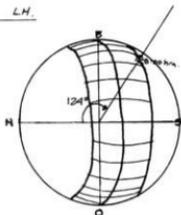
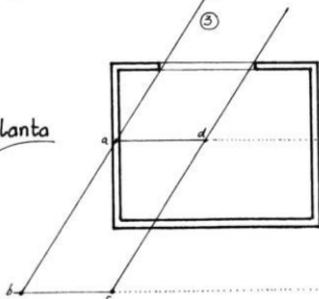
- ① Trazar los rayos límite en el alzado E-O, hasta intersectar la línea de horizonte.
- ② Trazar las líneas de proyección de los puntos encontrados hacia la planta.
- ③ Trazar los rayos límites en la planta, hasta intersectar las líneas de proyección. El único punto que se localizará dentro del volumen es d. Los puntos a,b,c, quedarán fuera del volumen.

G.1) Vano al Este.

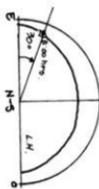
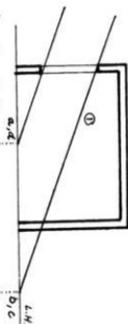
Fecha y hora: Solst. Inv. 8:00 hrs.

Lugar: México, D.F. (lat 19°24')

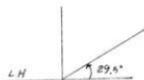
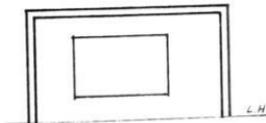
planta



alzado E-O



alzado N-S



Por lo tanto, significa que a, b, c, se localizarán en los muros interiores.  
Para encontrar a, y b :

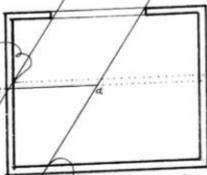
④ A partir del punto en el que el rayo en el que están contenidos a, b, -en planta-, "choca" con el muro norte, trazar una línea de proyección hacia el alzado E-O, hasta intersectar los rayos límites.

Para encontrar c :

⑤ Como podemos notar el rayo en el que está contenido c, -en planta-, "choca" con el muro oeste, en un punto que se localiza fácilmente en el alzado E-O.

planta

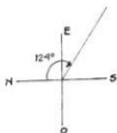
punto de intersección  
el rayo en el que están  
contenidos a, b, "choca"  
con el muro norte.



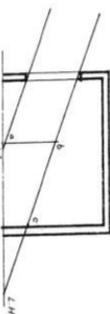
punto de intersección  
al rayo en el que estaría contenido c  
"choca" con el muro oeste

④ Línea proy. para encontrar a, b en el muro

⑤ Línea proy. para encontrar c en el muro



alzado E-O

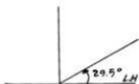
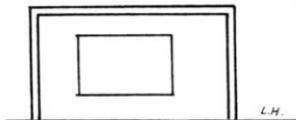


# SOL

# medio ambiente

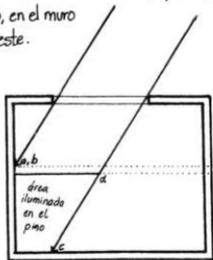
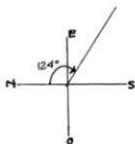
# natural.

alzado H-S

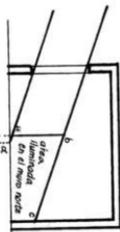


⑥

De esta forma, encontraremos tanto en planta como en alzado E-O, la zona de iluminación interior, y las áreas iluminadas en el piso, en el muro norte y en el muro oeste.



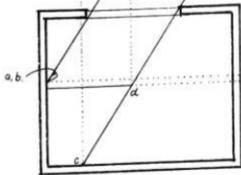
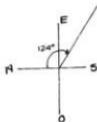
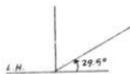
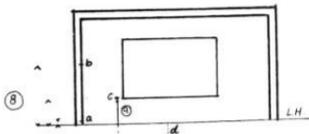
planta



alzado E-O

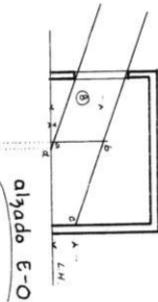


alzado N-S

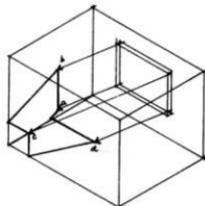
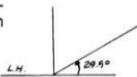
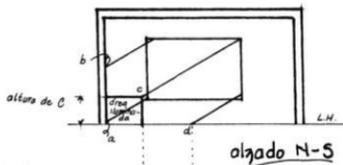


planta

- ⑦ Para visualizar la zona iluminada en el alzado N-S :
- ⑧ Primero tendremos que localizar los puntos a, b, c, d, en el alzado N-S. El punto d ha sido previamente localizado en la línea de horizonte. Para localizar a, b, que se proyectan en el muro norte, hay que tomar la altura de a, b, en el alzado E-O, y con dichos medidores localizar a, b, en el muro norte del alzado N-S.
- ⑨ Finalmente, para localizar c, trazamos una línea de proyección del punto c de la planta, hacia el alzado N-S, y con la altura que presenta c en el alzado E-O, localizamos c en el alzado N-S.

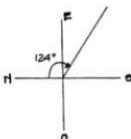


- ⑩ Para obtener el área iluminada en el muro oeste: Como ve observa en el alzado E-O, los rayos también iluminan un área del muro oeste, donde se localiza C. El área es delimitada por la misma altura de C, y la proyección de C en planta hacia el alzado N-S.

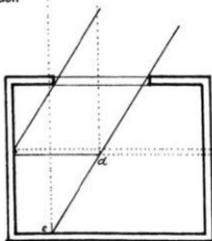


- ⑪ A partir de a,b,c,d, en el alzado N-S, trazar los rayos solares hacia el vano, con la dirección correspondiente.

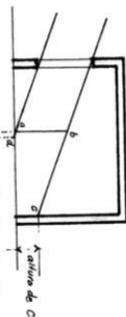
alzado N-S



planta



alzado E-O

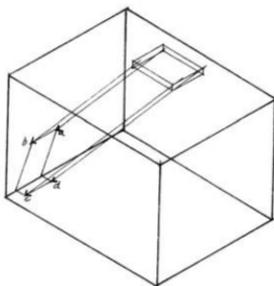


Una vez obtenida la zona de iluminación, y las áreas iluminadas tanto en el piso, como en el muro norte y oeste, sombrear la zona que quedaría fuera de ellas.

## H) Iluminación por domos.

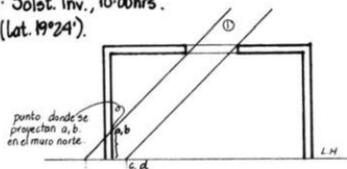
También es importante resaltar la importancia de la dirección de los rayos solares en un momento determinado de la ruta solar, así como de la forma y el tamaño del vano, y su localización dentro de la fachada expuesta, en los casos de aberturas en los techos de los volúmenes, ya que cualquier modificación a las anteriores variables, puede ocasionar una zona iluminada en el interior muy diferente, provocando áreas iluminadas en el piso, en los muros interiores de diversa forma y dimensión. [Ya se ha ilustrado, como obtener la zona iluminada en el piso en el cuadro anterior - 4 -].

En los siguientes ejemplos, ilustraremos como aún para una misma hora y fecha (Solsticio de Invierno, 10:00 hrs. solares), los efectos de iluminación causados por un domo, pueden ser diferentes, ya sea por el tamaño del vano, su forma, o por su relación con el volumen (más cercano o alejado a los muros adyacentes), con la debida indicación de que, si la dirección de los rayos solares fuera diferente, también lo serían las zonas iluminadas. (se ilustran entonces diferentes casos que orienten como obtener la zona de iluminación si los rayos "chocan" antes con los muros que con el piso del volumen).

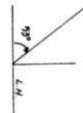
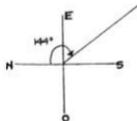


## H.1) Domo 1. (incidencia en el piso y muro norte).

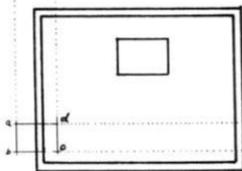
Fecha y hora: Solst. Inv., 10:00hrs.

México, D.F. (Lat.  $19^{\circ}24'$ ).

alzado H-5



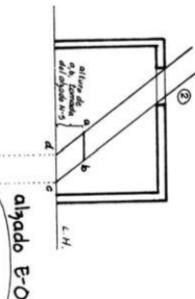
4) Para visualizar el área iluminada en el muro norte en el alzado E-O, tomar la altura de a, b, en el alzado H-5, y con dicha altura, localizar a, b, en el alzado E-O.



planta

- 1) Trazar los rayos límites en el alzado H-5, hasta intersectar la línea de horizonte.
- 2) Trazar los rayos límites en el alzado E-O, hasta intersectar la línea de horizonte.
- 3) Trazar las líneas de proyección hacia la planta.

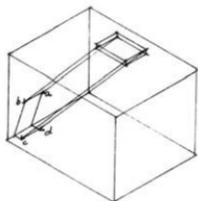
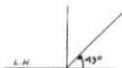
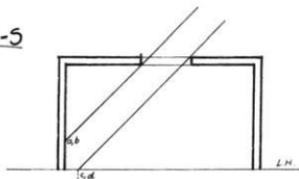
Así, encontramos el área a, b, c, d, pero, notamos que solo d, y e, se localizarán en el piso del volumen, como a, b, se encuentran fuera del volumen, se deduce que se proyectan en el muro norte (ver alzado H-5).



medio ambiente natural.

SOL

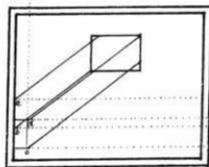
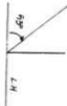
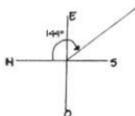
alzado H-S



Para visualizar la zona iluminada en planta:

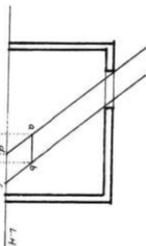
Como ya se han localizado *a, d, y c*, sólo falta localizar *a, b*, y trazar líneas de proyección a partir de *a, b*, en alzado E-O hacia la planta (paso 5), hasta intersectar el muro norte.

Posteriormente, a partir de *a, b, c, d*, en planta, trazar los rayos solares hacia el vano con la dirección correspondiente.



planta

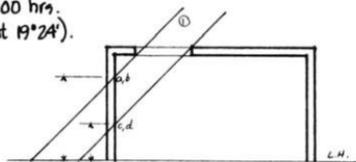
alzado E-O



# SOL — medio ambiente natural.

## H.2) Domo 2 (incidencia sólo en el muro norte)

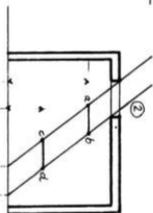
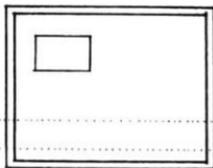
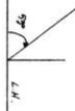
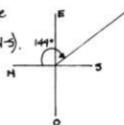
Solst. Inv. 10:00 hrs.  
México, D.F. (lat  $19^{\circ}24'$ )



- 1) Si trazamos los rayos solares límite en los cortes del vano (alzado N-S, y alzado E-O) hasta que interseccionen las respectivas líneas de horizonte [pasos ①, ②], y después trazamos las líneas de proyección hacia la planta [paso ③], notaremos que el área iluminada en el piso (a,b,c,d), quedaría completamente fuera del volumen. (Lo que significa que dicha área se localizaría en el muro adyacente norte (ver alzado N-S).

alzado N-S

- 2) Para encontrar a,b,c,d en el muro norte localizar los puntos en los que los rayos límite "chocan" con el muro (en alzado N-S) y tomar la altura que presentan; con la misma altura localizar a,b,c,d en el alzado E-O.



O-a

planta

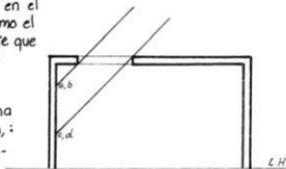
# medio ambiente natural.

# SOL

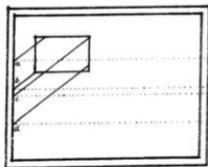
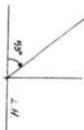
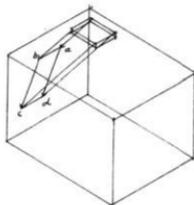
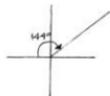
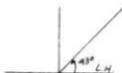
De esta forma, obtendríamos la zona iluminada en el alzado H-S; así como el área del muro norte que es iluminada en el alzado E-O.

Para observar la zona iluminada en planta, i

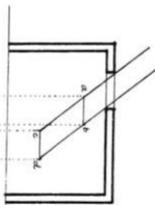
- Trazar líneas de proyección a partir de a,b,c,d, en el alzado E-O hacia la planta, hasta intersectar el muro norte (sobre el que inciden todos los rayos solares). (paso ①).
- A partir de a,b,c,d en planta, trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente.



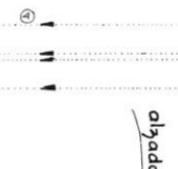
alzado H-S



planta

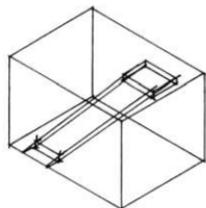
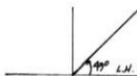
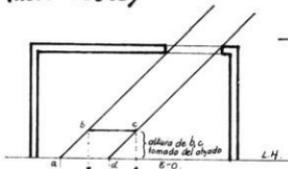


alzado E-O



### H.3) Domo 3 (incidencia en el piso y el muro oeste)

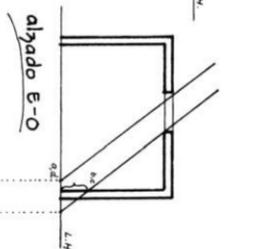
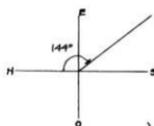
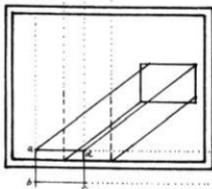
alzado H-5



Como b,y,c, se localizaron fuera del volumen, se observa en el alzado E-O, que esto es debido a que el rayo en el que están contenidos b,y,c, "choca" antes con el muro. Por lo tanto, sólo tendremos que medir la altura que presenta b,y,c, y con dicha medida localizar esos puntos en el alzado N-5.

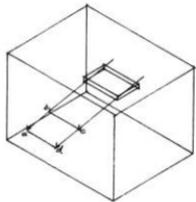
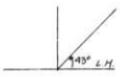
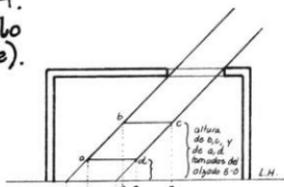
Para observar la zona iluminada en planta, sólo falta localizar b,y,c en el muro oeste, para lo cual proyectamos tales puntos del alzado N-5 hacia la planta, hasta intersectar el muro oeste. Una vez localizados a,b,c,d, en planta, trazamos los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente.

planta



# medio ambiente natural. SOL

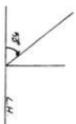
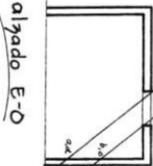
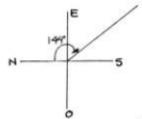
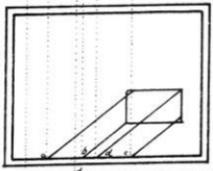
H.4) Pomo 4.  
(incidencia 90° en muro oeste).



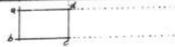
alzado N-S

a, b, c, d, se localizarán fuera del volumen (ver planta), ya que los rayos "chocan" con el muro oeste, antes que con la línea de horizonte (ver alzado E-O). Con la altura de b, c, y de a, d, localizarlas en el alzado N-S.

Para observar la zona iluminada en planta, proyector a, b, c, d del alzado N-S hacia la planta, hasta intersectar el muro oeste. Posteriormente, trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente.



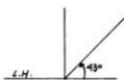
planta



H.5) Domo 5 (incidencia sobre muro norte y muro oeste).

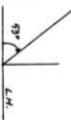
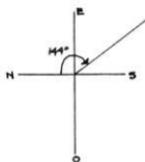


alzado H-5



1) Si trazamos los rayos límites en los respectivos alzados (N-5 y E-0), y proyectamos los puntos de intersección entre estos rayos y las líneas de horizonte, hacia la planta, notaremos que a,b,c,d quedan fuera del volumen.

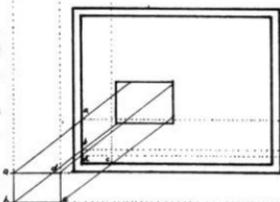
2) Ahora, si observamos tanto el alzado N-5, como el alzado E-0, notaremos que, los rayos "chocan" en el muro norte, y el muro oeste, antes de intersectar la línea de horizonte, lo que indica que el área iluminada se proyecta tanto en el muro norte como en el muro oeste.



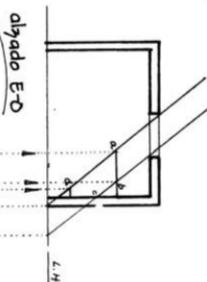
3) Para obtener estas áreas podemos recurrir al sig. artificio de dibujo:

a partir de a,b,c,d en planta (que se localizarán fuera del volumen), trazar los rayos solares hacia el vano con la dirección correspondiente (en este caso,  $44^\circ$ )

Cuando estos rayos intersectan el muro norte, y el muro oeste, podremos localizar a,b,c,d, en los mismos, y posteriormente, sólo tendremos que proyectarlos hacia el alzado H-5, y hacia el alzado E-0, para localizarlos en alzado (hasta que intersecten los rayos límites).



planta



alzado E-0

para localizar a

para localizar b

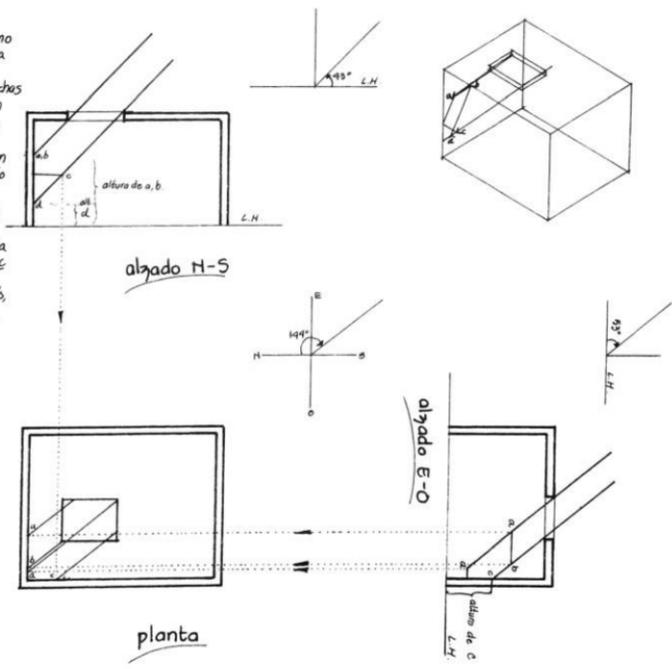
para localizar c

para localizar d

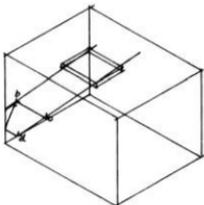
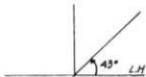
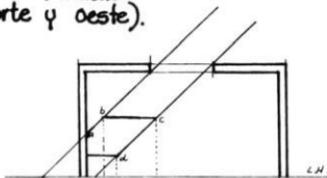
→ Esto produciría el mismo resultado que, tomar la altura de a, b, y de b en alzado N-S, y con dichas medidas localizarlos en el alzado E-O. Y que, tomar la altura de c en el alzado E-O, y con dicha altura localizarlo en el alzado N-S.

Y, posteriormente, proyectar dichos puntos del alzado N-S, y E-O, hacia la planta, hasta intersectar el muro norte, y el muro oeste, para después, una vez localizados a, b, c, d, en planta, trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente.

[Este proceso también puede usarse para los demás casos, de acoleamiento, en lugar del procedimiento que hemos venido utilizando].



### H.6) Domo 6 (incidencia sobre muro norte y oeste).

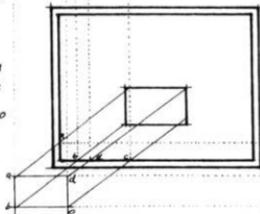


siguiendo cualquiera de los métodos enunciados. En este caso usamos el que a partir del área abscda, en planta, trazamos los rayos solares hacia el vano, y después tomamos los puntos de intersección con el muro norte y oeste y los proyectamos hacia los alzados (para localizar a, b, c, d, en alzado), nota vemos que al cambiar, la dimensión del vano, y su relación con el volumen, ahora el área iluminada se proyecta preferentemente en el muro oeste, y no en el muro norte, como es el caso del ejemplo anterior (domo 9).

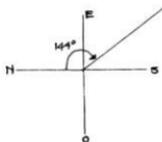
alzado N-S

Para localizar b  
Para localizar d

Para localizar c

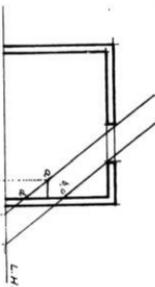


planta



alzado E-O

Para localizar a



## CONCLUSION.

del Cuadro 4.a y 4.b "Zonas de Iluminación Interior" - en pisos y muros. -

Cuando los rayos solares logran penetrar al interior de un espacio arquitectónico, a través de un vano, se produce una zona espacial en el interior directamente iluminada por estos rayos, que finalmente se proyecta en un área del piso del volumen (cuadro 4.a), o incluso en las paredes interiores del mismo (cuadro 4.b).

Algunas veces, dependiendo en primer término, de la dirección que presenten los rayos solares en una hora y fecha determinadas, así como de la forma, tamaño y localización del vano mismo, la zona de iluminación se proyecta finalmente sólo en el piso del volumen, pero, algunas otras veces, tanto en el piso, como en el muro adyacente o incluso en un muro opuesto al vano; también puede suceder que se proyecte el área iluminada en el piso, 2 muros (el adyacente y el opuesto al vano), o exclusivamente sobre 1 muro (sin iluminar el

piso). En los ejemplos mostrados en estos cuadros (4.a. y 4.b.) se ha ilustrado como los rayos pueden iluminar exclusiva o preferencialmente el piso o los muros del interior, en diferentes horas y fechas del año solar (tomando como sitio de referencia, la Cd. de México), para vanos con diferentes orientaciones, tamaños, formas, etc. dentro del considerado "volumen" ideal, para mostrar con ello, como se formarían las zonas de iluminación interior, y como traazarlas correctamente.

El requisito más importante para este trabajo, es contar con la dirección de los rayos solares en los diferentes vistas (alzado N-S, planta, alzado E-O), para lo cual sólo bastaría con "localizar" el Sol en la Gráfica Solar, y obtener la dirección del rayo solar representativo en cada una de esas vistas (en este punto, es importante mencionar la conveniencia de saber traazar la ruta solar en alzado E-O, a partir de la Gráfica Solar común,

# SOL

# medio ambiente natural

Ejemplo 1:

## Solsticio de Verano, 8:00 hrs. solares Vano al Norte.

(Cuando los rayos inciden sobre una parte del muro adyacente).

Si se tiene dudas en el trazo, comenzar normalmente en el paso ①, trazar las líneas de proyección hacia la planta ②, y formar el área a,b,c,d ③, (bajo, que darían fuera del volumen).

A partir de a,b,c,d, en planta, proyectarlos hacia el alzado E-O, hasta intersectar la línea de horizonte. En estos puntos trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente. Si b se localiza en el muro oeste, ya que los rayos en los que están contenidos no alcanzan a llegar al piso interior, sino que "chocan" antes con el muro.

Para localizarlos en el alzado N-S, sólo proyectar desde la planta el punto donde están contenidos b,y,c, que "choca" con el muro, hacia el alzado N-S, hasta intersectar los rayos límite ④.

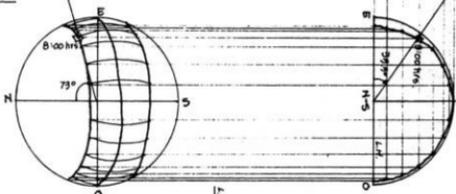
el rayo "choca" con el muro.

alzado N-S

planta



Trazo de la ruta Solar. Verano en alzado E-O, para conocer todos los ángulos solares a las 8:00 hrs, de la ruta Solar. Verano, (en planta, alzado N-S, y alzado E-O).



alzado E-O

el rayo "choca" con el muro este.

que sólo muestra el alzado N-S, y la planta de la bóveda celeste, ya que, por ejemplo, para vanos al Este ó al Oeste, tendríamos que comenzar el procedimiento en el alzado E-O - para ver en corte al vano -, y en necesario conocer la dirección de los rayos solares en dicho alzado; asimismo, para los vanos Norte ó Sur, serd muy útil para poder visualizar completamente la zona de iluminación en el alzado E-O. En los cuadros anteriores se ha mostrado el procedimiento para obtener cada ruta solar en alzado E-O).

Por otro lado, el procedimiento para llevar a cabo el trazo puede resumirse de la sig. manera: Comenzar en el alzado que permita ver en corte al vano específico, y trazar los rayos límite, hasta intersectar la línea de horizonte. A partir de estos puntos trazar líneas de proyección hacia la planta hasta intersectar los rayos límites en planta - trazados previamente - para formar finalmente el área a,b,c,d. Si todos los puntos del área se localizan dentro del volumen, quiere decir que los rayos llegan finalmente al piso del mismo. y para visualizarlos en el alzado complementario, sólo bastara con proyectar los puntos a,b,c,d de la planta ha-

cia el alzado hasta intersectar la línea de horizonte. Cuando estas líneas de proyección intersectan la línea de horizonte obtendremos a,b,c,d en el piso del volumen, y sólo tendremos que trazar los rayos solares hacia el vano con la dirección correspondiente.

Cuando algún punto del área a,b,c,d (ó 2, ó 3, ó incluso todos ellos), se localiza fuera del volumen (visto en planta), quiere decir que ese ó esos puntos se localizaran en alguno de los muros interiores, para lo cual, tendremos que observar el punto en el cual los rayos "chocan" con el muro en cuestión para poder localizarlo en planta, y posteriormente proyectarlo hacia el alzado en el que se puede ver en corte al vano, hasta intersectar los rayos límite, forman done áreas triangulares, trapezoidales, etc. en el muro adyacente, que delimitaran el área que es iluminado en ese muro por los rayos solares. Para observar esta área en el alzado complementario, tendremos que localizar el (los) punto(s) faltante(s) en el muro en el que inciden los rayos solares (tomando las alturas correspondientes del otro alzado).

Si se tiene alguna duda en el trazo, es aconsejable, trazar toda el área completa a,b,c,d en planta, y proyectar esos puntos hacia el alzado com-

plementario, hasta que toquen la línea de horizonte, para localizar  $a, b, c, d$  en ella, y a partir de estos puntos trazar los rayos hacia el vano con la dirección correspondiente. Es decir, como si toda el área  $a, b, c, d$  se proyectara en el piso. Naturalmente, como existe un muro que lo impide, qdo obtener los puntos donde los rayos "chocan" con el muro. (Ver el ejemplo, 1 pág. 434).

Este procedimiento, útil para encontrar el área iluminada en el piso y en el muro adyacente al vano, también es útil para trazar el área iluminada cuando los rayos alcanzan a incidir en el muro opuesto (y el área de iluminación ya no es triangular, ni trapezoidal, sino rectangular). Para mayor ilustración ver el ejemplo mostrado en el inciso.

F. 1 (cuando un vano al este permite el paso de los rayos solares que inciden finalmente en el piso y el muro opuesto - el oeste -). Pág. 437 Ejemplo 2

Y, finalmente para casos "difíciles" cuando el vano permite el paso de los rayos solares al interior, e inciden finalmente sobre el piso, y muro adyacente y muro opuesto, este procedimiento - y razonamiento - puede ser asimismo muy útil. Ver el ejemplo, 3 pág. 438

Para el caso de los vanos en el techo (domos), también es aplicable, teniendo cuidado en trabajar primeramente con los 2 alzados, donde el vano puede verse en corte. Ver ejemplo 4 pág. 439

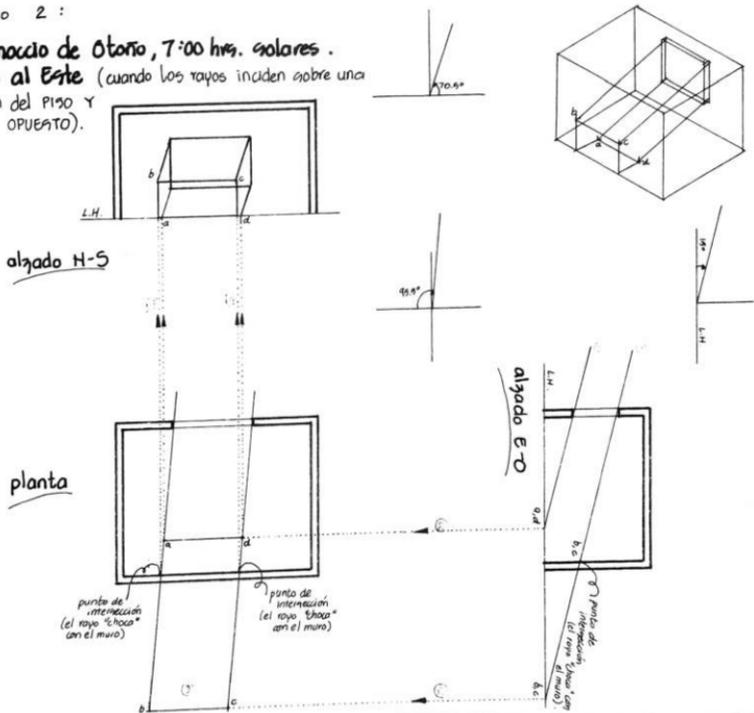
Naturalmente, si existieran 2 vanos (o más) en las fachadas expuestas, la iluminación en el interior sería simultánea. En los ejemplos 5, 6, 7, se ilustran las zonas de iluminación provocadas por vanos con diferentes orientaciones, formas, y dimensiones, en diferentes momentos del año solar (tomando las rutas más importantes: Solsticios y Equinoccios).

Así, podemos concluir que, si contamos con la dirección de los rayos solares (en planta y alzados), podemos obtener por métodos gráficos las zonas de iluminación interior provocadas por un vano cualquiera, en cualquier hora y fecha del año solar.

Ejemplo 2 :

Equinoccio de Otoño, 7:00 hrs. solares .

Vano al Este (cuando los rayos inciden sobre una porción del PISO Y MURO OPUESTO).

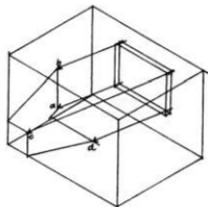


# SOL

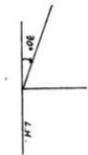
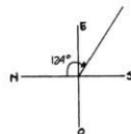
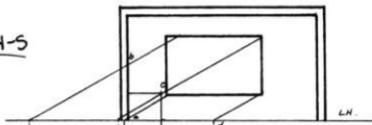
# medio ambiente

re natural.

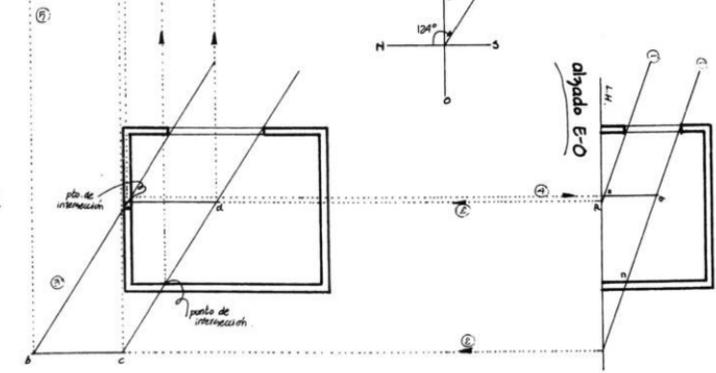
Ejemplo 3:  
**Solsticio de Invierno, 8:00 hrs. solares.**  
**Vano al Este** (incidencia sobre el P190, MURO ADYACENTE -norte-, y MURO OPUESTO -este-).



alzado H-S



planta



medio ambiente natural.

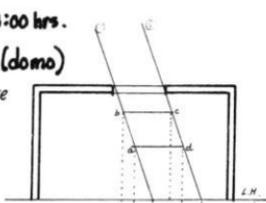
SOL

EJEMPLO 4:

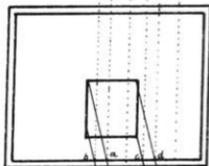
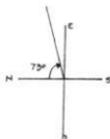
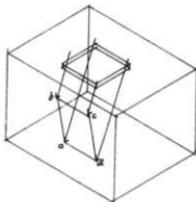
Solst. Verano, 8:00 hrs.

Vano al techo (domo)

(incidencia sólo sobre muro).

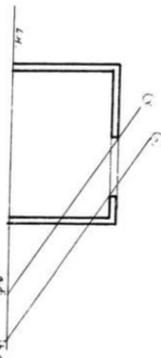


alzado H-S



planta

alzado E-O

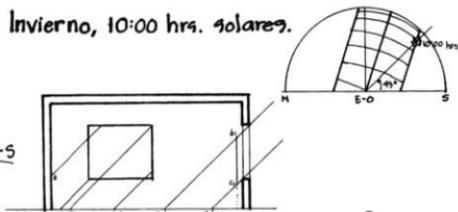


# SOL medio ambiente

EJEMPLO 5. : Incidencia simultáneo por 2 vanos (con diferente orientación), a una MISMA HORA solar.

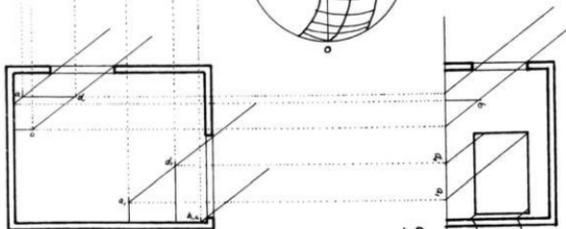
5) Solsticio Invierno, 10:00 hrs. 90lat.

alzado H-S



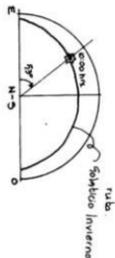
Vano al Este y  
Vano al Sur.

planta



nota: Sólo se ilustran los áreas interiores de iluminación, y ya no todo el procedimiento.

alzado O-E



© natural.

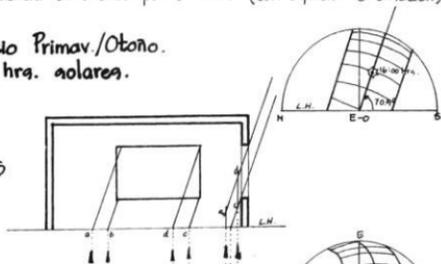
medio ambiente naturalmente.

SOL

EJEMPLO 6: Incidencia simultánea por 2 vanos (con diferente orientación), a una MISMA HORA SOLAR.

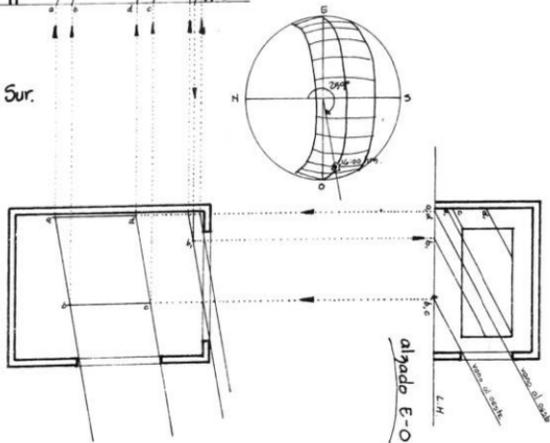
6) Equinoccio Primavera/Otoño.  
16:00 hrs. solares.

alzado N-S



Vano al Oeste y al Sur.

planta

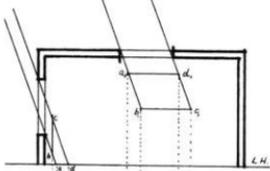


# SOL medio ambiente natural.

EJEMPLOS 5, 6, 7: Incidencia simultánea por 2 vanos (con diferente orientación) a una MISMA HORA solar.

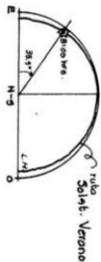
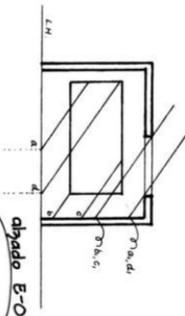
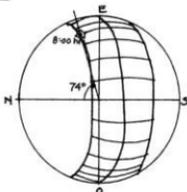
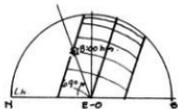
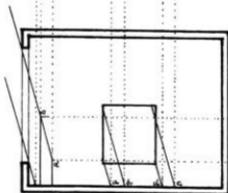
7) Solst. Verano. 8:00 hrs. solares.

alzado N-S



Vano al Norte y domo.

planta



Para concluir con este cuadro referente al Trazo de las zonas de iluminación interior, podremos mencionar que, además de mostrar como se realiza el trazo para una hora y fecha específicas, [que puede provocar un determinado efecto visual de iluminación, según la forma, la dimensión y la localización de un vano que permite el paso de los rayos solares al interior,] el uso que podemos darle al trazo de la zona de iluminación interior en el volumen "ideal" puede ayudar al diseñador a entender como, en general, cada vano orientado hacia determinado punto cardinal permite el paso de los rayos solares en las diferentes horas y fechas del año solar.

Estas conclusiones pueden ser muy importantes para comprender como se comporta un espacio en función de la cantidad de luz y color que recibe por un vano con cierta orientación.

Por ejemplo, si tomamos en consideración las observaciones hechas en el análisis del acoleamiento de los espacios del Capítulo "Características de sol" (págs. 141-154), así como observaciones del cuadro anterior en el que se deducen cuales son las

fachadas que reciben mayor acoleamiento, para un volumen "ideal" en la Cd. de México, y trazamos las zonas de iluminación interior en los momentos más significativos para cada orientación, podremos entender en lo general, como un vano, orientado hacia cada punto cardinal, va a provocar grandes ó pequeñas zonas de iluminación durante el año.

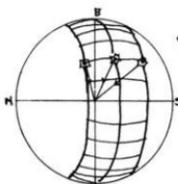
Ejemplo: en la Cd. de México: \*

- \* un vano al este: Incidencia en todas las mañanas del año solar. (desde el alba hasta mediodía).
- \* un vano al oeste: Incidencia en todas las tardes del año solar (desde el mediodía hasta el ocaso).
- \* un vano al sur: Incidencia todo el día de casi todas las fechas del año solar (a excepción de los días cercanos al Solsticio de Verano).
- \* un vano al norte: Incidencia sólo en los días cercanos al Solsticio de Verano (todo el día).

Ver siguientes gráficos para observar las zonas de iluminación que permite cada vano ...

\* Ver. Cap. "Características" - Acoleamiento espacios  
pp. 146-155

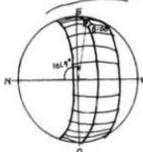
# SOL medio ambiente natural



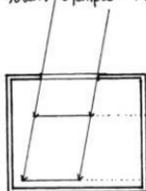
La zona sobre el vano este en todos los momentos del año solar.

**Vano al Este.** Recibe insolaración todas las mañanas del año solar, desde el alba hasta el mediodía. Cuando la zona de iluminación interior es más grande, es durante las primeras horas de la mañana, ya que los rayos son casi frontales a la fachada; a medida que se acerca el mediodía, un vano al este va permitiendo una menor entrada de luz solar. Ejemplo: ruta Equinoccios:

8:00 hrs.



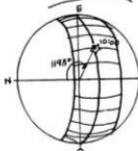
planta



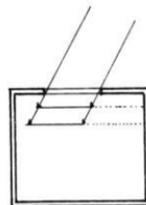
alzado E-O

mayor zona de iluminación interior, primeros horas de la mañana.

10:00 hrs.



planta



alzado E-O

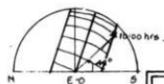
a medida que se acerca el mediodía la zona de iluminación va siendo más pequeña.

medio ambiente natural.

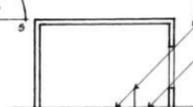
SOL

### Vano al Sur

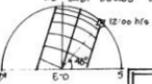
iluminación continua durante el día, desde la mañana, hasta la tarde de casi todos los días del año.



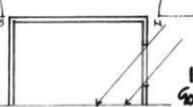
10:00 hrs.  
Solst. Inv.



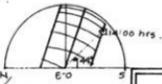
alzado N-S



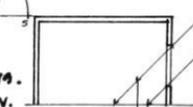
12:00 hrs.  
Solst. Inv.



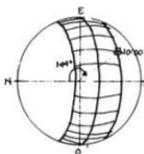
alzado N-S



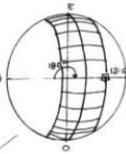
14:00 hrs.  
Solst. Inv.



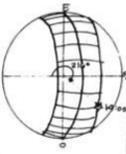
alzado N-S



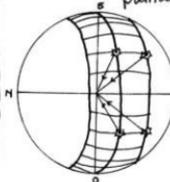
planta



planta



planta

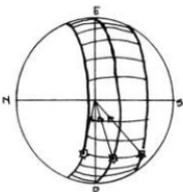


Recibe insulación continua durante casi todos los días del año solar (a excepción de los días cercanos al Solsticio de Verano), desde las primeras horas hasta el ocaso. No permite grandes zonas de iluminación interior, porque en las mañanas los rayos inciden en forma oblicua, y en el mediodía, cuando el Sol está "enfrente" del vano, los rayos son casi "verticales"; por las tardes los rayos son también oblicuos al vano. La época del año, en que el vano sur permite grandes zonas de iluminación es en el Invierno. Ejemplo: ruta Solsticio Invierno.

# SOL

# medio ambiente

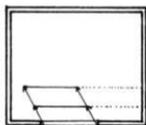
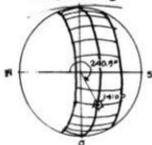
es natural.



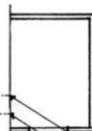
Incidencia sobre el seno creste en las bandes del año solar.

**Vano al Oeste.** Al contrario de los vanos al Este, un vano orientado al Oeste recibe irradiación desde el mediodía hasta el ocaso de todos los días del año. En el mediodía y horas cercanas pasadas del mediodía, la zona de iluminación que permea es pequeña, pero conforme se acerca el ocaso, la zona de iluminación va siendo más grande. Ejemplo: ruta Equinoccios.

14:00 hrs.



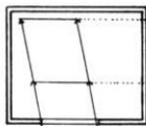
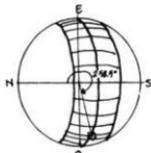
planta



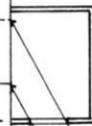
alzado E-O



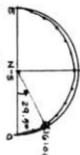
16:00 hrs.



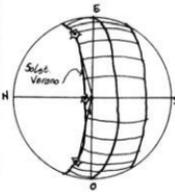
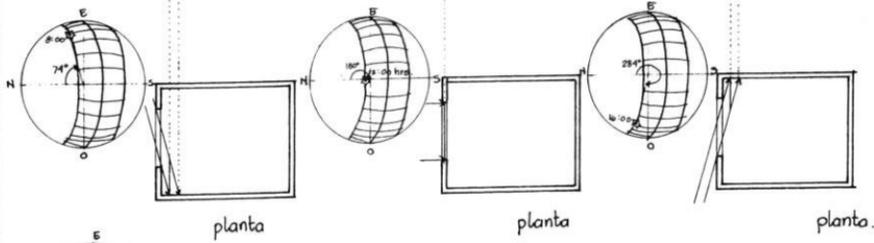
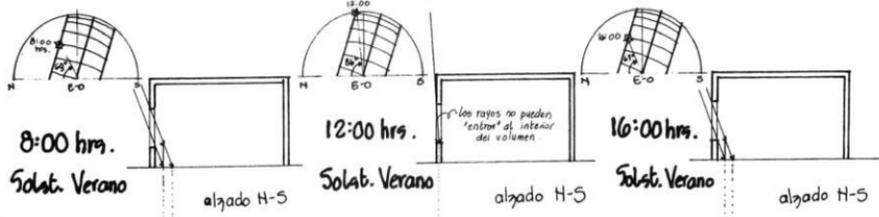
planta



alzado E-O



Vano al Norte. *pequeñas zonas de iluminación - sólo en fechas cercanas al Solst. de Verano -*



Previene inmadación sólo durante las fechas cercanas al Solsticio de Verano (22 junio). En estas fechas la incidencia es continua (desde el alba hasta el ocaso), pero las zonas de iluminación que provoca son pequeñas: en las primeras horas de la mañana, y en las cercanas al ocaso los rayos son oblicuos al vano, y en las horas cercanas al mediodía, el Sol cobra tal altura que los rayos son casi verticales, y difícilmente pueden penetrar al interior.

De esta forma se ha mostrado como los PANTOS SOLARES, al penetrar al interior de un espacio a través de un VANO, provocan un efecto visual en cuanto a la iluminación del espacio (espacio interior, paredes, pisos), y también provocan ciertas condiciones bioclimáticas (a mayor ganancia de luz, mayor ganancia de calor), que será necesario determinar para conseguir condiciones adecuadas (en el diseño de los espacios) para que el usuario pueda disfrutar del espacio.

En los ejemplos mostrados, se ha hecho referencia a la Gráfica Solar de un sitio como la Cd. de México, pero, también podría realizarse para cualquier otro sitio, si contamos con la Gráfica Solar y seguimos el procedimiento mencionado.

medio ambiente natural.

SOL

CUADRO Núm. 5

"Trazo de las zonas de sombra."

Además de poder conocer sobre qué superficies con una determinada orientación impactan en forma directa los rayos solares en una hora y fecha dadas, así como determinar las diferentes zonas de iluminación que se generan en el interior de los espacios (como consecuencia del paso de los rayos solares a través de un vano en dichas superficies), el diseñador puede, asimismo, entender y conocer como se producen las diversas áreas y zonas de sombra que un volumen arroja en un momento específico de una ruta solar, siempre y cuando, por supuesto conozca como se desarrollan estas trayectorias aparentes del Sol en un sitio.

Cuando un volumen es "bañado" por los rayos de luz del Sol, algunas superficies del volumen se iluminan por esta incidencia, pero otras no pueden ser directamente iluminados, y se dice que están en sombra propia; también el volumen produce una zona sombreada en su entorno, cuya forma, orientación y dimensión depende de la dirección de los rayos solares, así como de la forma misma del volumen. Todos estos fenómenos producen interesantes contrastes entre zonas iluminadas y zonas en penumbra (claros oscuros), así como diversas consecuencias de tipo bioclimático no sólo para el volumen, sino también para el entorno (una obstrucción al paso de los rayos solares, o la generación de extensas áreas sombreadas alrededor puede resultar inadecuada en algunos casos).

A continuación se describirá un procedimiento de dibujo que permite al diseñador poder trazar estas áreas de sombra en ciertos momentos de la ruta solar, para que, en lo posible, sea capaz de determinar y prever esta cuestión importante del asoleamiento en los espacios: la generación de las zonas de sombra.

CUADRO Núm. 5.

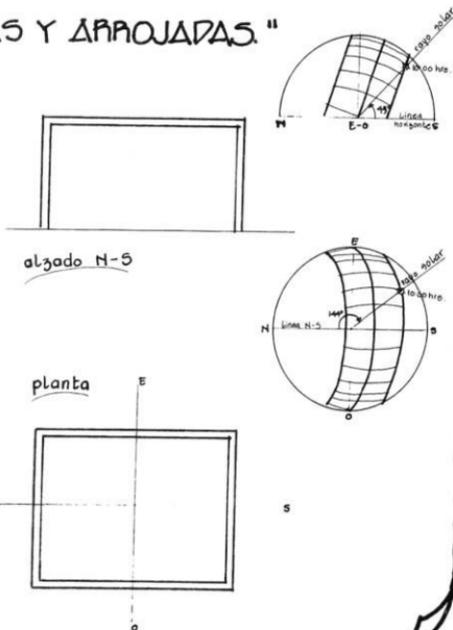
"SOMBRA PROPIAS Y APROJADAS."

A) Para determinar que superficies están en sombra propia :

1. Tomemos como ejemplo el volumen "ideal" con orientaciones hacia los 4 puntos cardinales, y la hora y fecha como las 10:00 hrs. solares de la fecha Solsticio de Invierno, en un sitio como la Cd. de México :

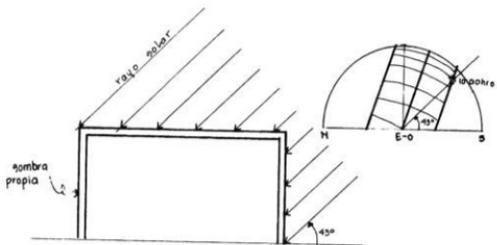
Primeramente "alineamos" nuestra planta y alzado arquitectónico, con la planta y el alzado de la Gráfica Solar.

2. localizamos la posición del Sol en la hora y fecha indicados dentro de la gráfica, y trazamos el rayo solar representativo en ambos vistas. En el alzado N-S, podremos notar que este rayo solar forma un ángulo aproximado con la línea de horizonte igual a  $43^{\circ}$ , y que en la planta, el rayo solar forma un ángulo aproximado con la línea H-S igual a  $144^{\circ}$ .

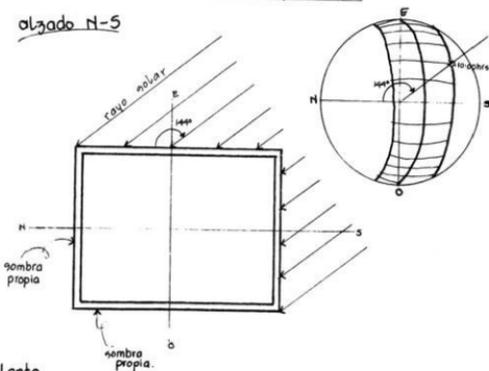


# SOL medio ambiente

natural.



alzado N-S



planta

3. En alzado N-S arquitectónico trazamos "rayos solares" con la misma dirección que la del rayo solar representativo del alzado de la gráfica solar, y observamos sobre que superficies impactan.

4. En planta arquitectónica trazamos "rayos solares" con la misma dirección que la del rayo solar representativo de la planta de la gráfica solar, y observamos sobre que superficies impactan.

5. De acuerdo a ambas observaciones, concluimos que la incidencia de los rayos se da sobre el techo del volumen, la fachada este, y la fachada sur.

6. Las superficies a las que no llegan los rayos solares, se dice que están en sombra propia (en este caso, serían las fachadas norte y oeste).

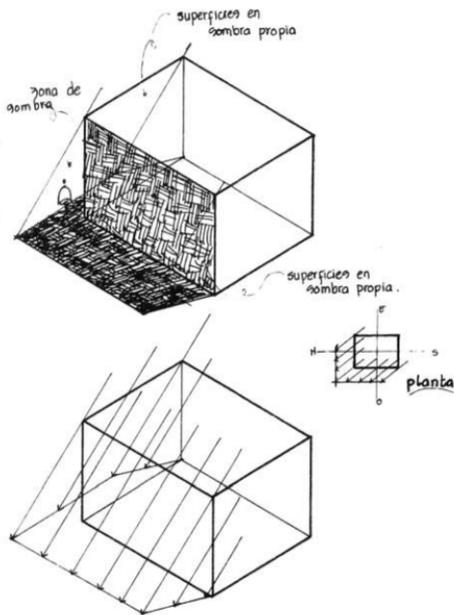
b) Para determinar la sombra que arroja un volumen.

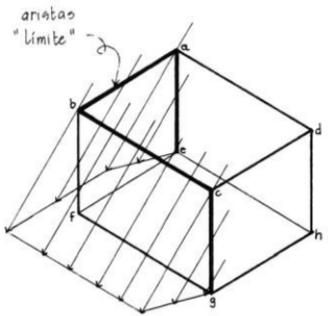
Primamente habría que entender, como se produce dicha zona de sombra ...

Cuando los rayos solares inciden sobre un objeto con una forma determinada, mientras algunas superficies reciben este "baño de luz", otras no lo pueden hacer, y se dice que están en sombra propia.

Asimismo, el objeto "arroja" una zona de sombra tridimensional, hacia cierto sector del entorno (dependiendo de la dirección de los rayos solares), en donde se percibirá cierta penumbra, ya que los rayos del Sol no pueden llegar hasta dicha zona.

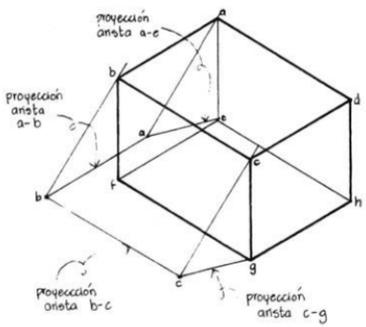
Esto se debe a que los rayos solares, al pasar por los límites del cuerpo que le son tangentes, pueden iluminar lo que está fuera de esta zona de penumbra, pero ninguno de ellos puede incidir dentro de la sombra, ni iluminar esta zona.





En nuestro caso, nuestro volumen es una forma geométrica paralelepípeda, y los límites por los que pueden pasar los rayos solares estarán claramente definidos por las aristas de los fachados norte y oeste (que están en sombra propia).

Siendo estas aristas los límites por donde los rayos solares pueden pasar (y provocando la zona de sombra en donde se está "a salvo" de los rayos), podemos notar que sobre el pavimento se forma una área sombreada, cuya forma se define por la proyección de las distintas aristas "límite".



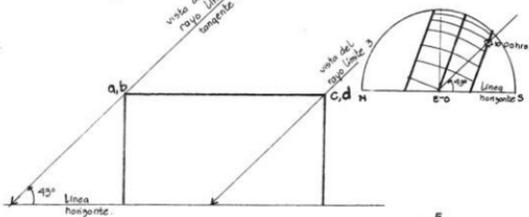
Claro está, dependiendo de la forma del objeto, si es de forma geométrica, con volúmenes cúbicos, cilíndricos, redondeados, piramidales, formas orgánicas, etc. se va a producir una forma determinada de zona de sombra y de área sombreada en el pavimento. Lo más importante será tener presente cuales son las aristas tangentes a los rayos solares, para determinar el área sombreada.

1. Para determinar la zona de sombra que arroja nuestro volumen "ideal" a las 10:00 hrs. del Solsticio de Invierno, en la Cd. de México... identificar en planta y alzado cada uno de los puntos del volumen, que conforman sus aristas.



vista del  
rayo límite 1, 2  
tangente al punto a y b.

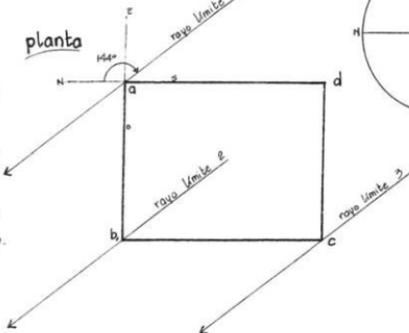
2. En lugar de hacer pasar rayos solares (en planta y en alzado, con la misma dirección del rayo solar representativo correspondiente), a todo lo largo de las aristas "límite" (que proyectarán el área sombreada en el pavimento), solo trazamos los rayos "límite" que pasen por puntos extremos de cada arista (ejemplo: para la arista a-b, solo hacer pasar un rayo a través del punto a, y otro por el punto b).



alzado N-S

3. De esta forma, en planta, trazaremos los rayos solares límite 1 (que pasa por el punto a), el rayo límite 2 (que pasa por el punto b), y el rayo límite 3 (que pasa por el punto c).

planta

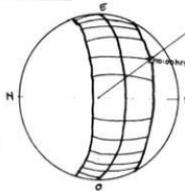
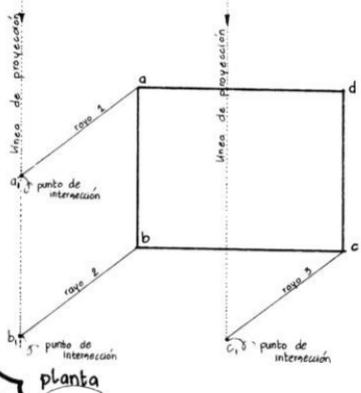
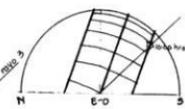
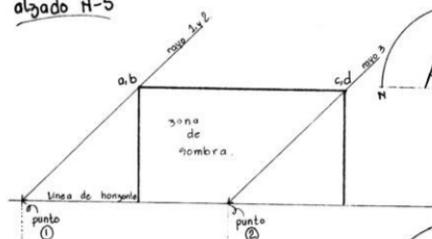


Y, en el alzado, podremos observar estos rayos (1, 2, 3), en la vista frontal de los mismos.

# SOL — medio ambiente

e n a t u r a l .

alzado H-S



4. Para obtener el límite de la zona sombreada en alzado :

Prolongar los rayos solares límite, hasta que toquen la línea de horizonte. la zona delimitada por esta línea, y los rayos será la zona de sombra.

5. Para obtener el límite de la zona sombreada en planta :

A partir de los puntos de intersección 1 y 2 en el alzado H-S (o sea, donde los rayos "chocan" con la línea de horizonte), trazar líneas de proyección verticales hacia la planta, hasta que interseccionen los rayos correspondientes que pasen por un mismo punto de los aristas límite (ejemplo, el rayo 1 y 2, que cuando intersecciona a la línea de horizonte, forman el punto 1), deben proyectarse hacia la planta, hasta interseccionar el rayo 1 y 2 vuelto en planta).

Identificar los puntos de intersección, según sea por el punto por donde pasa cada rayo. con las letras a, b, c,

6. Como ya se mencionó, en la planta se demuestran observar el área sombreada en el pavimento, cuyos límites se definen por la proyección de las aristas "V-  
mita" en el suelo.

Así, sólo restará unir el punto  $a_2$  con el punto  $b_1$  para formar la arista proyectada en el pavimento a-b.

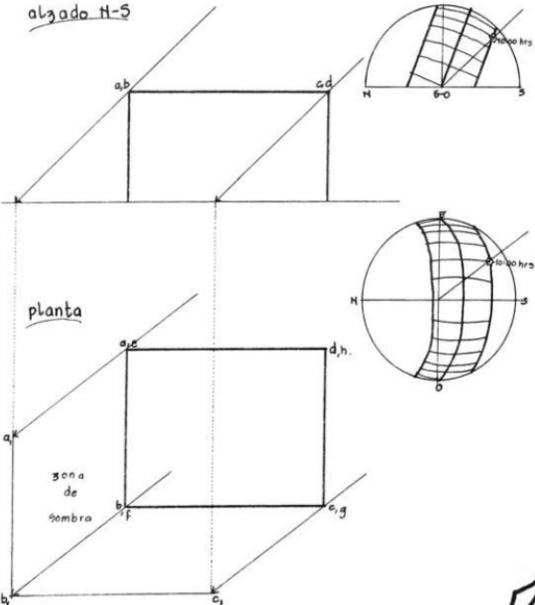
Unir  $b_1$  con  $c_1$  para obtener la proyección de la arista b,c.

La proyección de la arista c-g, se obtiene uniendo  $c_1$  con el punto  $c_2$ . Y la proyección de la arista a-e, uniendo  $a_1$  con el punto  $a_2$ .

El área contenida dentro de estos límites en planta será la vista en planta de la zona sombreada.



alzado N-S

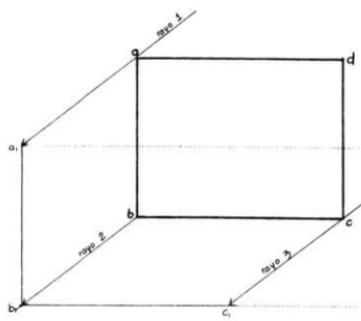
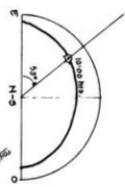
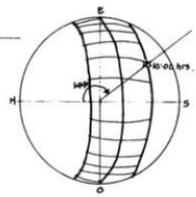
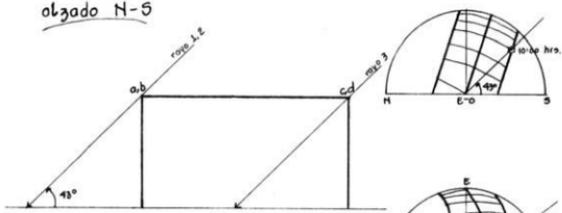


SOL

medio ambiente

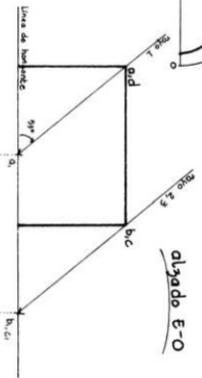
natural.

alzado N-S



línea de proyección

línea de proyección



alzado E-O

planta

7. El mismo procedimiento puede hacerse si en vez de usar un alzado H-S, utilizamos un alzado arquitectónico E-O del volumen, para lo cual tendríamos naturalmente que, trazar primero el alzado arquitectónico E-O, el alzado E-O de la bóveda celeste, y la vista en dicho alzado de la ruta solar correspondiente (en este caso la del Solsticio de Invierno), por el método ya descrito en cuadros anteriores.

Posteriormente, tendríamos que localizar la posición del Sol en dicho alzado a la hora y fecha indicados (10:00 hrs. solares), y obtener la dirección del rayo solar representativo (que en este caso en particular, formaría un ángulo con la línea de horizonte de aproximadamente  $53^\circ$ .)

Y, usando esta dirección del rayo, trazar en el alzado E-O rayos solares que pasen por los puntos que definen los anchos "límite" del volumen, hasta que toquen la línea de horizonte.

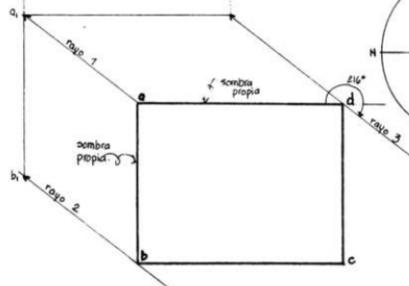
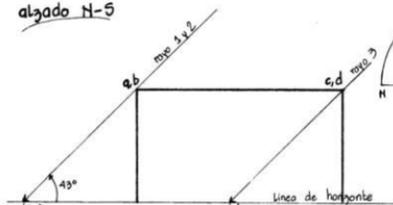
A partir de estos puntos de intersección trazar líneas de proyección horizontales hacia la planta del volumen, y hasta que intersecten los rayos respectivos que pasan por cada punto de cada

ancho límite.

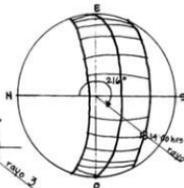
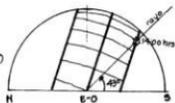
Unir los puntos de intersección (entre las líneas de proyección y los rayos solares límite en planta) para obtener la vista en planta de la zona de sombra.

Como se podrá notar, (ver gráfico, pág. anterior), la zona sombreada en planta, es la misma que la obtenida cuando se trabajó con el alzado H-S, de lo que se concluye, que podemos utilizar cualquiera de los 2 alzados para obtener la zona de sombra en planta (ya que sólo serán diferentes vistas de una misma zona sombreada).

alzado N-5



planta



B) Para determinar la zona de sombra en otra hora de la ruta solar.

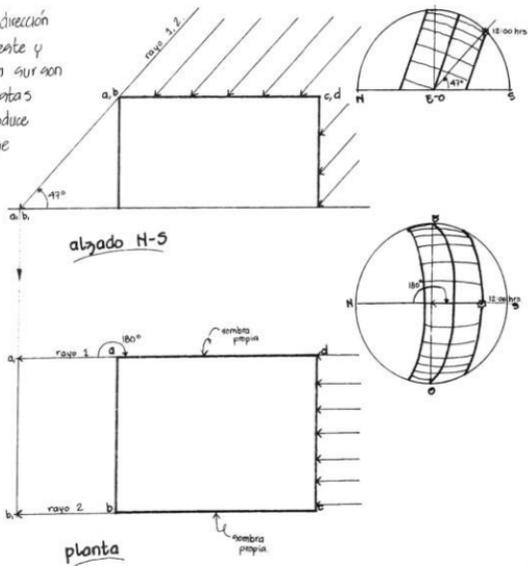
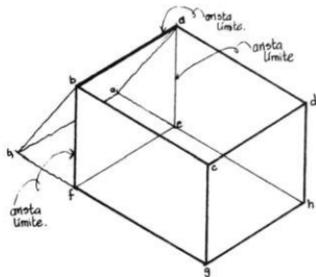
Supongamos las 14:00 hrs. solares de la misma ruta solar (Solsticio de Invierno).

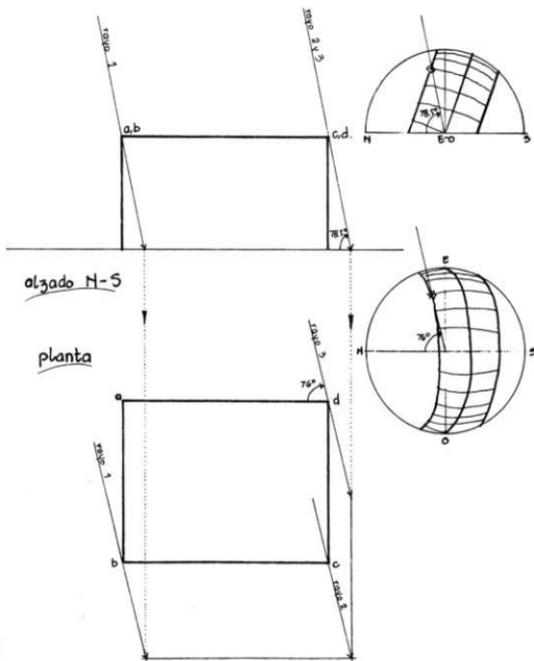
Localizar en planta y alzado de la Gráfica Solar la posición del Sol en la hora y fecha indicados. Obtener en ambos vistas la dirección del rayo solar representativo.

Con esta misma dirección, trazar líneas (rayos solares), que pasen a través de los puntos que definen los ambos límites, en alzado, hasta que toquen la línea de horizonte. Trazar líneas de proyección verticales hacia la planta, de estos puntos de intersección, hasta que toquen los rayos solares vistos en planta. Unir los puntos encontrados, y sombriear la zona resultante.

9.) Determinar la zona de sombra a las 12:00 hrs. solares de la ruta solar...

Seguir el mismo procedimiento. En esta ocasión, la dirección de los rayos es paralelo a la de los fachados este y oeste (ver planta), y solo el techo y la fachada sur son impactadas directamente por los rayos. Los límites solo serán a-b, a-e, b-f., lo que produce la forma especial de zona sombreada que se observa en planta.





- 10). Determinar la zona sombreada en cualquier otro momento de cualquier otra ruta solar...

Sólo es necesario conocer la dirección de los rayos solares en el momento específico que se indica. y con esa dirección, tanto en planta como en alzado, trazar los rayos "límite", siguiendo el procedimiento descrito: cuando los rayos "límite" en alzado "chocan" con la línea de horizonte, encontrar estos puntos de intersección, y a partir de ellos trazar líneas de proyección hacia la planta, hasta intersectar el rayo correspondiente.

# medio ambiente natural.

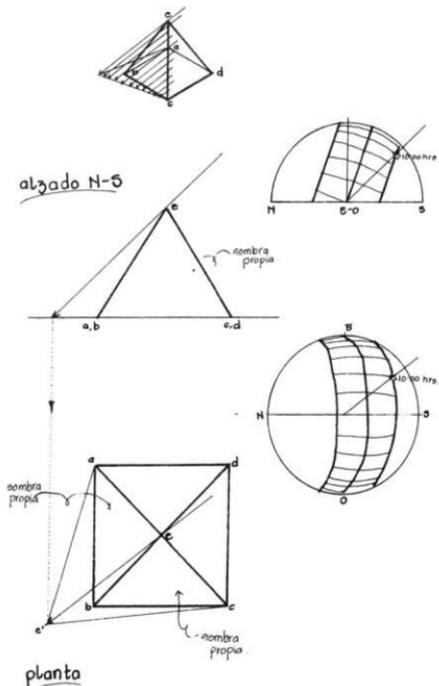
# SOL

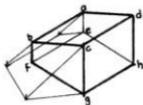
11) Para determinar la sombra en cuerpos de diferentes formas.

Cada volumen con una forma determinada "araja-rá" una zona de sombra acorde a la forma del volumen, y el diseñador debe identificar cuales son las aristas límite por donde los rayos pueden pasar y proyectar la sombra.

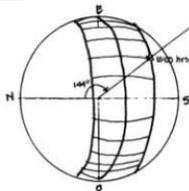
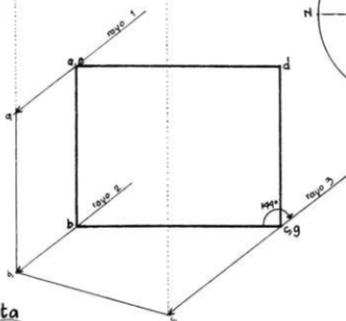
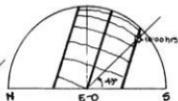
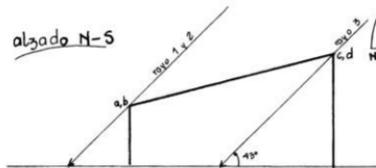
En el caso de una pirámide, por ejemplo, y con una dirección de los rayos (en planta y alzado N-S) a la hora 10:00 hrs. solares de la fecha Solsticio de Invierno en la Cd. de México, notaremos que las aristas límite de una pirámide "ideal" (con cada cara orientada hacia cada punto cardinal), serían las aristas a-e, y e-c. Por lo tanto, sólo hay que trazar el rayo límite que pase por e (el vértice), y "choque" con la línea de horizonte, en el alzado N-S; trazar una línea de proyección a partir de este punto hacia la planta, hasta intersectar el rayo límite que pase por e en planta, y en esta vista unir e, con a y con c, para obtener la vista de la zona sombreada en planta.

Las caras a,b,e. y b,e,c, estarán en sombra propia.





alzado N-S



12) En el caso de un prisma truncado, por ejemplo, (que bien pudiera ser el caso de una vivienda con un techo inclinado), tendríamos que seguir el mismo procedimiento: identificar los aristas límite, que en este caso, y para el momento en específico, (ejemplo de invierno, 10:00 hrs. solares, Cd. de México), serían a-e, a-b, b-c, y c-g, y hacer pasar por los puntos que definen cada arista (a, b, c), los rayos solares límite.

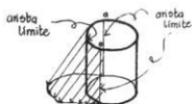
En el alzado N-S se sigue el procedimiento usual, y en planta, una vez localizado los puntos a, b, y c, sólo restará unirlos para obtener la proyección de la sombra de cada arista límite (a-b y b-c; la proyección de a-e se logra con la misma proyección del rayo 1, y la proyección de c-g, con la del rayo 3).

13) Para formas cilíndricas, que no cuentan con aristas bien definidas a lo largo del plano que conforma el volumen, tendríamos primero que encontrarlas por medio de un trazo:

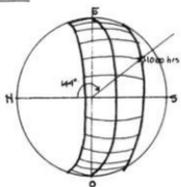
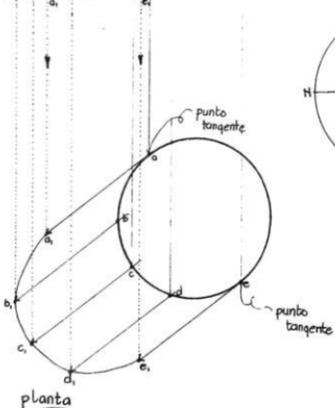
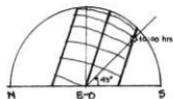
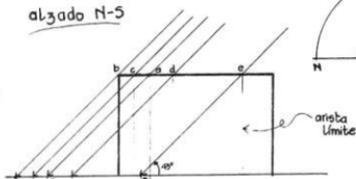
- en planta, con la misma dirección del rayo solar representativo; bajar 2 líneas tangentes a la circunferencia; los puntos tangentes, marcarán el inicio de las aristas límite en alzado.

Si seguimos el procedimiento acostumbrado, sólo tendríamos en planta y alzado, localizados los puntos  $a_1, e_1$ , de proyección de la sombra.

Entonces, hay que elegir puntos auxiliares sobre la arista curva a-e (a cualquier distancia), para trazar tanto en planta como en alzado "rayos solares" que marquen proyecciones intermedias de la sombra que arrojan la arista curva a-e. Mientras más puntos auxiliares utilizemos, mayor será la precisión para trazar la zona sombreada. Unir en planta todos los puntos de proyección de sombra de la arista curva a-e.

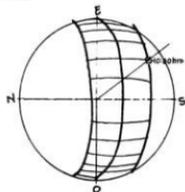
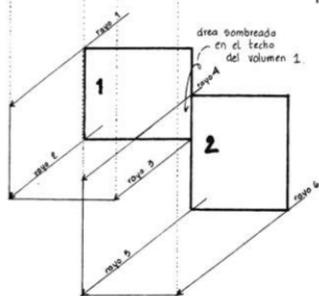
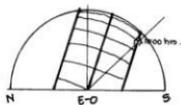
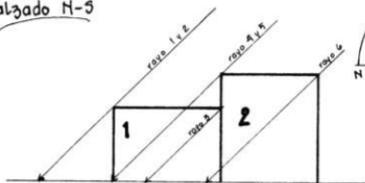


alzado N-S



planta

alzado N-S



14). Una vez comprendido a grandes rasgos, el mecanismo para obtener gráficamente las zonas de sombra que arroja un volumen, podremos entender como se produciría la sombra que arrojará un volumen compuesto: sencillamente se suman las zonas sombreadas.

En este caso en particular, también notaremos, al trazar la sombra, que el volumen 2 arrojará una sombra que se proyectaría incluso sobre el techo del volumen 1, por lo que habrá que ser cuidadosos, y estar atentos por si alguna parte más alta del propio volumen genera áreas sombreadas sobre otras partes del mismo volumen.

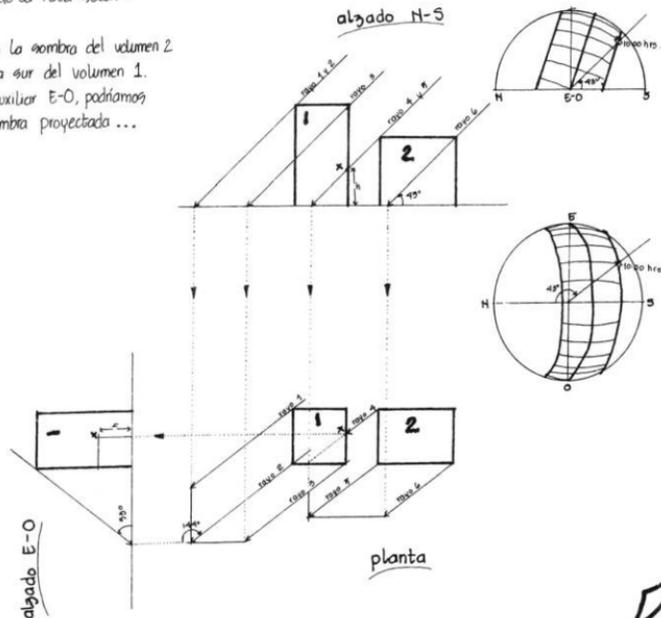
planta

ambiente natural.

SOL

15) Usando el mismo procedimiento, podemos prever la sombra que un volumen puede arrojar sobre otro, en un momento determinado de la ruta solar:

En este ejemplo, se nota como la sombra del volumen 2 se proyecta sobre la fachada sur del volumen 1. Si trazáramos un alzado auxiliar E-O, podríamos observar la forma de la sombra proyectada...

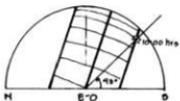
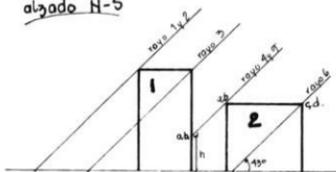


SOL

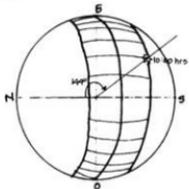
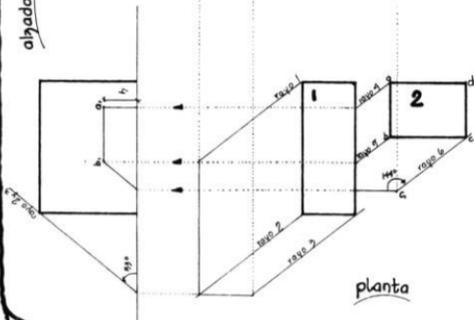
medio ambiente

natural.

alzado N-S



alzado E-O



16) La forma y dimensión de la sombra que un volumen puede arrojar sobre la fachada de otro, depende del tamaño de ambos, de la separación que exista entre ellos, y de la proyección de los ángulos límite de uno sobre el otro.

En este caso, el volumen 2 arrojará una sombra tal, que no solo se observará en la fachada sur del volumen 1 la proyección de la arista a-b, (del volumen 2), sino incluso una parte de la arista b-c.

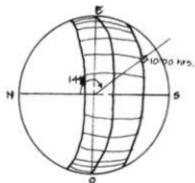
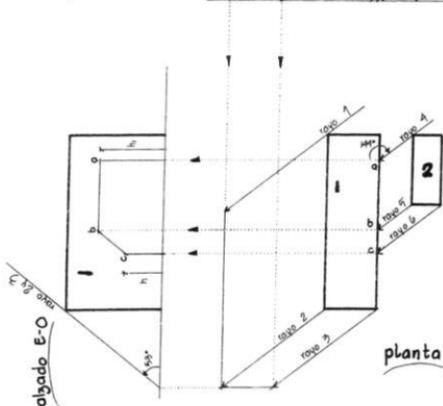
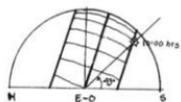
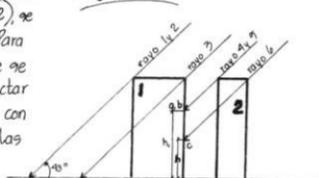
# ambiente natural. SOL

medio ambiente

17) Cuando gran parte de la sombra se proyecta sobre la fachada del volumen contiguo...

En este ejemplo, los rayos 4, 5, 6 (que pasan por puntos que definen las aristas límites del volumen 2), se proyectan sobre la fachada sur del volumen 1. Para encontrar la forma de la zona sombreada que se proyecta en el volumen 1, sólo habría que proyectar los puntos a, b, c, (de intersección de los rayos con el volumen 1), hacia el alzado E-O, y tomar las alturas respectivas en el alzado N-S.

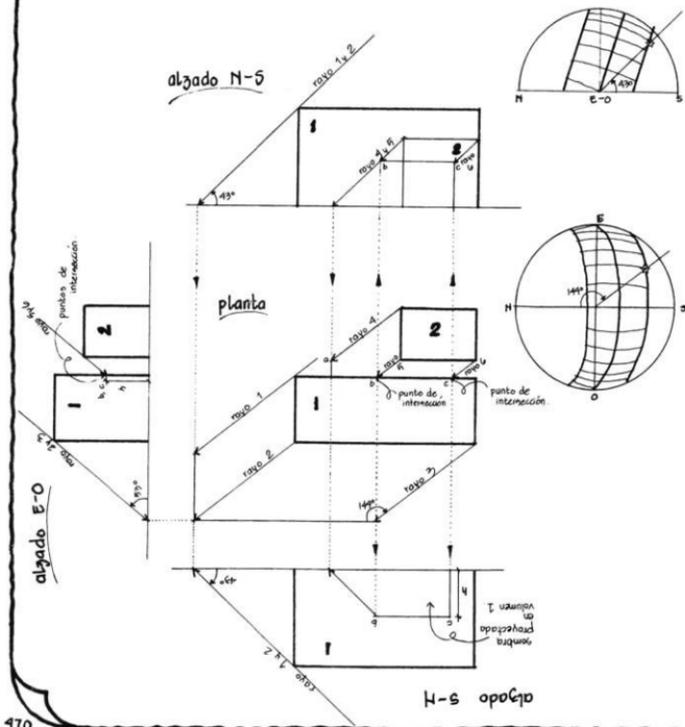
alzado N-S



# SOL

# medio ambiente

observar.

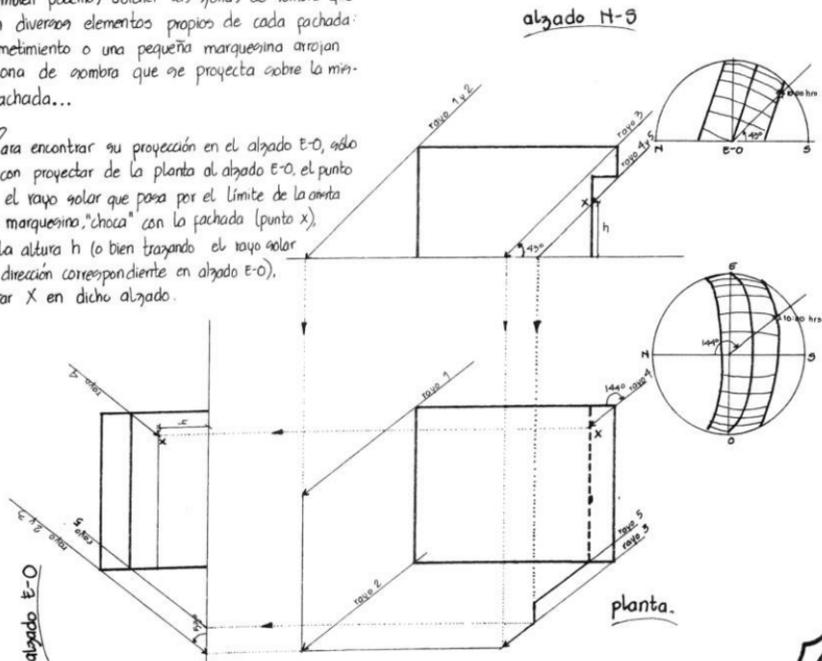


1b) Podemos aprovechar los diferentes vistos ortogonales de la Gráfica Solar, y de los volúmenes, para trazar las zonas de sombra que arroja un volumen, y que se proyecta sobre la fachada de un volumen contiguo ...

# medio ambiente natural. SOL

19) También podemos obtener las zonas de sombra que arrojan diversos elementos propios de cada fachada: un rematamiento o una pequeña marquesina arrojan una zona de sombra que se proyecta sobre la misma fachada...

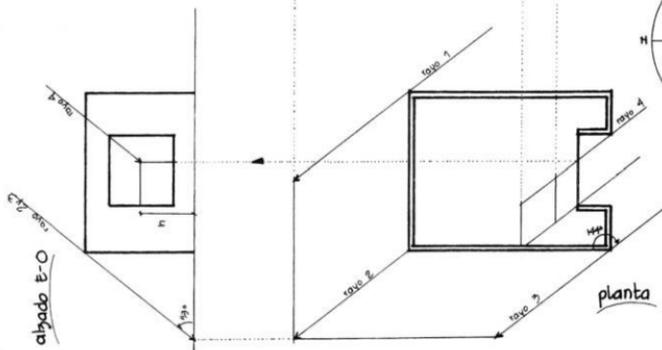
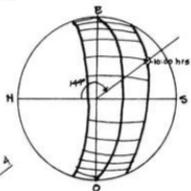
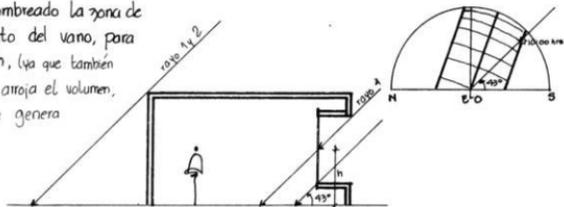
Para encontrar su proyección en el alzado E-O, solo basta con proyectar de la planta al alzado E-O, el punto donde el rayo solar que pasa por el límite de la cinta de la marquesina, "choca" con la fachada (punto X), y con la altura  $h$  (o bien trazando el rayo solar con la dirección correspondiente en alzado E-O), encontrar X en dicho alzado.



20) Una ventana rematada también puede provocar diversos efectos de sombra en una fachada...

En este ejemplo, sólo se ha sombreado la zona de sombra provocada por el rematamiento del vano, para una mayor claridad de comprensión, (ya que también se ha trazado la zona de sombra que arroja el volumen, y la zona de iluminación interior que genera el vano).

alzado N-S

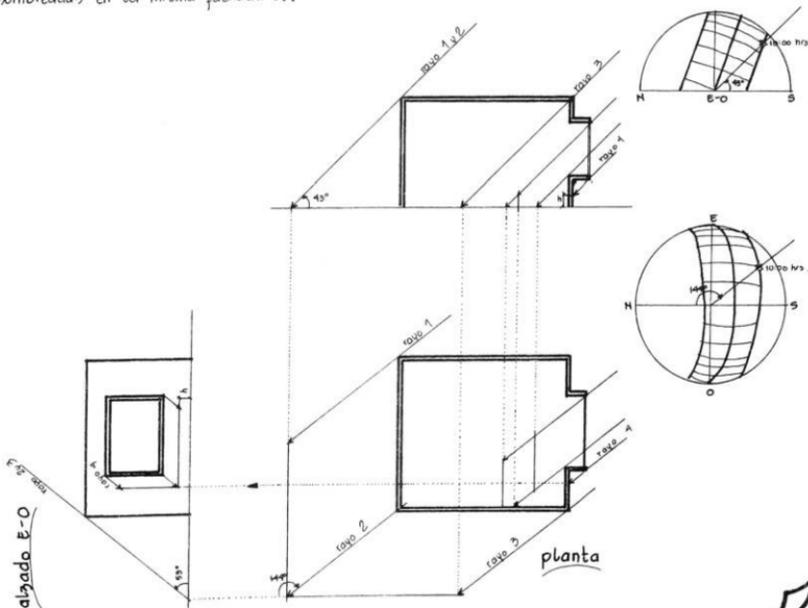


# medio ambiente natural.

# SOL

21) Cualquier elemento "adornado" a una fachada (ventana sobresaliente, pérgolas, etc.) también genera zonas sombreadas en la misma fachada ...

alzado N-S



## CONCLUSION.

Uno de los efectos más importantes que genera la incidencia de los rayos solares en un volumen arquitectónico, es la creación de las zonas de sombra en el espacio circundante al volumen.

La forma, dimensión y orientación de la zona sombreada depende tanto de la particular dirección que poseen los rayos solares en una hora y fecha determinados, así como de la forma, dimensión del volumen y de los diversos elementos que pueda presentar una fachada (aleros, marquesinas, ventanas rematadas, etc.).

Los estudios de sombras pueden ser muy importantes para prever la orientación y forma de los espacios que se han de diseñar (ya que incluso podemos prever qué espacios exteriores estarían protegidos de los rayos del Sol según la hora del día, en las diferentes fechas del año); también se puede prever el impacto que tendrán construcciones aledañas en el soleamiento de nuestro predio, ya que quizá puedan obstruir el paso de los rayos solares en determinadas épocas del año solar.

En este cuadro se han mostrado solo al-

gunos ejemplos de las diferentes zonas sombreadas que pueden generar algunos volúmenes con una forma determinada (y mostrando el método para trazarlos), y sería interminable tratar de mostrar todas las variables posibles, ya que se pueden usar formas geométricas, orgánicas, con vanos rematados, con aleros, etc. para diseñar un espacio

lo más importante será entonces que el diseñador esté atento a los diferentes efectos que se originan cuando un volumen es bañado por la luz solar: surge un mágico juego de luces y sombras que continuamente se están transformando según el aparente movimiento del Sol en la bóveda celeste que determina la particular dirección de los rayos solares en un momento dado.

medio amb

iente natural.

SOL

# CUADRO Núm. 6

"Obtención de los ángulos de  
altura y acimut."

En muchas ocasiones, es necesario realizar estudios de anealamiento a espacios o volúmenes arquitectónicos que no presentan orientaciones exactamente hacia el Norte, Sur, Este u Oeste (sino un poco desviadas al noreste, suroeste, etc.); para ello tendríamos que realizar ciertos procedimientos de Geometría Descriptiva, auxiliándonos de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, para obtener las zonas de sombra, las zonas de iluminación interior, el impacto de los rayos solares en un elemento a determinada hora y fecha del año, etc.

Una alternativa a estos procedimientos es el uso de los ángulos de altura y acimut (las coordenadas solares), que constituyen asimismo otra referencia para poder determinar el comportamiento del movimiento solar en un sitio (en base a las coordenadas horarias del Sol en las rutas más significativas del año).

Los ángulos de altura y acimut pueden ser obtenidos directamente de diversas fuentes bibliográficas, o por métodos matemáticos, programas computacionales o ser leídos en gráficas solares de otro tipo. También pueden obtenerse mediante sencillos procedimientos de dibujo, a partir de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal. A continuación describiremos éstos procedimientos que pueden ser de gran utilidad, sobre todo cuando sólo contamos con este tipo de gráfica como única fuente de información relacionada con el movimiento solar en el sitio.

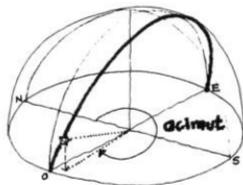
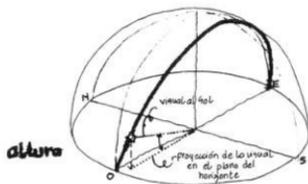
## CUADRO Núm. 6

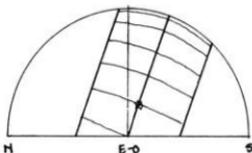
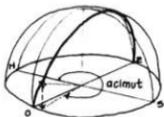
## "Obtención de los ángulos de altura y acimut."

El ángulo de altura se define como uno de las coordenadas solares que se expresa mediante el ángulo que forma la visual al Sol (línea imaginaria que une al Sol con el centro de la bóveda - que sería la misma línea que la del rayo solar representativo-), y la línea que marcaría la proyección de esta visual o rayo solar representativo sobre el plano del horizonte. Su valor oscila entre los  $0^\circ$  (cuando el Sol se le caliza en el mismo plano del horizonte) y los  $90^\circ$  (cuando la visual al Sol fuera perpendicular al plano del horizonte).

El ángulo de acimut se refiere al ángulo que se forma entre la línea que representa la proyección de la visual al Sol en el plano del horizonte, y la línea N-S de la bóveda celeste. Su valor oscila entre los  $0^\circ$  y los  $360^\circ$ , y se cuenta a partir del Norte hacia la derecha, en el mismo sentido que el movimiento de las manecillas del reloj.

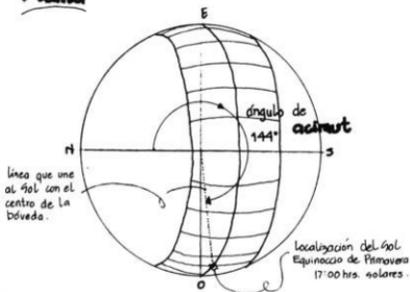
Ambos ángulos son útiles para lograr esta-





Alzado N-S

Planta



cer un sistema de coordenadas celestes que permitan identificar la localización aparente del Sol en la bóveda celeste del lugar.

Para obtener estos coordenados, a partir de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal (la que hemos venido utilizando en el presente documento), seguir estas indicaciones:

1. Para obtener el ángulo de **acimut**.

Se localiza la posición del Sol en la planta de la Gráfica Solar en la ruta y hora en que se desea obtener el ángulo. (supongamos el Equinoccio de Primavera a las 17:00 hrs. solares, en un sitio como La (A de México).

Se une esta localización del Sol en planta con el centro de la bóveda (se obtiene así la dirección del rayo solar representativo ó visual al Sol).

Se mide el valor del ángulo que forma la línea obtenida y el eje N-S de la bóveda celeste (partiendo del Norte a la derecha). En este caso, el valor del ángulo de acimut sería de  $144^\circ$ .

# ambiente natural.

## medio

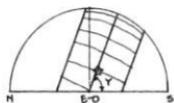
# SOL

2. Para obtener el ángulo de altura.

El ángulo de altura del Sol no puede tomarse directamente del alzado N-S de la bóveda celeste, (tomando la localización del Sol en la bóveda con el centro de la misma), ya que el ángulo que se obtiene sería el ángulo de proyección vertical  $Y$ , y no el ángulo de altura  $h$  buscado.

Esto se debe a que en el alzado N-S no se puede visualizar en verdadera forma y magnitud este ángulo, ya que el plano del alzado N-S no es el mismo plano virtual en el que tendría que medirse el ángulo de altura para obtener una lectura correcta.

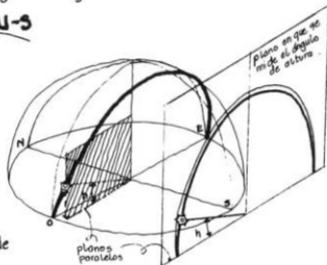
Lo que se tendría que hacer es un cambio de planos (geometría descriptiva) para tener un alzado de la bóveda que esté en el mismo plano del ángulo de altura (Ver pag. sig.) Para ello podemos proceder con el mismo método que se ha usado para trazar alzados auxiliares E-O, así que ahora, el plano del horizonte debe ser paralelo a la línea visual al Sol ó rayo solar representativo visto en planta. (Ver pag. sig.)



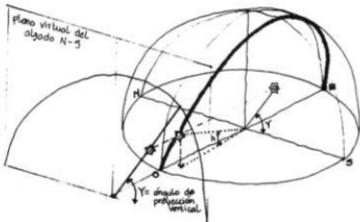
alzado N-S

$Y$  = ángulo de proyección vertical.

no es el ángulo de acimut



$h$  = ángulo de altura.



# SOL

# medio ambiente

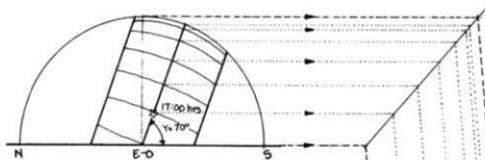
e natural.



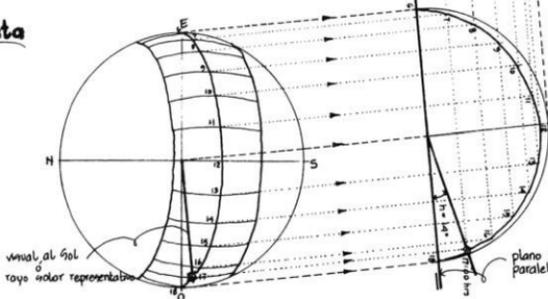
Notese como la diferencia entre  $Y$  y  $h$  puede ser muy importante, ya que si tomáramos el valor que supuestamente sería de altura en el alzado N-S (que sería en realidad el de proyección vertical), éste sería de  $70^\circ$ , mientras que el valor verdadero (obtenido con el alzado auxiliar) es de  $14^\circ$ .

ángulo  $Y = 70^\circ$

Alzado N-S



Planta



alzado auxiliar

ángulo  $h = 14^\circ$   
(altura)

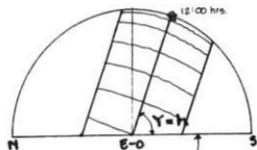
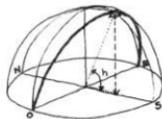
visual al Sol  
rayo solar representado

plano de horizonte  
paralelo a visual al Sol.

El único valor de altura ( $h$ ) correcto que podemos tomar directamente del alzado N-S de la Gráfica Solar de proyección ortogonal, es el que corresponde al ángulo que se forma al mediodía (12:00 hrs. solares) entre la línea que une la localización del Sol y el centro de la bóveda, y la línea que representa el plano del horizonte en el alzado N-S.

Este ángulo  $Y$ , será entonces igual al de  $h$ , ya que el alzado N-S estará en el mismo plano del ángulo de altura. (para el mediodía de todas las fechas del año).

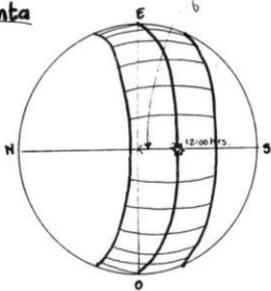
Ahora bien, como sería bastante trabajo estar trazando alzados auxiliares para obtener los diferentes ángulos de altura horarios en los diferentes rumbos, podemos utilizar un procedimiento de dibujo más simple que permita obtener los datos correctos de altura del Sol (una vez que ha quedado mostrado el por qué no se pueden tomar directamente del alzado N-S de la Gráfica Ortogonal). Ver sig. pág.



Alzado N-S

plano de horizonte paralelo a la visual al Sol.

Planta

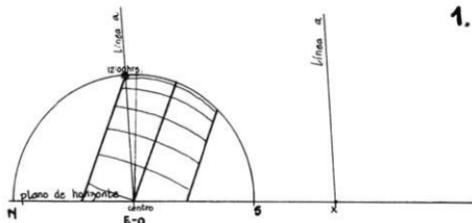


# SOL medio ambiente

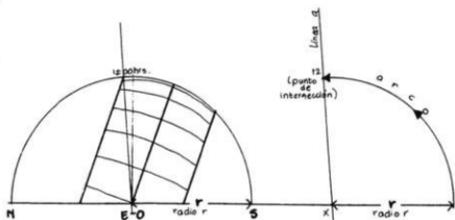
## Procedimiento. (a).

1. Para calcular los datos de altura horaria de la ruta Solsticio de Verano :

- a). En el alzado N-5 de la Gráfica Solar Orto gonal, trazar una línea que sea la prolongación de la línea que representa el plano del horizonte.
- b). Tomar un punto X sobre esta línea.
- c). Trazar una línea que una la posición del Sol a las 12:00 hrs. solares de la ruta Solsticio de Verano con el centro de la bóveda.
- d). A partir de X trazar una línea paralela a la línea anterior. (llamémosle línea a).
- e). Con el mismo radio r que representa el alzado N-5 de la Gráfica Solar, trazar a partir de X un arco que interseca finalmente a la línea a.
- f). Encontrar el punto de intersección y asignarle el número 12.



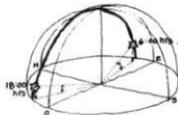
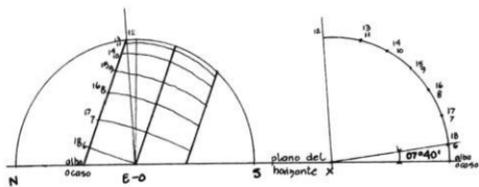
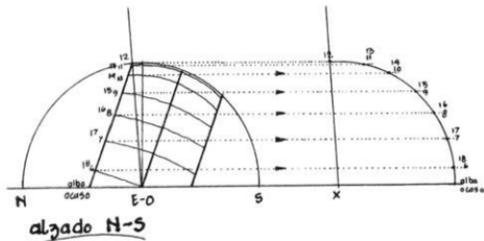
alzado N-5



alzado N-5

(a) Según: Arquitecturas Habitacional. Vol. 1. A. Plazaola. Ed. Limusa. México, 1990. pp. 204.

- g) Trazar líneas de proyección horizontales a partir de las localizaciones horarias del Sol en la ruta Solsticio de Verano, de la Gráfica Solar hasta que intersecten el arco.
- h) Encontrar los puntos de intersección y asignarles a cada uno el número (h) correspondiente a la localización horaria de la que proceden.
- i) Trazar una línea que una cada punto de intersección del arco con el punto X y medir el ángulo que forma esta línea con la línea que representa el plano del horizonte. Este valor será el del ángulo de altura para cada hora marcada (ejemplo: ángulo de altura para las 6:00 y las 18:00 hrs. en la ruta Solsticio de Verano =  $07^{\circ}40'$ )
- j) Tomar en cuenta que debido a la simetría de la ruta solar, las localizaciones horarias "simétricas" tendrán el mismo valor de altura.

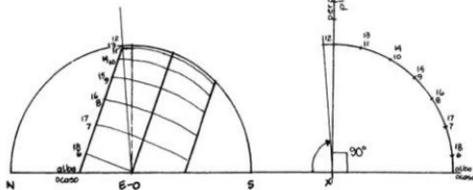


mismo ángulo de altura para 2 localizaciones horarias "simétricas".

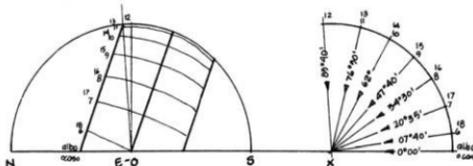
SOL

medio ambiente

natural.



alzado N-S



alzado N-S

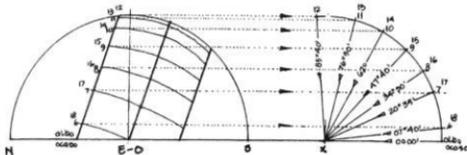
K) Cuando el valor del ángulo rebasa los  $90^\circ$ , en el sentido en el que se va midiendo, tomar la medida del ángulo complementario (ya que el valor máximo es de  $90^\circ$ , que se daría solo si el ángulo fuera perpendicular al plano del horizonte). En este caso, como el valor de altura a los 12:00 hrs. rebasaría los  $90^\circ$ , (sea de  $94^\circ 20'$ ), se toma el del ángulo complementario ( $85^\circ 40'$ ).

L) Marcar cada uno de los valores de los ángulos de altura para cada localización horaria, de la ruta Solaricio de Verano (en este caso, las aproximaciones en segundos fueron tomadas de: "Arquitectura Habitacional", A. Payola. Ed. Limusa, México, 1990, pp. 213"; de cualquier manera, tratar de tomar los ángulos de altura más exactos posibles).

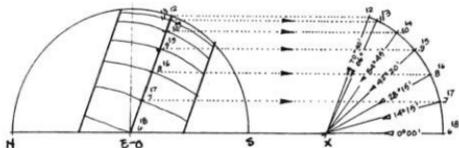
- 2). Para obtener los ángulos horarios de las rutas **Equinoccios y Solsticio de Verano** (y en general para cualquier otra ruta), seguir el mismo procedimiento. Estos datos pueden ser vaciados en tablas, junto con los datos de acimut, para completar las coordenadas horarias del Sol en los fechas más significativas del año solar. (Ver pág. )

ángulos de altura horarios.  
(para la Cd. de México) :

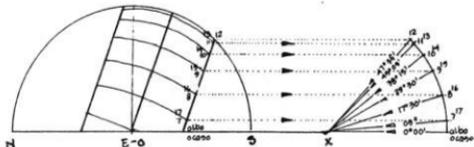
**SOLSTICIO  
VERANO**



**EQUINOCIOS**



**SOLSTICIO  
INVIERNO**



SOL

medio ambiente

natural.

SOLSTICIO DE VERANO		
Hora	Altura	Acimut
6:34 (alba)	00°00'	64°30'
6:00	07°40'	68°00'
7:00	20°35'	72°00'
8:00	34°30'	74°30'
9:00	47°40'	76°44'
10:00	62°00'	78°00'
11:00	76°40'	79°00'
12:00	89°40'	180°00'
13:00	76°40'	209°00'
14:00	62°00'	232°00'
15:00	47°40'	255°19'
16:00	34°30'	281°30'
17:00	20°35'	288°30'
18:00	07°40'	292°00'
18:34 (cruce)	00°00'	299°30'

EQUINOCCIOS		
Hora	Altura	Acimut
6:00 (alba)	00°00'	90°00'
7:00	14°15'	99°30'
8:00	28°19'	101°20'
9:00	42°25'	103°50'
10:00	54°41'	120°30'
11:00	64°00'	142°20'
12:00	76°40'	180°00'
13:00	88°50'	217°40'
14:00	94°41'	239°30'
15:00	92°20'	257°10'
16:00	88°19'	278°40'
17:00	84°15'	284°30'
18:00	80°00'	270°00'

SOLSTICIO DE INVIERNO		
Hora	Altura	Acimut
6:34 (alba)	00°00'	118°20'
7:00	09°00'	117°25'
8:00	17°30'	123°00'
9:00	24°30'	127°40'
10:00	30°16'	144°25'
11:00	45°05'	160°20'
12:00	47°54'	180°00'
13:00	25°25'	199°50'
14:00	30°16'	216°30'
15:00	24°30'	227°20'
16:00	17°30'	236°04'
17:00	09°00'	248°25'
17:26 (cruce)	00°00'	244°40'

datos horarios de altura y acimut  
en las rubas solares más  
significativas del año  
para un sitio como

La Cd. de México. (1)

(1) baseos de: Arq. Habitacional. A. Plazola.  
Ed. Umusa. México 1990. pp. 270.

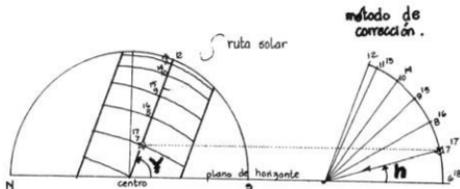
CONCLUSION.

Es muy importante que el diseñador pueda entender la diferencia entre los conceptos que se usan para definir la localización aparente del Sol en un sitio en una hora y fecha determinadas :

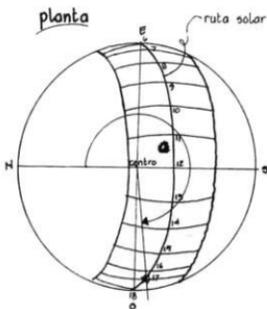
Las coordenadas solares se definen como un sistema de coordenadas celestes que

- a) marcan el ángulo que forma la visual al Sol (línea imaginaria entre el Sol y el centro de la bóveda) con el plano del horizonte. Esto conforma el ángulo de altura
- b) El ángulo que forma la proyección horizontal de dicho visual y la línea N-S en el plano del horizonte. Esto conforma el ángulo de acimut.

La lectura de estas coordenadas solares puede hacerse a partir de una Gráfica Solar de Proyección Ortogonal : el ángulo de acimut se toma directamente de la vista en planta de la bóveda celeste, trazando una línea que une la localización del Sol con



alzado N-S



$\gamma$  = ángulo de proyección vertical.

$h$  = ángulo de altura.

$\alpha$  = ángulo de proyección horizontal o ángulo de acimut.

$\alpha_s$  = localización del Sol a una hora y fecha determinados.

el centro de la bóveda, y tomando el valor del ángulo que forma esta línea, con la línea N-S.

Para la obtención del ángulo de altura, es necesario realizar "correcciones" en el alzado N-S de la Gráfica Solar al ángulo que forma la línea visual al Sol (línea que une la localización del Sol con el centro de la bóveda), y la línea que en el alzado N-S representa el plano del horizonte. Esta corrección se hace necesaria, ya que el ángulo formado por las 2 líneas mencionadas es en realidad un ángulo de proyección vertical, y no el ángulo de altura.

La obtención de los ángulos de altura y acimut puede hacerse para cada localización horaria del Sol en las rutas solares más significativas del año (aunque ya conocido el método de obtención, se puede realizar para cualquier otra ruta solar), y vaciar la información en tablas de fácil lectura.

El conocimiento de estas coordenadas solares puede resultar muy útil para determinar el asoleamiento en un volumen como método alternativo al uso de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal que utiliza los ángulos de proyección horizontal.

(que es el mismo ángulo que el ángulo de acimut), y los ángulos de proyección vertical (que no son los mismos que los ángulos de altura), lo cual se verá explicado con mayor detalle en el cuadro siguiente (cuadro núm. 7).

medio ambiente natural.

SOL

## CUADRO Núm. 7

"determinación del amolecamiento para cualquier orientación."

# SOL medio ambiente

natural.

Además de conocer como se puede realizar un estudio de orientación para las 4 orientaciones principales (N,S,E,O), en un volumen cualquiera, localizado en un sitio con una latitud determinada (procedimiento explicado en los cuadros anteriores), también algunos veces es conveniente conocer como es que este análisis puede llevarse a cabo para volúmenes que no estén perfectamente orientados a los 4 puntos cardinales, sino que presenten una orientación cualquiera.

Para ello, podemos hacer uso de múltiples métodos (gráficos, matemáticos, computacionales, etc.). Entre los métodos gráficos describiremos 2 de ellos, que implican, por un lado, un uso de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal (de la que hemos hecho referencia continua en este apéndice), y de los ángulos de altura y acimut horarios del Sol por otro.

Ambos métodos implican el uso de procedimientos de dibujo, propios de la Geometría Descriptiva, para poder obtener gráficamente la incidencia de los rayos solares sobre una determinada orientación, así como las zonas de sombra y de iluminación interior (usando los procedimientos descritos en los cuadros anteriores) para las diferentes vistas de un volumen arquitectónico: plantas, fachadas y cortes.

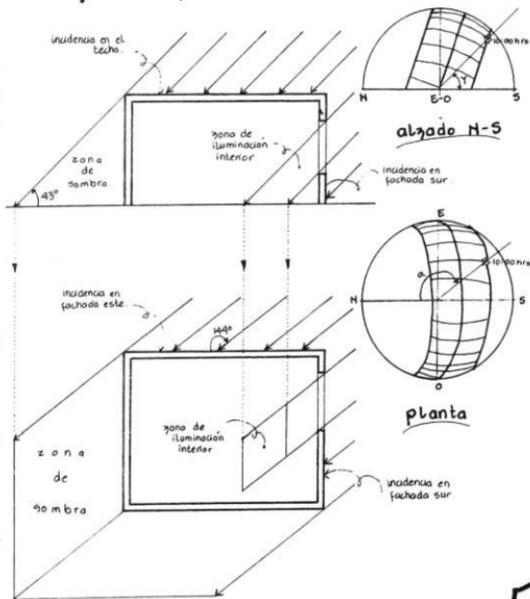
CUADRO Núm. 7.

"Determinación del Asoleamiento para cualquier orientación."

Cuando estamos realizando estudios de asoleamiento para volúmenes "ideales" con fachadas perfectamente definidas al Norte, al Sur, al Este o al Oeste, hacemos uso directo de los ángulos que forman la dirección del rayo solar representativo con el plano de horizonte (en alzado N-S), y con el eje N-S de la bóveda (en planta), y con ellas podemos obtener información sobre breaque superficies están incidiendo los rayos, las zonas de sombra que arrojan los volúmenes, las fachadas que están en sombra propia, y las zonas de iluminación que se generan en el interior si es que existe algún vano que permita, por su localización y dimensión, el paso de los rayos solares en un momento determinado de una ruta solar.

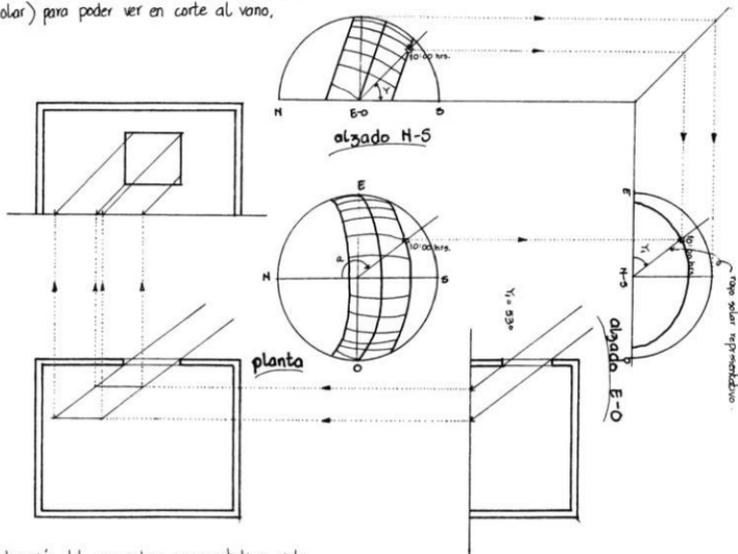
Ejemplo: Asoleamiento en un volumen ideal en la Cd. de México, con un vano al Sur, en la ruta Solsticio de Invierno, a las 10:00 hrs. solares.

$\gamma = 43^\circ$        $\alpha = 144^\circ$



# SOL medio ambiente e natural.

Incluso, cuando el vano no se puede ver en "corte" (requisito para poder obtener las zonas de iluminación interior), podemos trazar, un alzado auxiliar E-O (tanto al volumen, como a la Gráfica Solar) para poder ver en corte al vano,

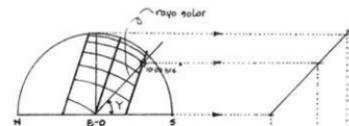


así como la dirección del rayo solar representativo, visto en alzado E-O.

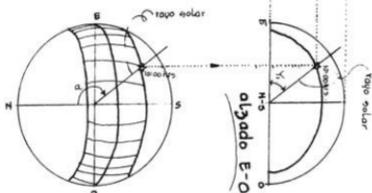
Como podemos notar en los anteriores estudios de aneamiento, tan sólo se trasladó gráficamente la dirección del rayo solar representativo, de la gráfica solar, hacia la planta y cortes arquitectónicos, basándose en los ángulos de proyección vertical ( $Y, Y_i$ ), o en el de proyección horizontal ( $a$ ).

Si relacionamos estos ángulos con los valores de altura y acimut, notaremos que, efectivamente en la planta, estamos utilizando el mismo valor de acimut ( $a$ ) para el Sol en una hora y fecha determinados, pero que en los alzados o cortes arquitectónicos, lo que estamos usando son los ángulos de proyección vertical ( $Y, Y_i$ ), y no el valor del ángulo de altura  $h$ .

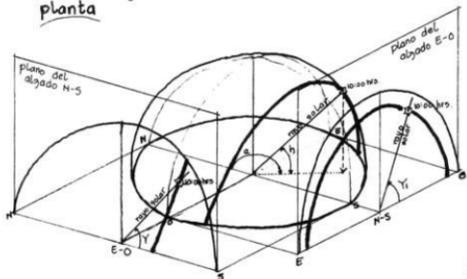
Lo que sucede es que, los planos N-S ó E-O en los que estamos determinando el aneamiento, no corresponden al mismo plano en el que se mide el ángulo de altura, por lo cual, podemos decir, que en casos del volumen "ideal", no hemos utilizado el valor de altura, porque no nos es útil, al obtener en forma gráfica el impacto de los rayos solares en el volumen. (y sólo necesitamos conocer los valores de los ángulos de proyección vertical  $Y, Y_i$ .)



alzado N-S



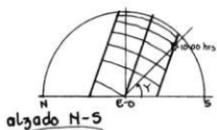
planta



$h$  = ángulo de altura.

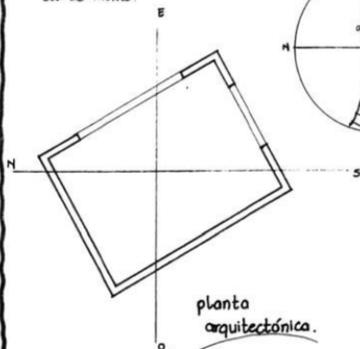
$Y$  = ángulo de proyección vertical en alzado N-S

$Y_i$  = ángulo de proyección vertical en alzado E-O.

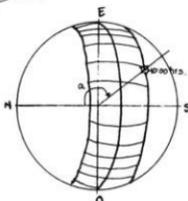


*ejemplo: volumen arquitectónico,  
cualquier orientación,  
vano al noreste y suroeste.  
determinar asoleamiento en la  
fecha Solsticio de Invierno  
a las 10:00 hrs. solares.*

*Ld. de México.*



planta



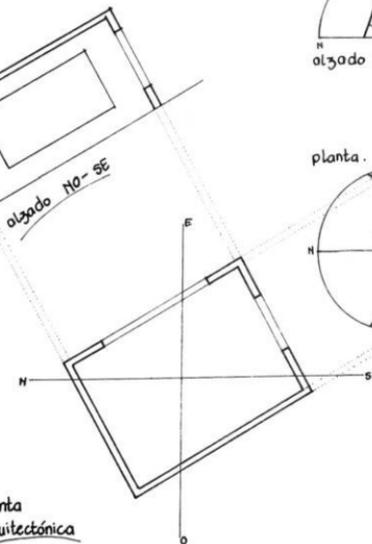
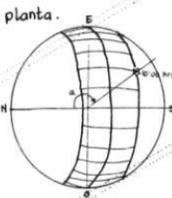
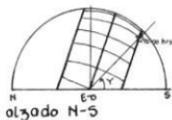
Sin embargo, si el volumen arquitectónico en el que se desea determinar el asoleamiento en una hora y fecha específicas, presenta fachadas que no estén precisamente orientadas al Norte, Sur, Este u Oeste, entonces el valor del ángulo de altura sí puede ser muy útil.

Si imaginamos un volumen orientado en forma diferente al volumen "ideal" (ilustrado en esta página), y quisiéramos determinar el asoleamiento a las 10:00 hrs. de la fecha Solsticio de Invierno, en forma puramente gráfica, a partir de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal, lo que tendríamos que hacer primeramente, sería "ordenar" nuestro volumen con la gráfica; de acuerdo a la orientación; lo que daría por resultado que la fachada o corte arquitectónico ortogonal a la planta no estuvieran en el mismo plano que el del alzado H-S de la gráfica solar; entonces lo que habría que hacer sería construir un nuevo alzado auxiliar de la bóveda celeste paralelo a la fachada o corte arquitectónico, y obtener en él la ruta solar deseada, así como la localización horaria del Sol, y finalmente obtener la dirección del rayo solar representativo, y el ángulo de proyección vertical en dicho alzado.

ambiente natural.

SOL

Método 1. Asoleamiento determinado con ayuda de la Gafica Solar.

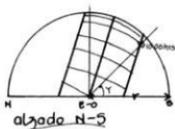
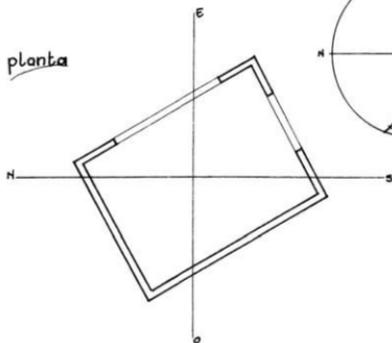


planta  
arquitectónica

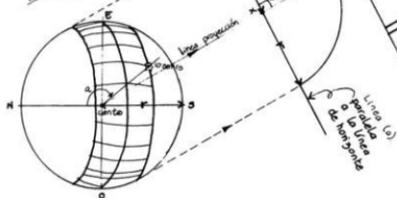
1. "Ordenar" la planta arquitectónica según la orientación que presente.
2. Trazar la(s) fachada(s) y/o corte(s) arquitectónicos en forma ortogonal a la planta.

3. Para determinar el aneamiento en el alzado NE-50 (ya que en él, el vano al sureste sí se aprecia en corte):

- Trazar una línea paralela a la línea de horizonte del alzado NE-50.
- Trazar línea de proyección perpendicular a la línea (a), desde el centro de la bóveda en planta, hasta que interese a la línea a. Nombrar este punto de intersección como (x).



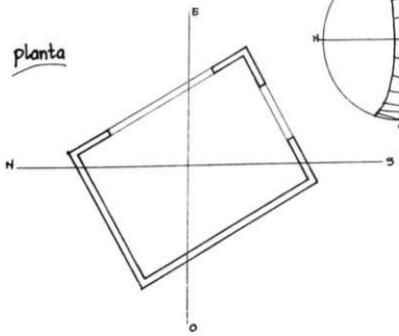
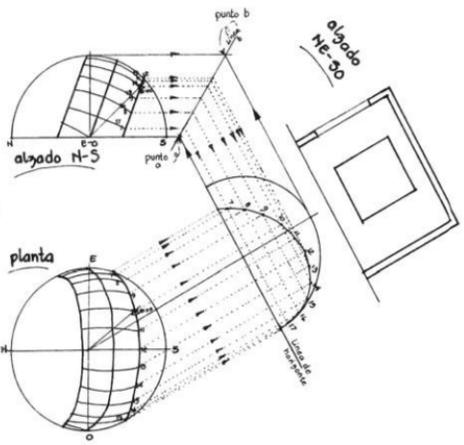
planta



- A partir del punto x, y con radio (r) (igual al que sirve para trazar la bóveda celeste en planta y alzado N-5), trazar un arco (semicírculo), que representará la vista de la bóveda celeste en el mismo plano que el alzado NE-50.

# medio ambiente natural. SOL

- d) Prolongar la línea de horizonte tanto del alzado N-S, como del alzado NE-SO de la bóveda, hasta que se intersecten, y obtener así el punto a.
- e) Trajar líneas de proyección paralelas a cada línea de horizonte, a partir del punto más alto de cada bóveda, hasta que se intersecten, y obtener el punto b.
- f) Unir el punto a con el punto b con una línea, y obtener así la línea b.

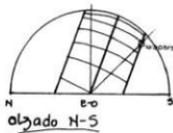


- g) Trajar líneas de proyección paralelas a la línea de horizonte a partir de cada localización horaria del Sol durante la ruta Solsticio de Invierno hasta que intersecten la línea b, en el alzado N-S.
- h) Trajar a partir de los anteriores puntos de intersección líneas de proyección paralelas a la línea de horizonte del alzado NE-SO.
- i) Trajar líneas de proyección perpendiculares a la línea de horizonte del alzado NE-SO, a partir de cada localización horaria del Sol en la ruta Solsticio de Invierno en planta hacia el alzado NE-SO. Encantar los puntos de intersección corres-

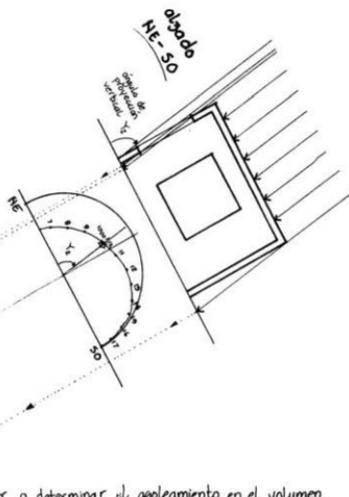
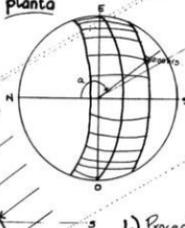
pendientes a una misma Localización horaria del Sol.

j) Unir con ayuda de un curvógrafo o a mano alzada los diferentes puntos encontrados. Así obtendremos la ruta solar Solsticio de Invierno vista desde el mismo plano del alzado NE-50.

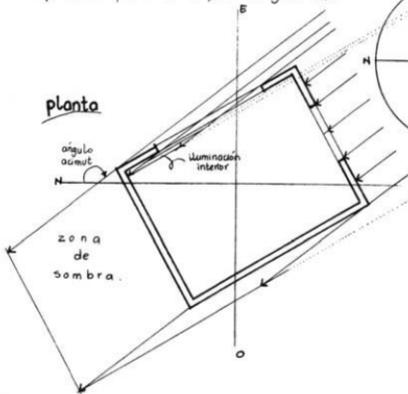
k) Localizar la hora indicada (10:00 hrs.) y trazar una línea que una este punto con el centro de la bóveda en el alzado NE-50. (Con esto se obtiene la dirección del rayo solar representativo a la 10:00 hrs. así como el ángulo que forma este rayo con el plano de horizonte ( $\gamma_2$ ).



planta



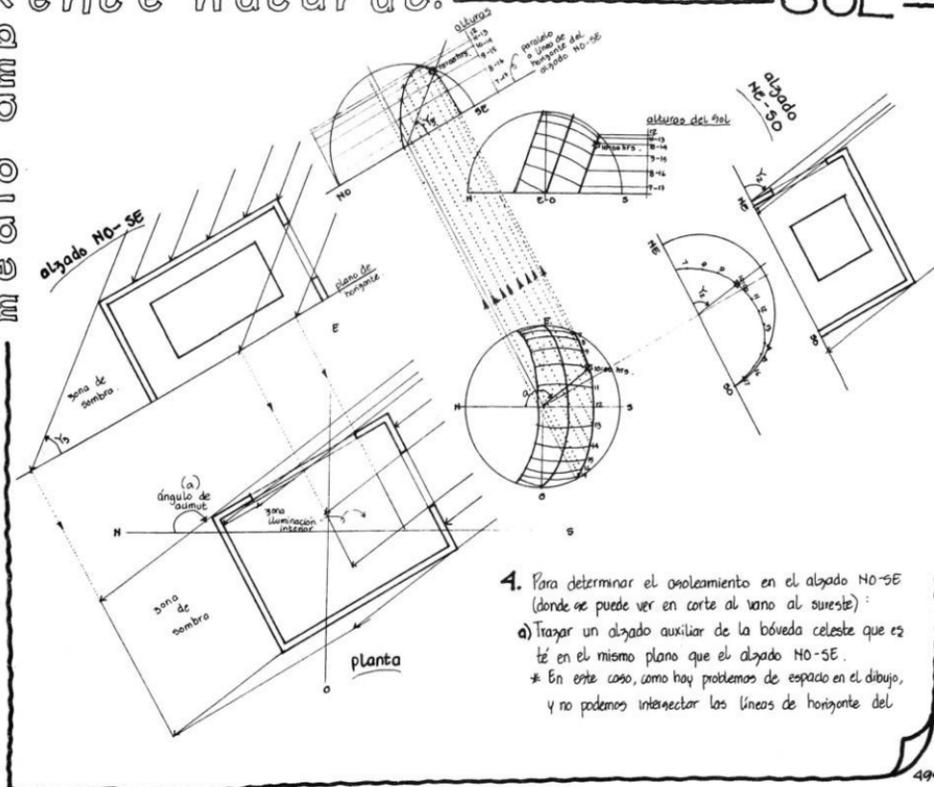
planta



l) Proceder a determinar el acoleamiento en el volumen, con ayuda del ángulo de acimut ( $a$ ), en planta; y con el ángulo de proyección vertical  $\gamma_2$ . Así podemos notar una incidencia de los rayos sobre el techo, la fachada noreste y sureste, así como una pequeña zona de iluminación interior a través del vano al noreste (ya que los rayos son casi tangentes a la fachada noreste). El volumen arroja una sombra al noroeste.

medio ambiente natural.

SOL



4. Para determinar el amoleamiento en el alzado NO-SE (donde se puede ver en corte al vano al suroeste):
- a) Trazar un alzado auxiliar de la bóveda celeste que esté en el mismo plano que el alzado NO-SE.
  - \* En este caso, como hay problemas de espacio en el dibujo, y no podemos intersectar las líneas de horizonte del

alzado NO-SE y el alzado N-S, para poder trazar la ruta horaria del Sol, podemos tan sólo tomar en el alzado N-S las alturas horarias del Sol en la ruta y trasladarlas hacia el alzado NO-SE.

- b) Para encontrar las intersecciones (localizaciones horarias del Sol) en el alzado NO-SE, sólo restará trazar líneas de proyección perpendiculares a la línea de horizonte de este alzado, o partir de cada localización horaria en planta, hasta que interseccione las alturas horarias obtenidas en el punto anterior
- c) Unir cada localización horaria en el alzado NO-SE para obtener la vista de la ruta solar.
- d) Localizar la posición del Sol en el alzado NO-SE a la hora buscada (10:00 hrs.) y trazar una línea de este punto al centro de la bóveda. Obtenemos así la dirección del rayo solar representativo visto desde el alzado NO-SE, así como el ángulo de proyección vertical  $\gamma_3$ .
- e) Con ayuda del ángulo de acimut ( $\alpha$ ), y el ángulo de proyección vertical ( $\gamma_3$ ) determinar la zona de iluminación interior producida por el paso de los rayos solares a través del vano al sureste.
- f) La incidencia sobre cada fachada, así como la obtención de la zona de sombra también se pueden realizar en este alzado NO-SE.

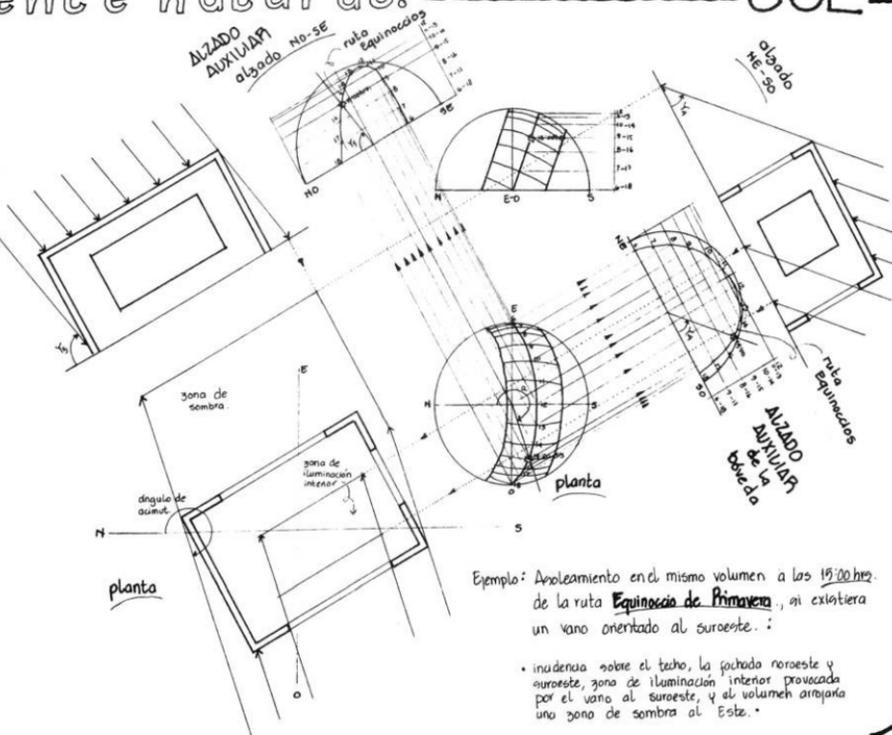
Como podemos concluir, a partir de la Gráfica Solar de Proyección Ortogonal es posible obtener o determinar el soleamiento que experimenta un volumen con cualquier orientación, mediante el uso de procedimientos de Geometría descriptiva (aprovechando las bondades de una presentación ortogonal de dibujo que permite hacer cambios de planos, giros, trazo de cuantos vistos queramos de la bóveda, etc.)

En estos casos, al no presentar el volumen una orientación "perfecta" hacia los 4 puntos cardinales, y que los alzados no correspondan al mismo plano del alzado N-S de la Gráfica, sólo tendremos que construir un nuevo alzado auxiliar (con vistas de la ruta solar, y de los rayos solares representativos) que sí esté en el mismo plano del alzado arquitectónico. Y si se desea obtener el soleamiento en otra hora diferente de la misma ruta, sólo bastará con "localizar" el Sol en la hora deseada, y obtener la dirección del rayo.

Y usando el mismo procedimiento, podemos incluso obtener los otros rumbos (Solsticio de Verano o Equinoccios) en el alzado auxiliar, y obtener el soleamiento para otras horas de dichos rumbos sola res. :

medio ambiente natural.

SOL



Ejemplo: Asoleamiento en el mismo volumen a las 15:00 hrs. de la ruta Equinoccio de Primavera, si existiera un vano orientado al sureste.:

- incidencia sobre el techo, la fachada noroeste y sureste, zona de iluminación interior provocada por el vano al sureste, y al volumen arrojara una zona de sombra al Este.

## Procedimiento II. Determinación del asoleamiento según Coordenadas Solares.

Una alternativa al uso de la Geometría Descriptiva para trazar alzados auxiliares de la bóveda (obteniendo así la vista de la ruta solar, y los ángulos horarios de proyección vertical, en el mismo plano que los alzados arquitectónicos) es el uso directo de los ángulos de altura y acimut horarios del Sol para cada ruta solar.

Como se habrá notado, en el procedimiento anterior, si se hace un uso directo del ángulo de acimut en la planta arquitectónica, pero en los alzados se requiere los ángulos de proyección verticales, y no se usa el ángulo de altura.

También se habrá observado que, con la ayuda del procedimiento gráfico, es posible obtener dichos ángulos de proyección vertical en el alzado requerido, a partir del alzado H-S de la Gráfica Solar.

Un procedimiento similar será necesario para obtener, a partir del ángulo de altura (conocido en tablas), los ángulos de proyección vertical. (Ver pág. 91g).

Así, con la tabla de coordenadas solares, podemos aplicar directamente el ángulo de acimut, y trazar formar el ángulo de altura (con lo que obtenemos un rayo solar vertical "corregido"), para poder determinar el asoleamiento en un volumen con una orientación cualquiera.

Quizá el único inconveniente de este método sea el estar realizando continuas transformaciones al ángulo de altura (el metabotafico anterior permitía, una vez obtenida la ruta horaria del Sol en el alzado auxiliar, localizar el Sol en cualquier hora y obtener directamente la dirección del rayo solar); pero aún así puede representar también algunos ventajas, como lo que los trazos son más sencillos que los del método anterior. De cualquier manera, el diseñador podrá elegir cual es el que le resulte más conveniente.

Ejemplo: mismo volumen al usado anteriormente.  
determinar asoleamiento en la fecha Solsticio de Invierno, a las 10:00 hrs. solares. Cd. de México

ángulo de acimut. =  $144^{\circ} 25'$

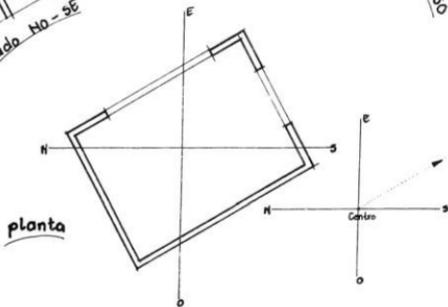
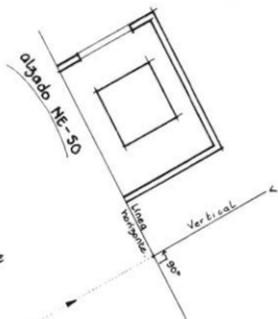
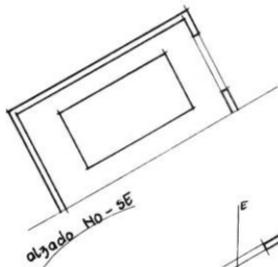
ángulo de altura =  $38^{\circ} 15'$  (según tabla pag. 486).

Procedimiento (usando los ángulos de altura y acimut).

II (basado en: (s) Arquitectura Habitacional Vol. I, A. Payola, Ed. Limusa, México 1990 pp. 221-225).

a) Trazar planta y cortes arquitectónicos.

d) Prolongar en el alzado que se va a determinar el alineamiento a la línea de horizonte. (esquemas el alzado NE-50).



planta

b) Trazar el eje de coordenadas en planta (fuera del volumen).

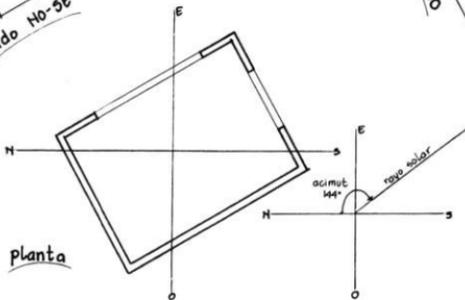
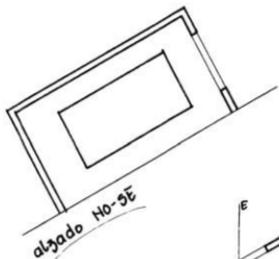
d) Trazar a partir del centro del eje coordenado en planta una línea perpendicular a la línea de horizonte del alzado NE-50. Esa línea será llamada vertical (v).

# SOL

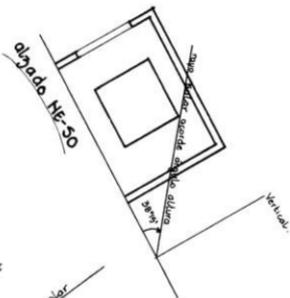
# medio ambiente natural.

e) Trazar en planta el rayo solar, con la ayuda del ángulo de acimut.

f) Trazar en el alzado el rayo solar acorde al ángulo de altura.

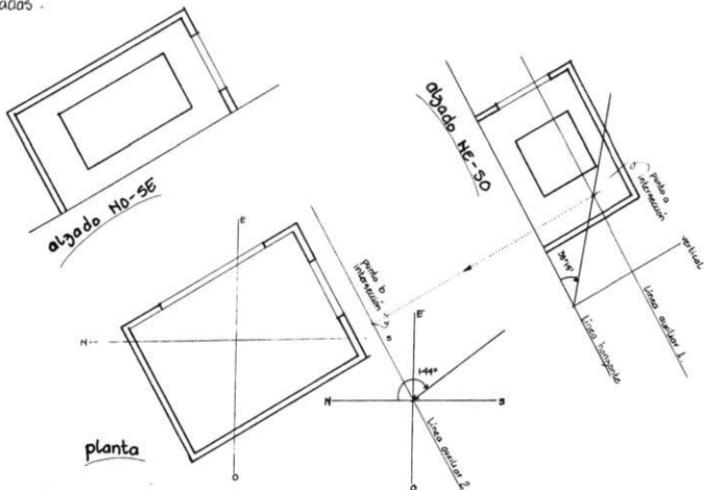


planta



- g) Trazar en el alzado una línea auxiliar 1 paralela a la línea de horizonte, a cualquier distancia de ésta.
- h) Trazar en planta una línea auxiliar 2 paralela a la línea auxiliar 1 que pase por el centro de las coordenadas.

- j) Trazar una línea de proyección perpendicular a la línea de horizonte, del punto a hasta la línea auxiliar 1.
- k) Localizar el punto de intersección b (unión de la línea de proyección con la línea auxiliar 2).

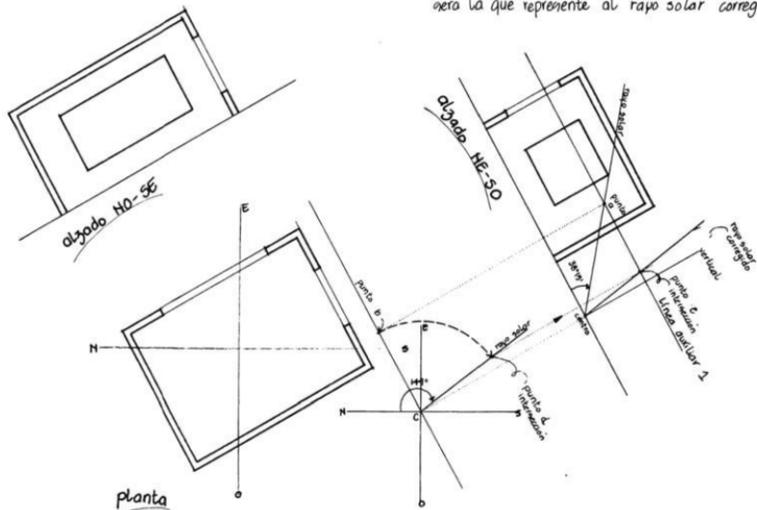


- i) Localizar en alzado el punto a de intersección (intersección entre el rayo solar y la línea auxiliar 1).

d) Haciendo centro en C, trazar un arco con radio igual a la distancia entre C y b, hasta que toque el rayo solar visto en planta. Encontrar el punto d de intersección.

m) Trazar una línea de proyección, a partir del punto d en planta, hasta intersectar la línea auxiliar 3 en alzado. Obtener así el punto e.

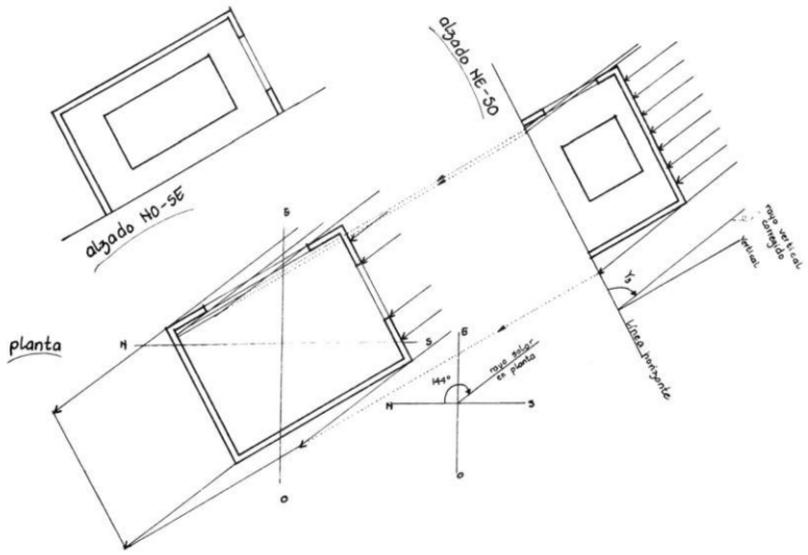
n) Unir el punto e con el centro en el alzado. Esta línea será la que represente al rayo solar corregido.

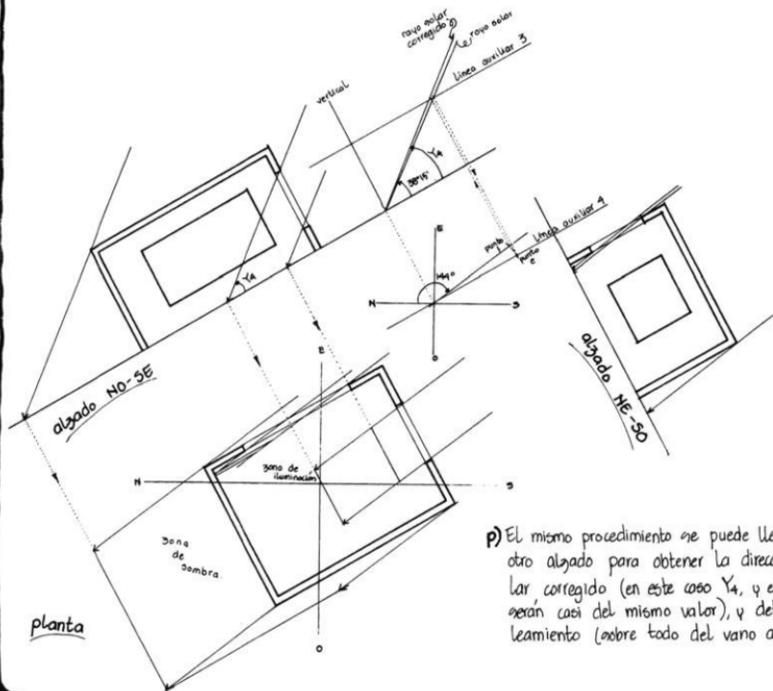


# medio ambiente naturalmente SOL

o) Con ayuda del ángulo de acimut ( $\alpha$ ) en planta, y con el ángulo de proyección vertical ( $\gamma_s$ ) en alzado (que será el ángulo que se forma entre la línea de horizonte y la del rayo vertical corregido), obtener el

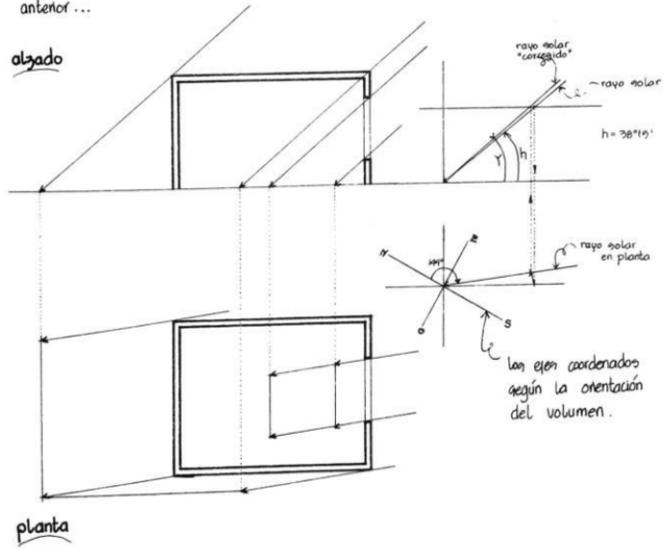
asoleamiento en el volumen (nótese como la zona de iluminación y de sombra son las mismas que las obtenidas por el método gráfico anterior -uso de la gráfica solar-).





- p) El mismo procedimiento se puede llevar a cabo en el otro albedo para obtener la dirección del rayo solar corregido (en este caso  $\gamma_4$ , y el ángulo de altura serán casi del mismo valor), y determinar el acostamiento (sobre todo del vano al sureste).

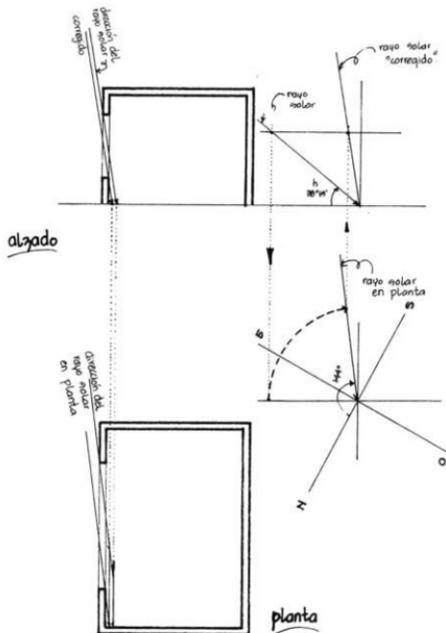
q). Si en lugar de "ordenar" la planta y fachada arquitectónicas a los ejes coordenados, "ordenamos" estos ejes (en planta) a la fachada y cortes, podremos tener una mejor visión del procedimiento anterior...



SOL

medio ambiente

natural.



r) "Ordenando" Los ejes coordenados, y todo el trazo que se usa para obtener el valor del ángulo del rayo solar en el alzado correspondiente (o sea, el del rayo solar "corregido"), podemos obtener y trazar fácilmente las zonas de iluminación interior y de sombra de un volumen para una hora y fecha determinadas.

Ejemplo: 10:00 hrs. solares. fecha Solsticio de Inverno.

ángulo de acimut =  $144^\circ$

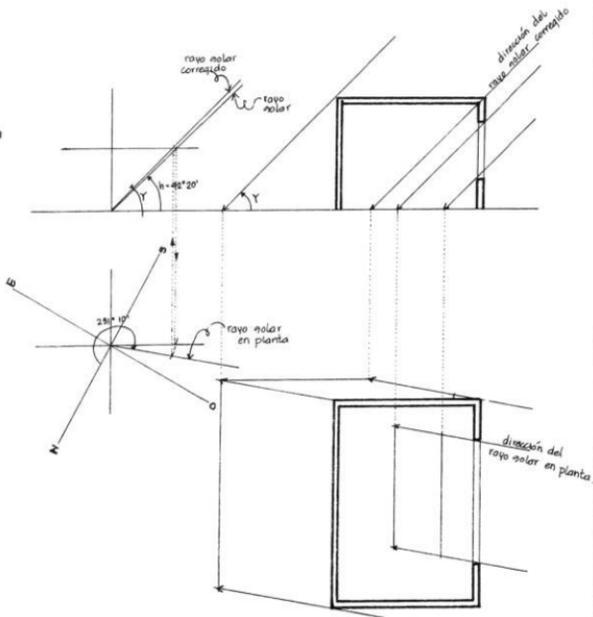
ángulo de altura (h) =  $38^\circ 45'$

5) Para determinar el asoleamiento en un volumen con cualquier orientación a cualquier hora de cualquier fecha.

Supongamos el Equinoccio de Primavera a las 15:00 hrs. solares...

$h =$  ángulo de altura  $42^{\circ}20'$

$a =$  ángulo de acimut  $251^{\circ}10'$  (\*)



(\*) según tabla, pág. 486

## CONCLUSION.

Cuando un volumen arquitectónico es expuesto a la incidencia directa de los rayos solares ocurren varios fenómenos: algunas superficies están recibiendo en forma directa los rayos (y si hay algún tipo de vano en ellas, dejan pasar la luz solar al interior, y se forma una zona iluminada), otras superficies están en sombra propia, y el volumen "arroja" una zona de sombra.

Todo esto depende por un lado de la particular dirección de los rayos solares en un momento dado, y de la forma y dimensión del volumen mismo, pero también de la orientación que guarde con respecto a los ejes coordenados N, S, E, O.

En los diversos cuadros anteriores se han mostrado procedimientos de dibujo por medio de los cuales podemos conocer como se producen las zonas de iluminación interior y las zonas de sombra que arroja un volumen en un sitio con determinada latitud en una hora y fecha determinadas, tomando como referencia un volumen "ideal" (orientada cada una de sus superficies hacia un punto cardinal preciso)

En estos procedimientos gráficos se ha hecho

hincapé en que la cuestión básica es conocer también en forma gráfica la dirección de los rayos solares (vista en planta y alzado) en el momento que se indica; lo cual es relativamente fácil, puesto que sólo se trata de trazar directamente esta dirección de los rayos, de la Gráfica Solar a la planta y fachadas/alzados arquitectónicos.

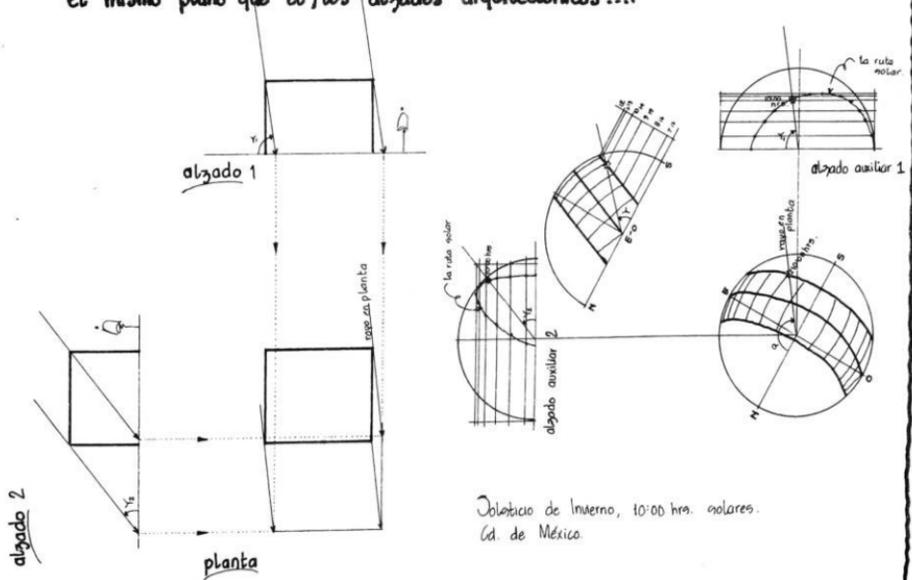
Cuando la orientación de un volumen no se da perfectamente hacia los 4 puntos cardinales, el procedimiento para determinar el acostamiento sigue siendo el mismo, sólo que para conocer la dirección de los rayos solares en el alzado es necesario hacer una serie de "correcciones" o cambios de planos para obtener el ángulo de proyección vertical correcto ( $\gamma$ ), y obtener la dirección de los rayos en el alzado (en planta no es necesario hacer correcciones, sólo trazar los ejes coordenados acorde a la orientación del volumen, y usar el valor de proyección horizontal  $-a-$ , que es el ángulo de acimut).

Así, con la dirección correcta de los rayos solares tanto en planta como en alzado, podemos trazar todas las zonas de iluminación y de sombra que se producen en un volumen ...

ambiente natural. ————— SOL

medio ambiente

a) Usando la Gráfica Solar para obtener alzados auxiliares de la bóveda que estén en el mismo plano que el / los alzados arquitectónicos ....

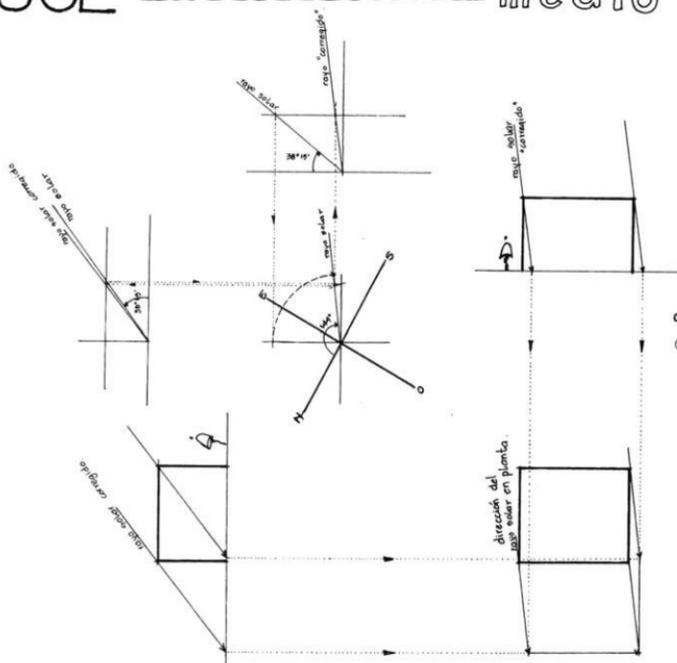


Observación de Invierno, 10:00 hrs. solares.  
Cd. de México.

# SOL

# medio ambiente

# e natural.



Solsticio de Invierno,  
10:00 hrs. solares.  
Cd. de México...

ángulo de acimut =  $144^\circ$   
ángulo de altura =  $38^\circ 19'$

b) Usando los ángulos de altura y acimut (y realizando un procedimiento de dibujo para obtener la dirección del rayo solar en el alzado -rayo solar "corregido"-)

## CONCLUSION.

Difícilmente podría decirse que con estas líneas el objetivo del documento SOL II se concluye, ya que si bien se ha tratado de abundar en ejemplos y gráficos referentes al uso y manejo de la gráfica solar (en este caso, la de proyección ortogonal), que nos estos ejemplos logran ser una muestra representativa de lo que el diseñador puede prever tomando en consideración el "baño de luz" que el Sol proporciona a los espacios construidos.

Estos ejemplos que se reducen a grandes rasgos, a como trazar una gráfica solar, y como obtener la forma en que se iluminan sencillos volúmenes (zonas de iluminación y zonas de sombra), y como las aberturas (vanos) dejan o no pasar la luz solar al interior, han tratado de mostrar dentro de su relativa simplicidad que la clave para entender el como se iluminan los espacios en un momento dado está en:

- Conocer con precisión la dirección de los rayos solares en ese justo momento, (localizando al Sol en la bóveda de la gráfica, o bien

por el uso de coordenadas solares).

- Considerar que todos y cada uno de los rayos que llegan, son paralelos uno con otro, tomando en cuenta la dirección de los mismos en la hora y fecha indicadas.

- Una vez determinada la dirección de los rayos solares, podremos conocer la manera en como estos impactan en los espacios, dependiendo de la forma, tamaño y orientación del volumen y de los vanos que presente (o de cualquier otro elemento importante como salientes, rematamientos, pergolados, etc.), produciendo distintas zonas de iluminación y sombra en ellos.

- Que los procedimientos señalados son útiles para determinar el asoleamiento en cualquier hora y fecha que se requiera (La gráfica "contiene" las distintas localizaciones del Sol en cada momento del año solar).

Y que, una vez comprendido el como fun-

cionan estos "mecanismos" de iluminación natural, pueda abordar trazos de iluminación para elementos arquitectónicos de mayor complejidad, así como hacer observaciones más generales, y elaborar conclusiones útiles acerca de las consecuencias que traería proponer una determinada orientación del volumen, del tamaño, forma y orientación de los vanos, de "abrir" la fachada del volumen, de usar materiales masivos o ligeros, o dispositivos de control solar en ciertas fachadas, etc., etc.

Por último, que una vez entendido el aspecto "técnico" de la determinación del asentamiento, el alumno pueda comprender que no sólo se trata de la generación de una zona iluminada o de una zona de sombra con una cierta forma y dimensión, sino que, también se trata de la creación de ambientes, de efectos psicológicos, de conceptos que pueden entrañar una "magia" especial para alegrar el espacio, o para darle un carácter oscuro o de meditación, para crear un maravilloso juego de claroscuros, de LUZ Y SOMBRA, elementos todos ellos que definitivamente intervienen en el carácter del espacio diseñado, y que el Arquitecto no puede ni

debe ignorar, ni cerrar sus ojos a esta luz mágica de nuestro astro, el SOL.

BIBLIOGRAFIA.

- Arquitectura Habitacional. Vol. I. Alfredo Plazola Cisneros y Alfredo Plazola Angulano. Noriega Editores. Editorial Limusa. México, 1990.
- Manual de Criterios de Diseño Urbano. Jan Bazant. Editorial Trillas. México, 1990.
- Arquitectura Solar. Diagramas de Sombras para edificios escolares. Arg. Néstor Galván Duque. CONESCAL, México, D.F. 1977.
- Procedimientos simplificados de proyecciones solares. Gabriel Balderas Romero. DIAU-ICADP. Universidad Autónoma de Puebla. 1986.
- Manual de Dibujo Arquitectónico. Frank F. Ching. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España 1977.
- Arquitectura: Forma, Espacio y Orden. Frank F. Ching. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España, 1982.
- Manual de Arquitectura Solar. Compiladora Ruth Iacomba. Editorial Trillas. México, 1992.







UAM  
NA9060  
R6.345

2894339  
Rodríguez García, Humbert  
Arquitectura : una altern

**Rector de la Unidad Azcapotzalco**

**Lic. Edmundo Jacobo Molina**

**Secretario de la Unidad Azcapotzalco**

**Mtro. Adrián de Garay Sánchez**

**Director de Ciencias y Artes para el Diseño**

**Arq. Jorge Sánchez de Antuñano**

**Jefe del Departamento de Medio Ambiente  
para el Diseño**

**M. en Arq. Saúl Alcántara Onofre**

**Avenida San Pablo 180**

**Colonia Reynosa Tamaulipas**

**Delegación Azcapotzalco, México D.F.**

**SOL II (Análisis del sitio)**

**ISBN  
970-620-683-3**

PORTADA: D.C.G. Ignacio Delfín Ramírez

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

**Azcapotzalco**