

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DL
02
TC(14)



FACULTAD DE ARQUITECTURA

Noviembre de 1967

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

EL OBSERVATORIO NACIONAL
DE GUATEMALA

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Arquitectura
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

por:

LUIS EDUARDO ARROYAVE VALDES

Al conferírsele el Título de

ARQUITECTO

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TRIBUNAL EXAMINADOR QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano: Arq. Jorge Montes C.
Vocal Primero: Arq. Víctor del Valle N.
Vocal Segundo: Ing. Ernesto Rosales F.
Vocal Tercero: Arq. Federico Fahsen O.
Vocal Cuarto: Br. Mario Roca.
Vocal Quinto: Br. Guillermo Gomar C.
Secretario: Físico Eduardo Suger C.

Decano: Arq. Jorge Montes C.
Secretario: Físico Eduardo Suger C.
Examinador: Ing. Jacinto Quan C.
Examinador: Arq. Arturo Molina M.
Examinador: Arq. Federico Fahsen O.

ACTO QUE DEDICO:

A Dios Nuestro Señor

A mis padres:

Antonio Arroyave Flores
Carmen Valdés de Arroyave

A mi esposa:

Carmen Porras de Arroyave

A mis hermanos:

Ing. Juan José Arroyave Valdés
Gregorio Antonio Arroyave Valdés

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

AGRADECIMIENTO:

Al Físico Eduardo Suger C.	Catedrático Asesor
Al Arq. Roberto Aycinena E.	Catedrático Asesor
Al Arq. Arturo Molina M.	Catedrático Asesor
Al Ing. Claudio Urrutia E.	Observatorio Nacional de Guatemala
Al Ing. José Vassaux P.	Observatorio Nacional de Guatemala
Al Ing. Ricardo Obiols del Cid	Observatorio Nacional de Guatemala
Al Observatorio de la Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York	
Al Observatorio de la Universidad de Harvard, Cambridge, Mass.	
Al Hayden Planetarium, Nueva York	
Al Adler Planetarium, Chicago, Illinois	

CONTENIDO

- I- INTRODUCCION
- II- BOSQUEJO HISTORICO DEL OBSERVATORIO
- III- EL OBSERVATORIO
EL OBSERVATORIO NACIONAL DE GUATEMALA
- IV- EL PROGRAMA ARQUITECTONICO
- V- INTRODUCCION A LA METEOROLOGIA, SISMOLOGIA Y ASTRONOMIA
- VI- LOCALIZACION DEL SITIO
- VII- ANALISIS DEL SITIO: EL MEDIO GEOFISICO
- VIII- EL PROYECTO
- IX- BIBLIOGRAFIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
PARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

I. INTRODUCCION

Vivimos en un "océano de aire" y estamos constantemente afectados por su temperatura, humedad, movimiento, nubes y precipitación. Estas son algunas influencias directas de la atmósfera sobre el ser humano. La investigación y utilización de la atmósfera ha crecido en el desarrollo de la civilización. Así el hombre constantemente ha buscado la forma de hacerse independiente del clima por medios artificiales, desde la cálida hoguera, hasta los más modernos aparatos de aire acondicionado, el uso de granos resistentes a la sequía, el radar para la navegación en neblina, sistemas de aterrizaje por medio de instrumentos, etc.

Ahora bien, siendo la agricultura el recurso natural por excelencia y la base de nuestra economía, y siendo nuestro país uno de los más afectados por temblores de tierra; así como también con miras hacia el futuro y a través del constante desarrollo de la ciencia, hemos visto que el transporte y la circulación terrestre, es desplazada poco a poco por el transporte aéreo, todo lo cual hace necesario un mayor conocimiento de los fenómenos naturales de nuestro suelo y del espacio que nos rodea.

Ya el pueblo Maya había comprendido que el conocimiento profundo de la astronomía y los fenómenos naturales, eran la base para su economía agrícola, como lo demuestra su religión y su desarrollo artístico, fué a través de la observación astronómica que fundamentaron su cultura, una de las más adelantadas en el aspecto científico de todas las épocas.

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
 BIBLIOTECA
 DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

**HISTORICO DEL II. BOSQUEJO
OBSERVATORIO**

De todos es sabido que los Mayas concibieron un sistema de numeración, que hoy después de dos mil años, es admirado y considerado como uno de los adelantos más grandes en la historia de la humanidad. El conocimiento matemático de la civilización Maya, fué primeramente aplicado para establecer un calendario. En todas las civilizaciones basadas en la agricultura la prosperidad depende de la determinación de los períodos que comprenden las estaciones climatológicas. Esto no es posible sin un conocimiento de la astronomía, sin lo cual no puede existir el calendario.

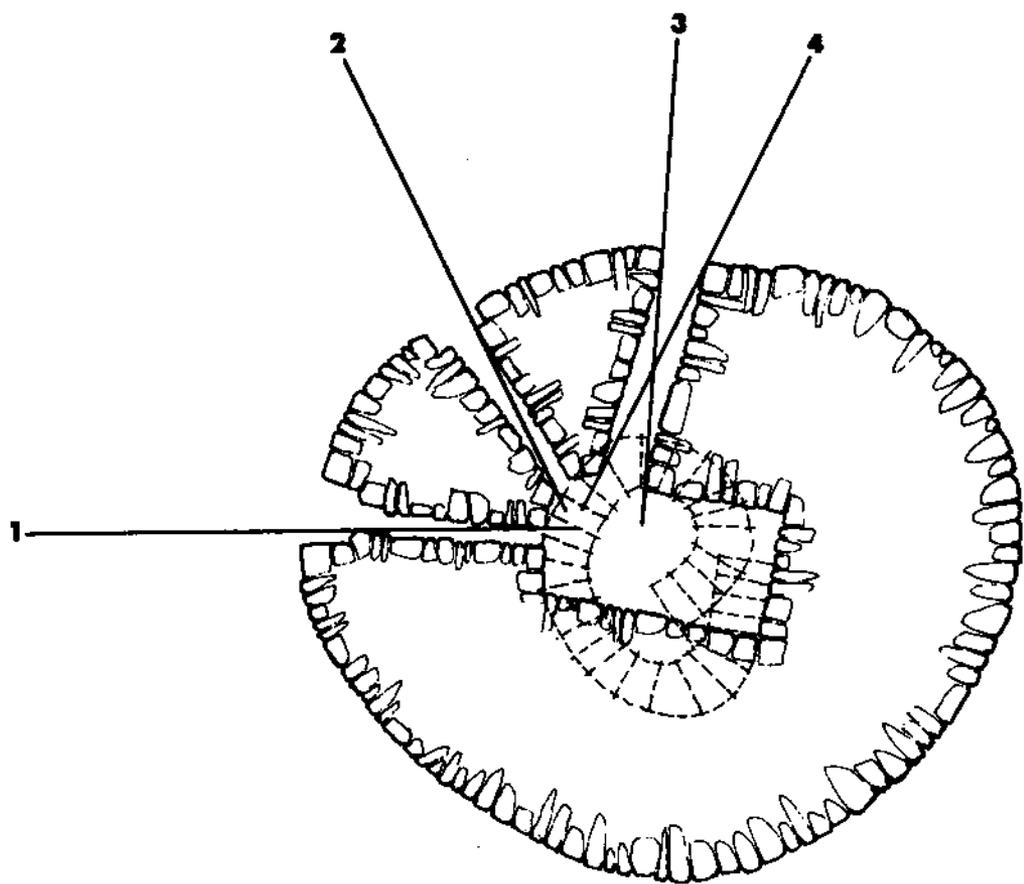
Los sacerdotes Mayas desarrollaron métodos estadísticos, basados en frecuentes observaciones por un largo período de tiempo. Estos métodos, conjuntamente con el instrumento matemático a su disposición, les permitió el desarrollo de una astronomía de gran valor para aquella época.

En Palenque, Uaxactún, Chichén Itza y Mayapán, existen torres y edificios considerados por los expertos, como antiguos observatorios astronómicos.

Es de admirar cómo el astrónomo Maya, que no tenía conocimiento de la rueda y muy poco de los metales, pudo obtener resultados tan exactos. Pues el trabajar en la revolución sinódica de Venus, con un error marginal de sólo una hora por año y llegar a saber que el período de duración de un año era de 365.2420 días, con un error de $2/10000$, que es el determinado en este siglo. Esto indudablemente constituye una hazaña, especialmente si se piensa en los problemas que el hombre Maya enfrentó, al no tener a su alcance otros recursos técnicos y debieron limitarse a las líneas de visión, a los cálculos basados en la triangulación y a las dimensiones de distancias proyectadas por las sombras.

El hombre ha estado observando las estrellas sistemáticamente por más de 4,000 años, a pesar de no contar con telescopios hasta el año 1610, cuando Galileo construyó el primero para usos astronómicos, en la ciudad italiana de Padua.

Sin embargo ninguno de los científicos ha dependido tanto del trabajo de sus predecesores, como los astrónomos. Isaac Newton, uno de los gigantes de la Física, reconocía este hecho cuando dijo: "si he visto hasta tan lejos, ha sido porque



1. _____ direccion sur
2. enfoque de la luna. 21 de marzo
3. _____ equinoccios del
21 de marzo y 21 de septiembre
4. solsticio de verano. junio 21

PLANTA ALTA DEL CARACOL, CHICHEN ITZA

me he parado en hombros de gigantes". Podemos decir, que los conocimientos astronómicos de hoy en día, representan el constante desarrollo de miles de años.

Así pues, sitios y referencias astronómicas fueron utilizadas por los Egipcios, Babilonios y Griegos. Los Griegos, empezando alrededor del año 500 antes de Cristo, desarrollaron teorías del movimiento de los planetas y las estrellas; en la Edad Media, los Arabes construyeron notables observatorios en Damasco y Bagdad, en 1550 Tycho Brahe hizo observaciones astronómicas en Dinamarca y estableció errores en las teorías Griegas.

Más tarde nuevas teorías pertenecientes a Kepler, Galileo y Newton, agitan a un nuevo interés por la astronomía y muchos telescopios son construídos. La mayoría de éstos fueron construídos y utilizados por un sólo hombre y no por instituciones organizadas como los observatorios modernos.

En el siglo XVIII, la navegación se desarrolla y una posición más exacta de las estrellas es necesitada. Alrededor del año 1700, encontramos observatorios dedicados a este propósito en Greenwich, Copenhagen, Lund, Danzig y Paris. Durante el siglo siguiente se establecen otros en Inglaterra, Suiza y Alemania. De 1830 a 1880, más observatorios son construídos en las Universidades de Estados Unidos, Europa, Rusia, India, América del Sur y Australia.

El énfasis estaba en la planimetría de los cielos, en la catalogación de la posición de estrellas y nebulosas y en la mecánica de la bóveda celeste. El planeta Neptuno y muchos asteroides, cometas y satélites de otros planetas son descubiertos.

A finales del siglo pasado en los Estados Unidos, Alvan Clark aprende a construir excelentes lentes y los grandes telescopios llegan a ser realidad, entre ellos el reflector de 40 pulgadas del observatorio de Yerkes, los de 60 y 100 pulgadas respectivamente del observatorio de Link y el más grande construído hasta ahora, ya en este siglo es el de el Monte Palomar en California, con un diámetro de 200 pulgadas.

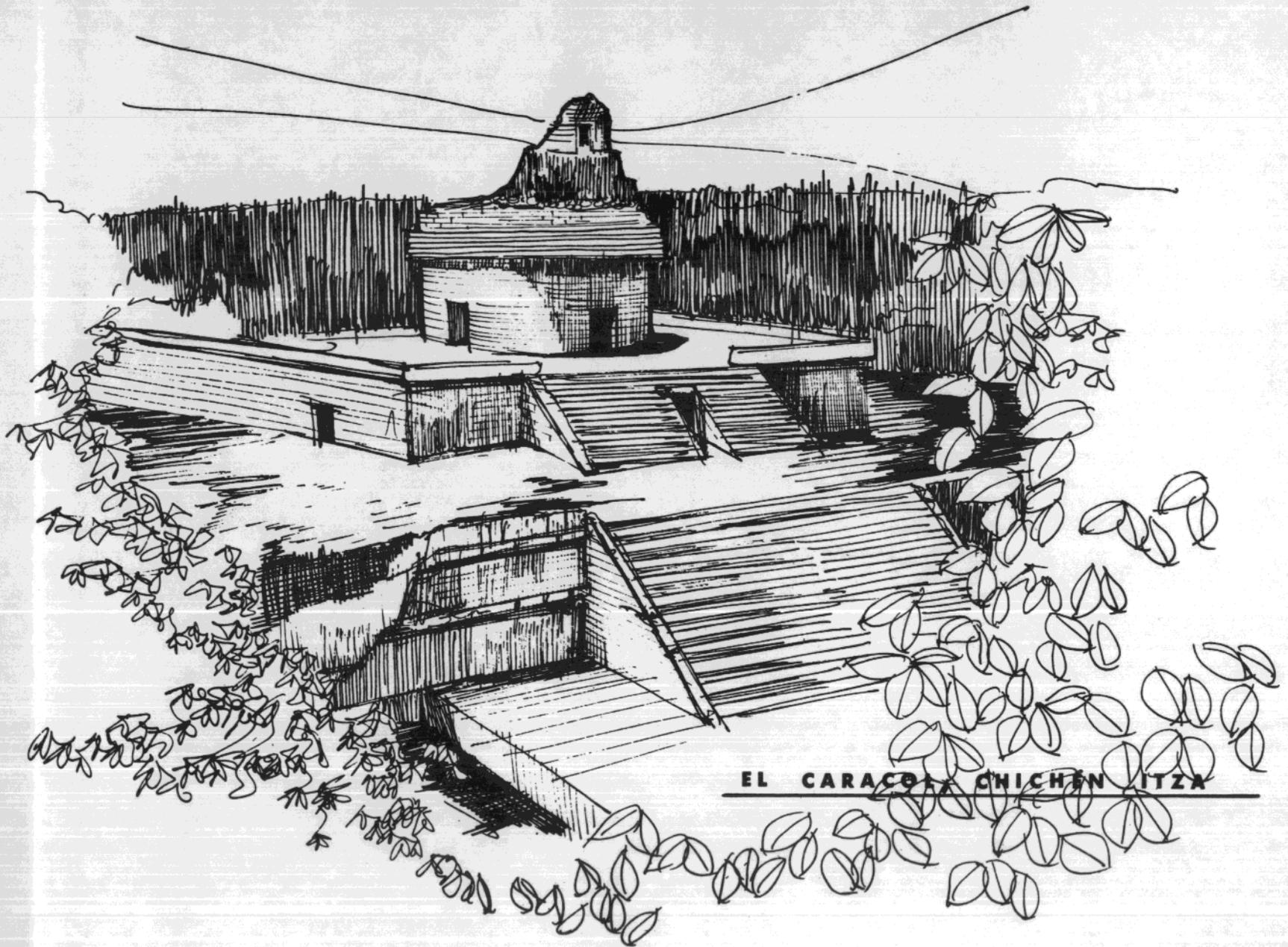
Después de la segunda Guerra Mundial, con el descubrimiento del radar y su

notable desarrollo, el radio telescopio es descubierto y muchos de ellos se han colocado en todo el orbe.

El observatorio espacial, el más reciente descubrimiento en lo que a astronomía se refiere, se remonta a 1946 cuando el laboratorio de investigación naval de Estados Unidos, disparó un cohete a través de la atmósfera con el objeto de observar la lejana luz ultravioleta del sol. Luego el 4 de Octubre de 1957, el primer satélite artificial es puesto en órbita, este fue seguido por una rápida sucesión de otros satélites en los siguientes 6 meses, los cuales recopilaron gran cantidad de datos en lo que respecta a la Tierra y a su atmósfera.

El primer observatorio espacial es disparado en 1962, seguido por un segundo en 1965. Muchas otras pruebas espaciales han sido efectuadas para observación y análisis, por medio de aterrizajes en la luna, Venus y Marte.

Sin embargo las estrellas, las nebulosas y las galaxias son muy distantes para estas "visitas", pero éstas siguen siendo estudiadas por el hombre por medio de telescopios a bordo de los observatorios espaciales.



EL CARACOLA CHICHEN ITZA

III. EL OBSERVATORIO

EL OBSERVATORIO

El lugar donde un grupo de científicos hacen observaciones regulares de la bóveda celeste, es llamado observatorio. Sin embargo los hay de diferentes tipos según sea su tipo de observación o equipo.

El observatorio meteorológico, es el que tiene como función la observación de los fenómenos atmosféricos, o meteoros. Existen otras que albergan telescopios y cuyo fin es la exploración de la bóveda celeste, estos son llamados observatorios astronómicos.

También los observatorios sismólogos, para el estudio y registro de los temblores de tierra. Los observatorios de rayos cósmicos, las instalaciones de radar para el rastreo de satélites y registro de proyectiles teledirigidos, observatorios aurorales, etc.

Cada tipo de observatorio tiene su propio equipo e instalaciones, ya sea según su finalidad telescopios, radio telescopios, o sismógrafos, acelerógrafos, transmisores y receptores de radar, detectores de rayos cósmicos, pluviómetros, termómetros de temperaturas máximas y mínimas, hidrógrafos, barómetros, evaporógrafos, nefoscopios, anemógrafos, etc.

Su distribución

Los observatorios según sea su tipo o equipo se encuentran en lugares con determinadas características. Así los astronómicos se localizan ya sea en las universidades o cerca de ellas, si su fin es puramente educativo, o bien en las altas montañas y en remotos lugares, si su fin es de tipo científico y de investigación.

Para las observaciones meteorológicas de temperatura, precipitación, vientos y nubosidad, es necesario una extensa red de estaciones distribuidas en todo el globo terrestre; las observaciones aurorales es necesario hacerlas en el cinturón auroral o sea a 1200 millas del polo norte magnético.

El efecto y causas de los temblores son analizados y estudiados en todo el mundo, sin embargo el mayor interés se centraliza en el cinturón sísmico en ambas costas del océano Pacífico. Las observaciones por medio de radar, se efectúan cerca de las grandes ciudades que viven amenazadas por el peligro que constituyen los proyectiles dirigidos, para que éstos sean localizados a tiempo y puedan ser interceptados.

EL OBSERVATORIO NACIONAL DE GUATEMALA

Guatemala es un país en vías de desarrollo, cuyo progreso depende en gran parte de hechos corrientes, tales como la predicción de abundancia o escasez de agua potable, las condiciones climáticas para la explotación de la agricultura, las épocas de siembra y cosecha, la seguridad en el tránsito tanto aéreo como marítimo, la generación de energía eléctrica, los métodos agrícolas para el mejor aprovechamiento de las tierras y muchos otros aspectos que demuestran la importancia que representa el conocimiento de la meteorología y el lugar que le corresponde en el planeamiento social, económico y cultural de nuestro país.

Ahora bien, debido al entusiasmo y esfuerzo de muchos Guatemaltecos, se logró la construcción del actual Observatorio Nacional, el cual fué inaugurado el 15 de septiembre de 1925, este ha venido funcionando desde entonces sin interrupción. En la actualidad es dependencia del Ministerio de Agricultura y de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables y comprende los siguientes departamentos: meteorología, sismología e hidrología.

El departamento de meteorología, cuenta actualmente con una red nacional de estaciones meteorológicas cuyo número es de 425, distribuidas en toda la República.

El propósito de este departamento es mantener en contacto directo con su red de estaciones para poder tener así el aspecto general del tiempo en toda la República y llegar a efectuar pronósticos acertados.

En la actualidad el Observatorio Nacional enfrenta graves problemas; sus li-

mitadas dimensiones no le permiten mayor desarrollo, su localización originalmente aislada, debido al constante crecimiento de la ciudad lo ha llevado al extremo en que actualmente se encuentra a pocos metros del aeropuerto internacional "La Aurora", lo cual ha provocado disturbios en el funcionamiento de sus aparatos, debido a la vibración del constante tráfico tanto terrestre como aéreo.

En toda Centroamérica no se cuenta con ningún Observatorio Astronómico, ni siquiera con propósitos educativos enfocados a despertar el interés en este campo del saber. En países más desarrollados, se ha comprobado que a través de estos programas se ha logrado que las personas se encuentren interesadas en la ciencia y sus aplicaciones, lo cual ha contribuido a elevar su nivel cultural, económico y social y como consecuencia el nivel de desarrollo general del país.

Es así que muchas universidades y organizaciones estatales cuentan con observatorios astronómicos y planetariums con fines puramente educativos.

Ejemplo típico de ello es el "Hayden Planetarium" de la ciudad de New York, donde se presenta la más dramática de las producciones teatrales, donde el escenario es toda la creación. Debajo de su gran cúpula el disertante encargado, manejando una serie de controles electrónicos con más de dos mil combinaciones posibles, tiene en sus manos el control del universo, y en el espacio de una sola hora, el visitante experimenta una sensación indefinible al darse cuenta objetivamente de la magnitud del espacio y de la presentación de la vasta y maravillosa bóveda celeste.

El "Hayden Planetarium" está llevando a cabo una contribución extraordinaria a la divulgación de la astronomía, allí se demuestra de una manera sencilla y fácilmente comprensible, la causa del día y la noche, las estaciones, las fases de la luna, etc.

Además se imparten cursos de astronomía, especialmente planificados para la familia, niños, maestros de escuela, universitarios y público en general.

Por otro lado la UNESCO recomienda:

- 1) El fomentar y apoyar, por todos los medios adecuados, el progreso de la cien-

cia y su aplicación al desarrollo, en particular planeando y llevando a la práctica una política científica coherente que permita incrementar el potencial científico y tecnológico del país, y orientar la actividad científica nacional, a satisfacer las necesidades del desarrollo económico y social.

- 2) Evaluar las condiciones para la aplicación de la ciencia, a determinar sus necesidades y sus posibilidades en lo que se refiere a la utilización de la tecnología y a examinar los medios con que cuentan para hacer posible y práctica la aplicación de la ciencia; a estimular el interés por la aplicación de la ciencia y alentar a un número suficiente de personas a emprender carreras técnicas.

Las deficiencias del actual Observatorio Nacional y la necesidad de llenar este programa educativo a que me he referido, me ha llevado al interés de desarrollar como tema de tesis, el proyecto de un nuevo Observatorio.

Este servicio educativo que podría proporcionar el Observatorio Nacional tendría como objeto preparar y poner en práctica programas de educación en lo que a tecnología se refiere, en relación con el público en general. Todo ello a través de actividades de extensión por medio de material impreso, visitas guiadas al observatorio, conferencias, actividades técnicas, programas seleccionados tanto para escolares, universitarios y demás personas interesadas.

En conclusión, el proyecto a desarrollar contemplaría los departamentos con que actualmente cuenta el Observatorio Nacional, es decir, los departamentos de meteorología, hidrología y sismología, a los cuales se sumaría un departamento astronómico con fines educativos.

IV. PROGRAMA ARQUITECTONICO

OBSERVATORIO NACIONAL DE GUATEMALA

1- OFICINAS CENTRALES:

- a- Biblioteca
- b- Sala de conferencias
- c- Cafetería
- d- Administración
- e- Secretaría y Contabilidad
- f- Reportes, difusión y ventas de publicaciones
- g- Departamento de Cálculo y Computadores Electrónicos y Digitales
- h- Departamento de Dibujo
- i- Departamento de Meteorología y climatología
- j- Departamento de Hidrología
- k- Control y servicio de estaciones
- l- Departamento de radio recepción y emisión; teletipos, facsimils y radio difusión
- m- Archivos.

2- ESTACION METEOROLOGICA:

- a- Oficinas de control y análisis
- b- Laboratorio
- c- Areología, radio sondeo y lanzamiento de globos
- d- Lugar para aparatos meteorológicos exteriores
- e- Taller de reparación y ajuste de aparatos

3- ESTACION SISMOLOGICA:

- a- Oficinas de control y análisis
- b- Cámara subterránea para sismógrafos y acelerógrafos
- c- Laboratorio Fotográfico.

4- ESTACION ASTRONOMICA:

- a- Cúpulas telescopios
- b- Laboratorio fotográfico
- c- Dormitorios para observadores
- d- Cámara isotérmica para cronómetros
- e- Oficinas de control.

5- PLANETARIUM:

- a- Ventas de folletos y publicaciones
- b- Areas de exhibición
- c- Sala de proyecciones

6- SERVICIOS:

- a- Imprenta y reproducción
- b- Talleres mecánicos
- c- Dormitorios servidumbre

7- AREAS COMPLEMENTARIAS:

- a- Control general
- b- Parques
- c- Miradores
- d- Areas verdes.

**V. INTRODUCCION A LA
METEOROLOGIA, SISMOLOGIA Y ASTRONOMIA**

METEOROLOGIA

La verdadera riqueza de un país radica en sus recursos naturales. El interés nacional exige por tanto que se desarrolle la utilización de esos recursos de tal forma que proporcionen el máximo de beneficios a toda la comunidad. Pero no tendrá éxito ningún plan de desarrollo mientras no se preste la debida atención a todos los factores importantes. En primer lugar es imprescindible determinar cuáles son esos factores y, en segundo lugar hay que evaluar su influencia correctamente o al menos, con la mayor exactitud posible dentro de las limitaciones de los conocimientos actuales.

Entre los factores que se han de tomar en cuenta, el clima y el conocimiento del estado del tiempo son de los fundamentales y de mayor trascendencia. Al cabo de los años, es el clima el que determina la vegetación natural, la abundancia o la falta de agua potable, si una localidad es conveniente o no para que los hombres habiten en ella. En períodos más cortos, el tiempo es el que determina en que momento conviene realizar las labores agrícolas, la comodidad y la seguridad de los diversos medios de transporte, la disipación de la contaminación del aire por las fábricas, la explotación más económica de un pantano, la demanda de electricidad, el gas y carbón para la calefacción doméstica. De hecho, la meteorología, la ciencia de la atmósfera terrestre, ejerce su influjo prácticamente sobre todas las ramas de la economía nacional y el meteorólogo puede convertirse en el especialista de una ciencia aplicada con ámbito e influencia casi ilimitados.

En algunos campos de actividad como la aviación, ya se ha dejado sentir esa influencia y a su vez ha contribuido a su desarrollo en los últimos tiempos.

Los jets tienen pocas reservas de combustibles y no pueden exponerse a volar indefinidamente sobre una terminal donde las condiciones del tiempo puedan demorar el aterrizaje, es por ello que la red meteorológica al servicio de los transportes aéreos, cubre todo el globo terrestre y su servicio es de lo más eficiente, disponiendo de magníficas comunicaciones que permiten un contacto directo entre los meteorólogos y las tripulaciones en todas las fases del vuelo, desde la elaboración del plan de vuelo, hasta los cambios durante el mismo. Así también, el lanzamiento

de un cohete depende críticamente de la turbulencia atmosférica, la demanda del agua pronto excederá la que se obtiene naturalmente por la precipitación.

La METEOROLOGIA es la ciencia de la atmósfera, la aplicación de los principios de física y matemáticas a los fenómenos que ocurren en el aire. La meteorología tiene varias ramas, entre las cuales podemos citar: electricidad atmosférica, predicción del tiempo, turbulencia atmosférica, control del tiempo, contaminación de la atmósfera, análisis de mapas meteorológicos, métodos de observación, hidrometeorología y climatología.

Hidrometeorología es el estudio del ciclo del agua, o sea desde su evaporación inicial en el aire, procedente del agua de mar, su condensación subsiguiente para formar las nubes, la precipitación de esas nubes como lluvia o nieve y su regreso al mar por medio de los ríos.

Climatología es la que trata las condiciones medias o promedio de la atmósfera y en su acción sobre el suelo, es el clima el que determina al cabo de los años, la posibilidad de vida vegetal o animal.

Escala de los Procesos Atmosféricos

El tamaño del fenómeno que se está examinando nos da una idea de la importancia fundamental de la ciencia atmosférica. Así como una red grande solamente puede pescar peces grandes, una red de estaciones de observación revelará también los fenómenos más grandes. Un tornado que es pequeño y tiene corta vida, no se podrá predecir en un sistema normal de estaciones meteorológicas. Algunos de los procesos importantes de la atmósfera, como convergencia y rotación, tiene diferentes valores de acuerdo con la escala con que son medidos. Para entender estos procesos uno debe tener presente, que el aire en movimiento, la temperatura, presión y otras propiedades, son afectadas no sólo por los sistemas grandes de presión que tienen cientos de millas de diámetro, sino por sistemas transitorios pequeños, y aún por los efectos debido a montañas, valles y otros elementos topográficos de pequeño tamaño.

En las secciones que siguen se explican someramente los fenómenos atmosféricos, empezando con los de menor escala, algunas veces llamada micro escala y se procederá a los más grandes que son de la meso escala; después se pasará a la escala sinóptica y finalmente a la macro escala.

NUBES

Los observadores del tiempo hacen observaciones regulares de los tipos de nubes que están presentes sobre su estación. Para cada clase se hace un apunte de la cantidad en el cielo, la dirección en que se mueven y la altura. La altura de una capa de nubes sobre el suelo, se puede determinar en varias formas. Un observador con experiencia puede calcular la altura con bastante exactitud. En los aeródromos, los pilotos que ascienden o descienden a través de una masa de nubes, fijan la altura refiriéndose a su altímetro y reportando la altura al observador. Un globo, del cual se conoce su velocidad de ascensión, es soltado desde el suelo, tiempo que tarda hasta que desaparece entre la nube multiplicado por la velocidad de ascensión, de la altura. Durante la noche se proyecta un rayo de luz contra las nubes y la altura del punto iluminado en la base de la nube se puede establecer por triangulación. El ceilometer proyecta un rayo de luz titilante que puede distinguirse de los rayos de luz del día por medio de una foto celda, de manera que se puede usar de día y de noche. Con un aparato apropiado para registrar los movimientos del ceilometer, se puede llevar un record automático bastante exacto de la altura de las nubes.

Se llama "techo" a la altura sobre el suelo de la capa de nubes más baja, que cubre por lo menos la mitad del firmamento. Se han establecido "techos" mínimos para aterrizar o para el despegue de naves aéreas en los aeropuertos, para los diferentes tipos de aviones y para sistemas de aterrizaje por instrumentos.

PRECIPITACION

Las partículas de las nubes son tan pequeñas que o son sostenidas por corrientes verticales de aire o, se precipitan y se evaporan antes de llegar a la Tierra. Las partículas de las nubes pueden aumentar en tamaño suficiente para caer a la super-

ficie de la Tierra como precipitación, ya sea por coalición de gotas o por la inestabilidad coloidal debida a la coexistencia de agua y partículas de hielo.

Los esfuerzos para estimular la precipitación por métodos artificiales, se basan en la teoría que los mecanismos naturales de precipitación son ineficientes. La inyección de partículas de yoduro de plata y otros químicos, o de hielo seco, o la aspersión de gotas de agua sobre una nube, se supone que ayudan a completar uno de los dos principales mecanismos. Hay alguna evidencia de que la precipitación puede estimularse artificialmente, pero todavía se necesita una gran cantidad de investigación antes, para que el hombre pueda controlar la precipitación de un grado significativo.

La precipitación es uno de los fenómenos meteorológicos más irregulares. Dos pluviómetros colocados a distancia de unas pocas millas uno de otro, darán medidas completamente diferentes. Aún en períodos de meses y semanas, la precipitación total puede variar enormemente entre dos áreas relativamente cercanas. Sólo observando períodos de años se puede eliminar esta variación. En un sentido general, la cantidad de precipitación es mayor en los trópicos y regiones ecuatoriales y disminuye hacia los polos. Es mayor en el lado de las montañas azotado por el viento, que en el que está contra el viento y más fuerte en las regiones costaneras que en el interior del continente. Las corrientes calientes de aire, procedentes del océano, favorecen la precipitación, mientras que las corrientes frías de las montañas, las disminuyen.

TEMPERATURA

La temperatura es una medida del contenido de calor de una substancia. Cuando dos substancias están en contacto una con otra, el calor pasa de una que tenga mayor temperatura a la que tenga menor. En meteorología se usan tres escalas: En la escala Fahrenheit el punto de congelamiento es 32 grados y el punto de ebullición es de 202 grados. En la centígrada conocida oficialmente como la escala Celsius, el agua se congela a 0 grados centígrados y hierve a los 100 grados. De esta manera, un grado de la escala Celsius es equivalente a 1 y ocho décimos de grado de la escala Fahrenheit. La temperatura absoluta es simplemente la escala Celsius más 273 grados.

Para medir la temperatura del aire se utilizan termómetros que contienen mercurio o alcohol. En climas muy fríos se prefiere el de alcohol, porque el mercurio se congela a los 38 grados F.

El termómetro de máximos tiene una depresión entre el tubo y el depósito, que evita que el mercurio regrese al depósito cuando baja la temperatura. De modo que su lectura es la temperatura más alta desde que el termómetro fué ajustado. Se le ajusta a la temperatura normal, haciendo girar el termómetro, de manera que la fuerza centrífuga empuje el exceso de mercurio por el agujero del depósito a través de la depresión.

Un termómetro de mínimas contiene alcohol e incluye un índice transparente en la base. La tensión sobre la base de la columna de alcohol, hace bajar el índice conforme cae la temperatura y dicho índice marca la temperatura más baja. El termómetro de mínimas se vuelve a ajustar inclinándolo hasta que la fuerza de gravedad regrese el índice al extremo alto de la columna de alcohol. Los termógrafos, son termómetros que registran la temperatura automáticamente.

Los termómetros deben estar expuestos al aire, de lo contrario no pueden registrar la verdadera temperatura del mismo. Estas deben estar protegidos contra los rayos del sol, pues de otra manera pierden calor por medio de la radiación durante la noche. Un termómetro expuesto a los rayos del sol, registra temperaturas más altas que la verdadera temperatura del aire.

La temperatura a nivel del mar es un índice meteorológico importante, porque el intercambio de calor entre el mar y la atmósfera, afecta los procesos del clima. La temperatura del mar se observa regularmente y se reporta a los barcos. La temperatura de tierra también es de alguna importancia, pero no se reporta regularmente.

HUMEDAD

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

BIBLIOTECA

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES

La humedad es la cantidad de vapor de agua en el aire. La humedad específica es la masa de vapor de agua en una unidad de masa de aire. Esta varía entre

cerca de 0 en aire muy seco, hasta un máximo de más o menos 40 grados de vapor de agua en un kilogramo de aire, o sea una proporción del 4%. Una de las paradojas de la meteorología, es el hecho de que esta pequeña proporción de vapor de agua es responsable por los cambios de clima, como son la neblina, las nubes y la precipitación. También es responsable por muchos de los cambios de calor en la atmósfera. Se necesitan como 600 calorías para evaporar un gramo de agua. El vapor acarrea este calor encerrado dentro de él y lo suelta cuando el vapor se condensa en agua.

El termómetro húmedo marca la temperatura más baja a que se puede enfriar el aire, al evaporar agua en él. Por otra razón, esta es una temperatura muy importante de medir por la forma que afecta a las personas en clima caliente, porque el cuerpo no se puede enfriar efectivamente por la evaporación del sudor, si la temperatura del termómetro húmedo es alta. Una fórmula que combina las temperaturas húmedas y secas, da un índice que se relaciona a ambos con el comfort humano, en tiempo caliente y se usa también para determinar las cargas en los acondicionadores de aire.

La humedad es muy importante para las actividades humanas, en otras formas además de su comfort. En algunos procesos fabriles, la humedad se tiene que controlar cuidadosamente. Los guardabosques vigilan cuidadosamente la humedad, porque el aire seco aumenta los riesgos de incendios forestales. La humedad baja también aumenta el peligro de incendios en edificios. En invierno cuando se usan calentadores en edificios que en el interior tienen baja humedad, se pueden producir incendios. Además en New York se han hecho estudios para establecer la relación entre la humedad atmosférica y la frecuencia de incendios y se ha demostrado que en el verano hay casi dos veces más incendios, cuando la humedad es abajo de 50% que cuando es de 90%.

CONTAMINACION ATMOSFERICA

Un grave problema de la civilización moderna, es la contaminación de la atmósfera por muchos gases o partículas que son dañinas a los seres humanos, a las cosechas y a los edificios. Estas substancias se producen por combustión en las fá-

bricas, incineradores y motores de automóviles, o por la explosión de bombas atómicas o de hidrógeno. Se pueden quitar de la atmósfera por su asentamiento gradual o por un efecto de precipitación. Sin embargo no hay forma de retirarlas con suficiente rapidez. Cuando la atmósfera está tranquila, su contaminación puede aumentar rápidamente. Ha habido muchas muertes en los últimos días en ciudades como Londres, como resultado de complicaciones pulmonares causadas por la contaminación del aire.

VIENTOS

El viento es el aire en movimiento. Su velocidad se puede expresar en millas por hora, metros por segundo, o nudos. Un nudo es la velocidad de una milla náutica por hora, o 1.15 millas por hora. La dirección del viento, es la dirección desde donde sopla éste. Se expresa por medio de puntos de la brújula, por ejemplo, un aire que sopla del oeste hacia el este, se le llama un viento oeste. También se puede dar su dirección en grados, desde 0 grados por un viento del norte y se mide hacia la derecha, a 90 grados por un viento del este, 180 grados por un viento del sur y 270 grados para un viento del oeste.

La velocidad del viento y su dirección se pueden calcular observando sus efectos del aire en los árboles, banderas, humo de chimeneas, la vegetación, o por la superficie del mar. El viento se mide por medio de una veleta que apunta hacia la dirección de donde éste viene y por un anemometro que indica la velocidad. Un tipo corriente de anemometro es el de copa, que consiste en 3 o 4 copas montadas en brazos que giran sobre un eje vertical, de manera que el viento obliga a las copas a girar alrededor del eje. La velocidad de rotación se mide y ésta es la velocidad del viento. Otro tipo común tiene una hélice montada en una veleta. La veleta mantiene la hélice siempre dando el frente hacia el viento, de manera que da la velocidad y la dirección al mismo tiempo.

El movimiento del aire de la atmósfera no es parejo. La velocidad y dirección del viento fluctúan en un área grande de frecuencias. Estas fluctuaciones llamadas turbulencia, son uno de los problemas más difíciles de la meteorología. La turbulencia mezcla la atmósfera más efectivamente que el movimiento de las

moléculas. El traspaso de calor, el movimiento y humedad por turbulencia, es más o menos un millón de veces más efectivo que la conducción molecular, la fricción y la difusión. Este traspaso de las propiedades, debe tomarse en cuenta al explicar y pronosticar el tiempo. Las fluctuaciones de turbulencia en el aire son causadas por irregularidades de la superficie, calentamiento desigual e inestabilidad de la atmósfera, pero no están relacionados con estos factores por leyes simples, por lo tanto, sus efectos no pueden predecirse exactamente.

EL MAPA METEOROLOGICO

Los elementos del clima descritos en las secciones anteriores, se observan regularmente en miles de estaciones meteorológicas en todo el mundo. En algunas estaciones, especialmente en los aeropuertos, las observaciones se hacen cada hora y más frecuentemente cuando el tiempo está cambiando rápidamente. Las observaciones standard para el mapa meteorológico de la superficie, se hacen cuatro veces al día, o sea a media noche, a las seis de la mañana, al medio día y a las seis de la tarde, hora de Greenwich. Las observaciones de los vientos superiores, se hacen cuatro veces por día y las observaciones de presión, temperatura y humedad en el aire, se hacen dos veces diarias. La red de estaciones meteorológicas se complementan en puntos intermedios comparativos, los cuales registran cada día la temperatura máxima y mínima y la precipitación.

Las observaciones meteorológicas se difunden eficientemente por teléfono, telégrafo, teletipo y radio. Las observaciones en un área determinada, se reúnen en un punto de tal área y se transmiten por teletipo y radio a otras áreas. Por ejemplo los datos del tiempo en todos los Estados Unidos, están disponibles por teletipo en cualquier punto del país, en un término de dos horas, después de que las observaciones han sido hechas. Las observaciones se transmiten en código que permite una gran cantidad de información para que pueda expresarse en unos pocos símbolos. Con este bien organizado sistema de recolección y disseminación de datos, se puede lograr la predicción del tiempo.

La cartilla más importante usada por los predictores del tiempo, es el mapa meteorológico de superficie. En este mapa se anota para cada área, la cantidad

de nubes, sus tipos, la altura de la más baja, dirección del viento y velocidad, temperatura, tiempo de rocío, visibilidad, tiempo prevaleciente, presión reducida al nivel del mar, cambio de presión durante las últimas 3 horas, tiempo durante las últimas 6 horas y la cantidad de precipitación. En la lista de tiempo se puede ver de una sola vez el estado del tiempo, en toda la región cubierta por el mapa, por lo tanto, a esta cartilla se le llama la cartilla sinóptica. Por extensión de esta idea, los meteorólogos cuando se refieren a observaciones, algunas veces usan el término sinóptico en sentido de simultáneo.

PRONOSTICO DEL TIEMPO

El pronóstico del tiempo es una de las principales ramas de la meteorología. La exactitud del pronóstico del tiempo depende del método que se use para efectuarlo. Si hay suficiente tolerancia permisible, se puede decir que la exactitud es alta. Por ejemplo, si el pronóstico de la temperatura es considerado correcto cuando está dentro de un margen de 5 grados de la temperatura que se observe, casi todos los pronósticos de temperatura pueden verificarse. Si la tolerancia se disminuye a un grado, muchos pronósticos no se verificarán. La evaluación de la exactitud del pronóstico, tiene que estar relacionado a la manera en que se usen esos pronósticos. No hay ningún sistema de verificación que sea satisfactorio para todos los usos.

El tiempo es un fenómeno excesivamente complejo. Un disturbio tan pequeño que no pueda encontrarse en el sistema sinóptico, puede crecer en proporciones de ciclón en un término de no más de un día. Mientras crece, este disturbio interfiere con otros sistemas de presión cambiando sus características. Aunque algunos de estos procesos se gobiernan por leyes físicas conocidas, el problema de predicción es complicado por complejidades matemáticas de las leyes y falta de suficientes observaciones para demostrar el estado exacto de la atmósfera en un momento determinado.

Los fenómenos del tiempo pueden reconocerse a través de una gran escala, como se explicó en los primeros párrafos de este artículo. Cuando se está pronosticando los mínimos de temperatura nocturna en un distrito agrícola, el experto debe tener presente el efecto de la salida del aire frío hacia valles pequeños, así como el efecto de los sistemas de presión más grandes. Un pronóstico de lluvias

tempestuosas en una ciudad grande, significa que estas pueden caer en algunas partes de la ciudad, pero no necesariamente en toda la ciudad.

Por medio de computadores electrónicos de alta velocidad, se ha podido predecir el tiempo por métodos matemáticos en lugar de los métodos empíricos del pasado. Estos computadores tienen la capacidad para almacenar información y la velocidad necesaria para dar resultados útiles de las ecuaciones de meteorología. Sin estos computadores numéricos del tiempo, se tomaría tanto tiempo para predecir las condiciones meteorológicas, que estas podrían cambiar considerablemente antes de que el cálculo se completara.

Los computadores electrónicos son capaces de tomar reportes en código del teletipo, de codificarlos, corregir algunos errores, analizar la situación actual, calcular el pronóstico de tiempo y presentarlo en la forma de una carta de pronóstico. Los computadores pueden programarse para hacer cualquier cálculo lógico a tomar una decisión y su uso está solamente limitado por la habilidad del hombre para darle las instrucciones necesarias para calcular y resolver los problemas.

CONTROL DEL TIEMPO

El control del tiempo por el hombre podría tener un valor económico incalculable y un efecto profundo en nuestro modo de vida. Estudios intensos de las posibles maneras de controlar el tiempo, se han llevado a cabo desde después de la II Guerra Mundial. Parece que las posibilidades son más grandes para fenómenos de pequeña escala y menores en aquellos fenómenos de gran escala, porque la energía de los procesos atmosféricos aumenta la energía de las fuentes controladas por el hombre, excepto en los fenómenos del tamaño de una tormenta. La producción de lluvia artificial, se basa en la teoría que algunas nubes producirían lluvia si se les estimula por medio de inyecciones de hielo seco, yoduro de plata o algunas otras sustancias.

Actualmente, hay poca esperanza de cambiar el clima en regiones grandes. Los desiertos que son ocasionados por bajas de aire en los anticiclones tropicales, no pueden convertirse en regiones fértiles por sólo aumentarles la cantidad de lluvia, a menos que la circulación en los anticiclones grandes pueda cambiarse. Cuando comprendamos mejor la forma en que funcionan estos fenómenos, podremos encontrar formas de influenciar la circulación general.

SISMOLOGIA

El temblor es un movimiento de la tierra, causado por la rotura de rocas que han sido forzadas más allá de su resistencia. Las vibraciones que constituyen un temblor, son a veces suficientemente severas para dañar o destruir edificios y para efectuar cambios visibles en la superficie de la tierra.

Algunas de estas vibraciones son sentidas por las personas, pero en su gran mayoría su existencia es conocida únicamente por los registros efectuados por instrumentos llamados sismógrafos.

Ahora bien, Sismología es la rama de la ciencia física en lo que respecta al estudio e investigación del fenómeno de los temblores de tierra, sus causas y efectos, su distribución, y las circunstancias que los provocan.

Lógicamente se comprende, que la Sismología es de suma importancia a la Geología y a otras formas de investigación terrestre.

Desde principios del siglo XIX, la Sismología ha tomado gran auge en su desarrollo y ha ido progresando a tal grado, que se ha convertido en una enorme y creciente masa de material y literatura, y sus posibilidades apuntan hacia la aplicación de la ciencia para fines prácticos.

Causas de los temblores

Antiguamente la gente creía que la tierra estaba fija en el espacio, y que el sol, la luna y las estrellas giraban alrededor de ella, por lo que llegaban a la conclusión de que la tierra debía estar sostenida sobre algo. Por esa misma razón, se creía que los temblores se causaban por movimientos en el soporte. En el Japón, se creía que este soporte era una gran araña y más tarde que era un enorme pez bagre. En Mongolia y las Islas Célebes, se le daba forma de un puerco; en la India como una mole gigantesca, y en algunas partes de la América del Sur, como una ballena; y en algunas tribus de los Indios Norteamericanos, se creía que era una gran tortuga.

Aristóteles, trabajando con los cuatro elementos del Universo conocidos en su tiempo, es decir, el aire, la tierra, el fuego y el agua, representó grandes masas de aire o gases contenidos en cavidades subterráneas y calentadas hasta el punto donde trataban de escapar.

Este esfuerzo y su escape subsecuente, creía que causaban los movimientos de la tierra que producían los temblores. De acuerdo con esta teoría, expuso la idea de que antes de un temblor, debido a que el aire se había amontonado en esas cavidades en cantidades anormales, la atmósfera se hacía pesada. Esto llevó a la suposición que la pesantez que a veces acompaña a la gran humedad en el aire, era un signo de que venía un temblor, y a esas condiciones atmosféricas se les conoció, como tiempo de temblores. La idea de que existe tal tiempo de temblores, ha persistido hasta la fecha, aunque no hay base científica para ese modo de pensar.

Los terremotos más fuertes y prácticamente todos los de mucha fuerza, son resultado de cambios estructurales en la tierra, y se les llama terremotos tectónicos. Este nombre se deriva de la palabra griega "Tectón", que quiere decir un constructor, y por lo tanto se refiere a cosas que tienen que ver con la Arquitectura de la Tierra, es decir con el desarrollo de su estructura. Algunos de los cambios efectuados en la generación de terremotos tectónicos, es claro que se llevaron a cabo por la fracturación de los materiales de la Tierra en su superficie, llamadas "fallas". Al tiempo de la falla, se genera energía, la cual viaja huyendo del punto de origen o foco, en la forma de vibraciones elásticas, o sean temblores. Los focos de temblores o epicentros, se localizan a varias profundidades desde muy cerca de la superficie, hasta más de 400 millas bajo la superficie.

La causa inmediata de un temblor, es por lo general una rotura repentina en las rocas que han sido presionadas hasta el límite de su resistencia. Algunas rocas son más fuertes que otras, y pueden resistir más distorsión, de manera que la energía que se requiere para quebrarlas varía. La seguridad de que los temblores son causados por roturas repentinas en la roca, se basa en la observación de los efectos que se pueden ver directamente en la superficie. También se basa en nuestro conocimiento de como se comportan las rocas cuando se les sujeta a fuerzas que las distorsionan. En el laboratorio se ha sujetado a las rocas a presiones que son equivalentes a la presión de varias profundidades de tierra, hasta 100 millas.

Bajo esas presiones, a profundidades bajas las rocas gradualmente cambian de forma, pero forman una resistencia cuando lo hacen hasta que finalmente llegan a su punto de rompimiento. Entonces se parten y se acomodan en posiciones forzadas. Antes de quebrarse, pequeños golpes o vibraciones anuncian que el esfuerzo se ha convertido en crítico. En los temblores esto se siente como pequeñas vibraciones anteriores. Pequeños ajustes después de la rotura, se les llama vibraciones posteriores.

La causa de los temblores está relacionada íntimamente a la movilidad universal de la superficie de la tierra. Sin saber su origen, tenemos suficiente evidencia de la existencia de fuerzas que están constantemente trabajando, moldeando la cubierta del globo, distorsionándola, cambiándola de nivel y fracturándola. Esta evidencia se hace patente por los datos de la geología estructural e histórica. Cada montaña en el mundo, consiste en gran parte de rocas sedimentarias que en un tiempo eran formaciones en el fondo de un océano. Como tales formaciones se elevan, se doblaban y se distorsionaban formando las montañas, éstas frecuentemente se quebraban y cada rotura causó un terremoto. Las teorías relativas a las últimas causas de la movilidad de la tierra, han tenido su origen, en su mayor parte en el estudio de como se hicieron las montañas. No se ha ofrecido ninguna explicación generalmente aceptada.

Distribución de los temblores

Un reciente análisis de temblores de la tierra, ha dado estadísticas sobre el número de temblores que ocurren en un año. En promedio, podemos esperar que cada año habrá un gran terremoto, diez temblores mayores, cien temblores destructivos, mil temblores con pequeños daños, diez mil temblores menores y cien mil movimientos que generalmente se sienten alrededor de un área determinada. Si todos los temblores, hasta el más pequeño se incluyera, indudablemente el total podría ser más de un millón. Por otro lado, un gran terremoto puede desarrollar más energía que todos los pequeños temblores juntos.

Aproximadamente 80% de la energía sísmica del mundo se libera en la faja que está alrededor del Océano Pacífico. Hay una faja secundaria que principia

en el Mediterráneo y va hacia el este, hasta Asia y es el escenario de terremoto que representa casi un 15% de la energía sísmica del mundo. Esto deja menos de 5% para el resto del mundo. Hay muy pocas partes del mundo que no han experimentado temblores, y han habido algunos muy fuertes en lugares remotos a las fajas indicadas. Al mismo tiempo, regiones enteras que habían sido comparativamente tranquilas, se convirtieron en regiones de gran actividad.

En general, cualquier región que ha tenido terremotos en el pasado, puede esperar tenerlos en el futuro. Las fuerzas que producen los terremotos, dan evidencia de estar trabajando continuamente. Puede haber un período entre terremotos en cualquier área, conforme se va haciendo la fuerza, pero la repetición de temblores anteriores inevitablemente puede ocurrir.

Seis grandes terremotos que representaron casi en 25% de la energía total, en la primera parte del siglo XX, se localizaron como sigue:

Enero	31, 1906, en Colombia
Agosto	17, 1906, en Chile
Enero	3, 1911, en Tien Shan Mountains, Asia
Diciembre	16, 1920, en Kansu, China
Septiembre	1º, 1923 en Japón
Agosto	15, 1950, en India.

Efectos de los temblores

En regiones muy montañosas, a veces los temblores vienen acompañados de desprendimientos de tierra. Estos son generalmente de dos tipos: el desprendimiento simple y las avalanchas. Ambas pueden tener consecuencias destructivas. Los cambios abruptos en el nivel de la tierra, se observan al mismo tiempo de un terremoto. Siguiendo un fuerte temblor en 1899 en la vecindad de Yakutat Bay, Alaska, se encontró que porciones del fondo del mar se habían elevado hasta 50 pies. De la misma manera, se notaron elevaciones horizontales. En la vecindad de San Francisco, California, en 1906, los caminos fueron elevados hasta 20 pies.

Los desprendimientos submarinos, a veces tienen un efecto profundo. Al tiempo de un severo terremoto en 1929 en el Norte Atlántico, 12 cables submarinos se rompieron y se cree que fué un desprendimiento muy grande del material del fondo del mar. La primera rotura ocurrió en el epicentro del terremoto, la segunda a 55 millas de distancia, 59 minutos más tarde; y la última a 300 millas de distancia, 13 horas y 27 minutos después de que pasaron los terremotos.

Los desprendimientos submarinos o cambios de nivel, a veces causan una gran ola que crece sobre la superficie del mar. Esta ola es grande, en el sentido que se compone de grandes masas de agua y llega a distancias de cientos de millas de cresta a cresta, pero corrientemente es tan pequeño, que casi no se le ve en el mar abierto. Conforme se acerca a las playas, sin embargo, primero causa un retroceso del agua de la orilla. Esto ocurre algunas veces tan despacio, que es como cuando hay una marea sumamente baja. El agua luego regresa, a veces despacio, otras veces más rápidamente, pero siempre con una tremenda energía; el agua se apila a alturas cada vez más grandes, hasta que pega en la tierra con una fuerza irresistible. A esto se le llama generalmente, una ola de marejada u ola de marea, aunque por lo general no tiene nada que ver con mareas ordinarias del mar. Una de las olas sísmicas más grandes que se conoce, es la que el 6 de octubre de 1737 reventó a 210 pies de altura en la costa del Cabo Lopatka, en la parte sur de la Península de Kamchatka en Siberia.

Una fantasía popular, es que cuando hay un terremoto muchas veces se abren grandes grietas y salen lenguas de fuego. No hay realmente ninguna base de que esto sea cierto. Cuando ocurre un terremoto cerca de una ciudad, a veces ocurren incendios, los cuales son más destructores que las vibraciones del suelo.

Durante un terremoto hay frecuentemente vibraciones en el suelo que se transmiten al aire, de tal manera que produce sonidos que se pueden oír perfectamente. A estos se les llama sonidos de terremotos. Se les ha descrito de diferentes maneras, y generalmente ocurren en la escala baja de los temblores. Muy cerca de la fuente de un terremoto, el sonido a veces incluye golpes secos que sugieren la rotura de grandes bloques de roca. Más lejos los sonidos se asemejan con vehículos que pasan rápidamente sobre terreno duro, o a veces suena como tempestad lejana, explosiones, etc. Por lo general, todos los temblores se acompañan de sonidos en

diferentes escalas. Generalmente en principio, el sonido precede a la vibración y el sonido más grande acompaña al terremoto más fuerte. Hay muchas excepciones, pero es muy difícil registrar fenómenos de esta clase.

Ondas de temblores

Las vibraciones en la tierra que producen un terremoto, no son simples. Estas vienen en forma de ondas de varias clases y se transmiten de una parte a otra.

Un tipo de onda, es la que avanza empujando y jalando partículas en su camino, conforme avanza de un lado a otro. La designación técnica de esta onda, es la longitudinal, pues las partículas en su camino se mueven en la línea hacia la cual avanza el temblor. Otro tipo de onda es la que avanza por saltos en su camino, de manera que se mueven en ángulo recto de la dirección en que avanzan. A los primeros se les llama temblores de oscilación, y a los segundos de vibración. Hay una tercera clase de ondas que solamente van sobre la superficie de la tierra.

Cuando ocurre la ruptura de la superficie de la tierra, tanto en los temblores de oscilación como en los de vibración, se forman las ondas sísmicas. Estas empiezan inmediatamente en todas direcciones, desde el epicentro u origen del temblor. En las ondas sísmicas, la de oscilación es mucho más rápida, como resultado de esto llega primero a distancias mayores y antes de que se conociera su verdadera naturaleza, se le conocía como onda primaria. Por la misma razón, el temblor de vibración que llegaba más tarde, se le llamaba onda secundaria.

Además de viajar a diferentes velocidades, las ondas difieren en otro importante aspecto. Las ondas de oscilación pueden viajar en sólidos, líquidos o gases. Esta onda empuja el aire y el agua, al contrario de esta la de vibración sólo existe en materiales que se resisten a cambiar su forma. Esto no incluye líquidos y gases. Este asunto tiene un resultado importante en la información sismográfica sobre el centro de la tierra.

La diferencia entre las velocidades de las ondas, ayuda mucho a los sismólogos. Cuando las ondas empiezan simultáneamente de un foco de terremoto, la onda oscilatoria gana progresivamente sobre la vibratoria.

Los sismógrafos registran cualquier disturbio por el paso de cualquiera de estas ondas. Hacen sus apuntes con las marcas de tiempo, de manera que se registra el tiempo exacto del disturbio, así como su existencia. Cuando un terremoto del cual se conoce su epicentro y sus efectos sobre la superficie, las distancias a varias estaciones sismográficas que registran las vibraciones se pueden establecer y así se pueden hacer tablas de tiempos de los intervalos entre las ondas oscilatorias y las vibratorias, así como cualquier otra clase de ondas.

Además de esta información, las estaciones sismográficas anotan el tiempo exacto del día en que estas ondas llegaron a las diferentes estaciones, de manera que al trabajar hacia atrás es posible calcular el instante en que las ondas oscilatorias y vibratorias estuvieran juntas, esto es, el tiempo en que el terremoto tuvo su origen en el epicentro. Cuando ésto se ha hecho, los intervalos entre las ondas se pueden suplementar por el largo exacto de tiempo requerido para que ellas lleguen a diferentes distancias.

Cuando las anotaciones de una estación se cambian diariamente, y demuestran que han habido ondas oscilatorias y vibratorias, el observador determina los intervalos que hay entre una y otra. Usando la tabla de intervalos, puede encontrar inmediatamente la distancia a que éstos se refieren.

Este proceso que se lleva a cabo en todas las estaciones sismográficas, puede registrar un terremoto. El tiempo que calcula desde el instante en que el terremoto principió desde luego debe ser igual a todos. Se trazan arcos en un globo terrestre sobre cada estación, con radios iguales a las distancias computadas que intercepten en, o cerca del centro o del epicentro y así localizan el terremoto.

Sismógrafos

Son instrumentos para registrar el período, extensión y dirección de cada una de las vibraciones que constituyen un temblar. Un sismógrafo completo comprende 3 grupos de aparatos diferentes:

- 1) para registrar movimiento horizontal
- 2) para registrar movimiento vertical
- 3) para registrar el tiempo de duración.

El sismógrafo debe estar directamente sobre terreno sólido y firme, libre de contacto con las partes de la estructura que lo proteja del exterior.

Los primeros instrumentos constituyeron modificaciones del "sismocopio" (receptor de temblores primitivo), inventado en el siglo II de nuestra era, por un científico chino llamado Choko, pero nuevos elementos han sido incorporados y el sismógrafo ha sido llevado a un alto grado de perfección.

Uno de los mejores sismógrafos del mundo, si no el mejor, es el utilizado por el Observatorio Imperial de Tokyo, Japón.

CARACTERISTICAS SISMICAS DEL VALLE QUE COMPRENDE LA CIUDAD DE GUATEMALA

La región que comprende el Valle de Guatemala, (y prácticamente todo el Departamento), es alcanzado durante el año por cierto número de sismos más o menos sensibles, los cuales pueden llegar a un promedio por año de 300 a 350 en sus diferentes categorías, todos ellos procedentes principalmente de los epicentros domésticos o regionales, es decir, los del territorio Nacional, así como de la región sur de la República Mexicana y las zonas sismotectónicas del Océano Pacífico frente a las costas Centroamericanas.

La categoría de estos fenómenos distribuidos como promedio durante el año, se pueden clasificar de la manera siguiente:

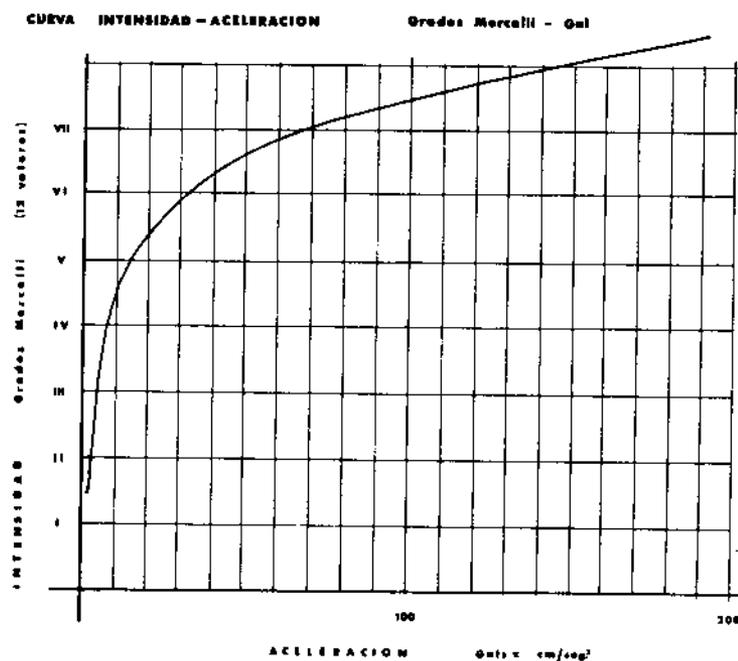
80%	corresponde a sismos PEQUEÑOS, insensibles a las personas.
15%	PEQUEÑOS, pero sensibles, comprendidos entre los Grados (I) y (II).
5%	REGULARES, a veces alarmantes, comprendidos entre los Grados (II) y (IV), nunca dañosos.
0.4%	FUERTES, algunas veces peligrosos, comprendidos entre los Grados (IV) y (V) o más.

La intensidad citada representa Grados de la Escala Internacional de Mercalli, (modificada por H. Good y F. Neuman en 1931), que comprende 12 valores. Las

características técnicas correspondientes a los grados de la escala citada, se estudian y comprenden mejor considerándolos en sus valores correspondientes de Aceleración, (armónica) para cuya conversión se da adjunto un gráfico de "Intensidad-Aceleración".

Los epicentros que con mayor frecuencia alcanzan la región considerada, pudiendo producir efectos más o menos dañosos son: Epicentro de la región norte del macizo orográfico del volcán de Pacaya, o sea la zona norte del Lago de Amatitlán en Petapa; epicentro situado en el Departamento de Escuintla al SW del macizo orográfico citado y dos o tres epicentros fuertes localizados en el Departamento de Suchitepéquez cerca del litoral del Pacífico.

Tomando en cuenta el progreso de la técnica en la construcción moderna, es conveniente tener presente que un sismo cualquiera comienza a ser peligroso tan pronto como rebase completamente el Grado (V) de la escala referida.



SISMOS REGISTRADOS EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA DE 1900 a 1967

Grado V o más (Escala de Mercalli)

- | | |
|--------------------------|--|
| 18 de abril de 1902 | Terremoto de Quezaltenango. (Al sismo inicial siguieron varios otros de carácter destructivo). Intensidad máxima probable VII. |
| 23 de septiembre de 1907 | Temblor fuerte sentido en la región central del territorio, (Guatemala, Amatitlán, Antigua). Grado V. |
| junio y julio de 1910 | Serie de temblores fuertes sentidos en la Ciudad de Guatemala. Intensidad máxima, Grado V. |
| 8 de marzo de 1913 | Terremoto de Cuilapa. A las 10 horas primer sismo de la serie que destruyó las poblaciones de Cuilapa y Barberena. Se sintieron estos sismos en toda la región central de la República. |
| 6 de septiembre de 1915 | A las 20 horas, fuerte temblor más o menos del Grado V. Este sismo fué completamente aislado. |
| 17 de noviembre de 1917 | En la madrugada se sintió fuerte temblor, Grado V. Con este sismo se inició una serie más o menos continua que culminó con los terremotos de diciembre y enero. |
| 25 de diciembre de 1917 | A las 22 horas 5 minutos, fortísimo sismo inicial de la serie que dejó en ruinas la Ciudad de Guatemala (posiblemente el grado de los primeros temblores de estas fechas, alcanzaron los grados VII y VIII). |
| 29 de diciembre de 1917 | A las 14 horas 15 minutos se repitió la fuerte actividad sísmica con otro temblor catastrófico, posiblemente y por investigaciones posteriores, se presume que alcanzó el Grado IX. |

- 3 de enero de 1918 A las 22 horas 35 minutos, tercer temblor destructivo seguido, como de costumbre por cientos de temblores medianos. El grado de este sismo alcanzó probablemente el grado VIII.
- 24 de enero de 1918 A las 19 horas 30 minutos se presentó el último y tal vez el más destructor de los Terremotos de Guatemala de esas fechas. Posiblemente alcanzó el grado VIII/IX. Es de advertir que entre los períodos que separaban la actividad de los terremotos, se registraban cientos de otros de diferentes categorías, que contribuían a dañar y dejar por tierra lo que aún quedaba de la Ciudad.
- 6 de agosto de 1942 A las 17 horas fuerte temblor, posiblemente el más fuerte desde 1917. Alcanzó el grado VI/VII. Fue un sismo aislado.
- 23 de octubre de 1950 Fuerte temblor con intensidad un poco mayor del grado V. Se sintió en gran parte de la zona central y parte de la costa sur.
- 6 de diciembre de 1958 Se inició una serie de temblores, entre los cuales se presentaron tres de cierta categoría; a las 4 horas del día 6, con grado cercano al V. A las 9 horas 45 minutos, se verificó el segundo comprendido en el mismo grado. Y a las 15 horas se presentó el último con grado inferior al grado V.

No está demás hacer notar que la frecuencia sísmica del territorio de Guatemala disminuyó marcadamente desde los terremotos de 1917-18. Antes de tales fechas, posiblemente el record de sismos de todas categorías, pero sensibles, pasaba de los 700 a 800 sismos por año. Posteriormente disminuyeron durante las décadas de 1930 y 1940, a unos 400 por año. En la actualidad, los sismos de estas características no llegan a 300 y el porcentaje de sismos fuertes (mayores del Grado IV), escasamente llegan a un 2%.

ASTRONOMIA

Es la rama de la ciencia que trata sobre los cuerpos del espacio, incluyendo todos los cuerpos físicos del Universo. Los tres hechos fundamentales que determinan los grandes fenómenos de la astronomía, como la observamos en el curso de nuestras vidas, son:

- 1) La forma de globo de la Tierra en que vivimos;
- 2) Su rotación diurna sobre su eje;
- 3) Su revolución anual alrededor del sol.

El primero de estos hechos es tan familiar para nosotros, que no necesita discusión. De esa forma son consecuencia todos los fenómenos aparentes del firmamento. Los cuerpos celestes que nos rodean en todas direcciones, que en realidad son tan numerosos durante el día como por la noche, sólo son visibles por la noche, pues durante el día se borran por la depresión de luz en la atmósfera. Para imaginar los cielos como realmente son, debemos imaginarnos estrellas siempre visibles en todas sus partes, por lo que durante el día deberíamos ver el sol sumergido entre algunas estrellas. La observación de los cuerpos celestes no nos da una idea exacta de su distancia. Viendo una estrella no podemos saber si su distancia puede medirse en miles de millas, millones, o miles de millones como realmente lo es. Por lo tanto, todos los cuerpos celestes parece que están a la misma distancia, como si estuvieran pegados en la superficie de una enorme esfera, en cuyo centro estuviera colocada la Tierra. A esta forma imaginaria se llama la esfera celeste. Es una de las más antiguas concepciones de la astronomía, y se usan en la ciencia hasta el presente, para representar la apariencia de los cielos. Se divide en dos hemisferios; uno visible y otro invisible. El hemisferio visible, es la mitad sobre el horizonte que llamamos cielo y que siempre podemos ver, excepto por obstrucciones lejanas o irregularidades del terreno. La otra mitad abajo del horizonte, está escondida de nuestra vista porque la tierra es opaca.

La rotación de la Tierra sobre su eje, produce el fenómeno del día y la noche y la aparente salida y puesta de los cuerpos celestes. A esto se le llama la moción diurna. Esta se debe considerar en dos aspectos, ya sea como la verdadera rotación

de la Tierra sobre su eje en una dirección siempre hacia el este, o como una aparente rotación de los cielos en la dirección opuesta, debido a que no estamos conscientes del movimiento de la Tierra. En consecuencia, nos da la impresión de que los cuerpos celestes giran a nuestro alrededor, pegados a la esfera celeste. Los dos puntos opuestos de la esfera celeste situados en los extremos del eje de la Tierra, se les llama los polos celestes. La esfera celeste parece girar alrededor de dichos polos. A estos se les llama norte o sur, de acuerdo con la dirección. Su posición aparente en el cielo, depende de la latitud del punto donde está situado el observador. Un cuerpo celeste situado en cualquiera de los polos, parece que no tuviera ningún movimiento diurno.

Ahora bien, para representar las posiciones de las estrellas, los astrónomos se imaginan círculos en la esfera celeste que corresponden a los círculos de longitud y latitud de la Tierra. Así como nos imaginamos los meridianos de norte a sur, trazados sobre la Tierra de un polo a otro para medir longitudes terrestres, así imaginamos en los cielos círculos trazados sobre la esfera, del polo norte celeste, al polo sur celeste. Como la longitud de un punto de la Tierra se expresa por el ángulo que el meridiano hace con el meridiano de Greenwich, así la longitud correspondiente de una estrella, es el ángulo que el círculo que la atraviesa hace con cierto meridiano en la esfera celeste. Esta medida para las estrellas no se llama longitud, sino que ascensión recta y los meridianos celestes que la determinan, se llaman círculos de horas.

En la misma forma en que en la Tierra tenemos un gran círculo que la cruza, equidistante de los dos polos llamado Ecuador, así nos imaginamos un círculo que cruza los cielos, igualmente distante de los polos norte y sur celestes, al cual se le llama el ecuador celeste. En cualquier punto este círculo aparecerá fijado en su posición, siempre cruzando el horizonte en sus puntos al este o al oeste y en las latitudes cortando el meridiano sur del cenit, por una distancia igual a nuestra distancia del ecuador.

Conforme la latitud de un lugar se mide por su distancia angular norte o sur al ecuador así la correspondiente coordenada de una estrella se mide por su distancia promedio del ecuador celestial, ya sea norte o sur. A esto se le llama la de-

clinación de una estrella. De manera que la ascensión recta y la declinación de una estrella determinan su posición en la esfera celeste, así como la longitud y latitud determina la posición de una ciudad en la Tierra. Todas las cartas celestes se construyen con el sistema de círculos como base y en todos los catálogos modernos de estrellas, se da la ascensión recta y la declinación.

Ahora debemos considerar el efecto del movimiento anual de la Tierra alrededor del sol. Si pudiéramos ver al sol entre las estrellas, lo que notaríamos sería que siempre está cada vez más hacia el este, día tras día y en el curso de un año parece que ha hecho una revolución completa alrededor de las estrellas. El resultado es, que mientras que el sol se levanta y se pone 365 veces, las estrellas se levantan y se ponen 366 veces. Como estas últimas están siempre en la misma dirección absoluta y parece que se levantan y se ponen de acuerdo con la rotación de la Tierra sobre su eje, nos parece que la dirección de rotación del sol con respecto a la Tierra, va en una revolución completa en el curso de un año. En otras palabras, el sol parece que hace un círculo completo alrededor de la esfera celeste, entre todas las estrellas. Esta apariencia se sabe por medio de pruebas positivas, que se debe al verdadero giro de la Tierra alrededor del sol. Los griegos ya creían esto, pero fué Nicolaus Copernicus el que primero pudo probar esta hipótesis.

El aparente paso del sol entre las estrellas, se puede trazar en un mapa por medio de observaciones astronómicas. Cuando se le observa cuidadosamente, se encuentra que hace un gran círculo en la esfera celeste, llamado la eclíptica. De manera que tenemos dos círculos imaginarios de importancia fundamental en los cielos. Uno es el ecuador celeste, el otro la eclíptica en que el sol parece caminar. Estos círculos no coinciden, pero se cruzan en dos puntos opuestos en un ángulo de $23 \frac{1}{2}$ grados, que se llama la oblicuidad de la eclíptica. Por lo tanto, durante la mitad del año el sol está al sur del ecuador celeste y durante la otra mitad está al norte de él. En la mitad en que está al norte de su curso, tenemos el verano en el hemisferio norte y el invierno en el hemisferio sur; en la parte sur tenemos el verano en el hemisferio sur y el invierno en el norte. De manera que el cambio de las estaciones se debe a la oblicuidad de la eclíptica. Si esta última coincidie-

Hay dos puntos opuestos en la esfera celeste en los cuales el ecuador y la eclíptica se cruzan. A estos puntos se llama equinoxios, porque cuando el sol los cruza los días y noches tienen la misma duración en toda la Tierra. El equinoxio en el cual el sol pasa moviéndose hacia el norte, se llama equinoxio vernal, porque este cruce marca la primavera en el hemisferio norte. Al otro se le llama equinoxio de otoño por una razón similar. Las observaciones hechas durante muchos siglos, demuestran que los equinoxios no son fijos, sino que viajan lentamente por la eclíptica, a tal velocidad que pueden hacer una vuelta completa del este hacia el oeste en 25,800 años. A este movimiento se le llama la precesión de los equinoxios. Su existencia demuestra que la dirección del eje de la Tierra va cambiando lentamente, de manera que la posición en que pasa por el cielo, a medio día, entre los polos celestes, este cambio en los polos causa un cambio correspondiente en el ecuador.

Se ha encontrado que los planetas describen su curso alrededor de la esfera, en pasos que no se desvían mucho de su eclíptica. Una faja de los cielos que se extiende 8 grados a cada lado de la eclíptica, incluirá a todos los planetas visibles a simple vista. A esta faja se le llama el Zodíaco. Principiando con el equinoxio vernal, se divide en doce secciones de 30 grados cada una, conocido con los signos del Zodíaco. En tiempos antiguos se daba gran importancia a la entrada del sol dentro de cada uno de estos signos, cuya entrada ocurría como a un mes entre uno y otro. Ahora ocurre como el veinteaño día de cada mes, pero no tienen ninguna importancia científica. También hay 12 constelaciones, principiando con Aries y terminando con Piscis, que tienen los mismos nombres de los signos del Zodíaco y están colocados en el curso de éste. Hace 2000 años estas constelaciones coincidían bastante cerca con los signos, pero ahora como consecuencia de la precesión de los equinoxios, ya no corresponden una con la otra. El signo de Aries está actualmente en la constelación Piscis, y el signo de Tauro en la constelación de Aries.

La eclíptica, junto con círculos trazados paralelos a ella en la esfera celeste, se usa frecuentemente como referencia para indicar las posiciones de estrellas y planetas. Los círculos trazados hacia abajo o a través de los polos de la eclíptica, hacen las veces de los círculos de horas que ya se describieron. Las coordenadas de los objetos en este sistema, se conocen con el nombre de longitud y latitud ce-

leste respectivamente. Pero se nota que no son análogas a la longitud y latitud de la Tierra, puesto que el ecuador no es una referencia fundamental. Este sistema se emplea casi exclusivamente en el trabajo de órbitas en la mecánica celeste, pero no es conveniente para este objeto en la astronomía práctica.

Ahora bien, la astronomía se divide en tres ramas principales que son: ASTRONOMIA PRACTICA, ASTRONOMIA TEORICA Y ASTROFISICA.

ASTRONOMIA PRACTICA

La rama de la astronomía que se refiere a la observación, medida y reducción de las posiciones de los objetos celestes, se llama astronomía práctica. Reducción, es el proceso de establecer resultados matemáticos de datos observados. La astronomía práctica también se conoce como fundamental o astronomía de posiciones. Además de su importancia como un campo de observación e investigación, la astronomía práctica tiene gran aplicación en tales campos como: la agrimensura o planimetría, la navegación celeste y la geodesia. Una utilización también muy importante, está en la determinación del tiempo exacto de la Estación Naval de los Estados Unidos y otros observatorios nacionales en todo el mundo.

Ahora bien, la astronomía práctica también comprende:

Astronomía meridional que es el principio que se aplica a la determinación de las posiciones de las estrellas, planetas y otros objetos celestes, e incluye la observación del paso por el meridiano de tales objetos, es decir de la determinación del instante exacto en que un objeto cruza el meridiano celeste, que es un círculo imaginario en el cielo, que pasa del polo celeste sur por el cenit del observador, hasta el polo celeste norte.

La determinación de la posición geográfica, que es de gran importancia pues es la base para la determinación de límites, tanto departamentales y estatales, como internacionales.

Reducción de posiciones de las estrellas, cuya recopilación de datos es de gran importancia para la preparación de cartas y catálogos de las estrellas.

Así también la astronomía práctica comprende: determinación del tiempo, observaciones fotográficas, observaciones micrométricas, astronomía esférica, aberración y nutación.

ASTRONOMIA TEORICA

Es el campo de la astronomía que vincula soluciones analíticas de las posiciones y movimientos de los cuerpos celestes que actúan por gravitación con las fuerzas tanto centrales como de perturbación. La habilidad de predecir las posiciones pasadas, presentes o futuras de los cometas, asteroides o de los planetas en su movimiento alrededor del sol; o satélites alrededor de sus planetas; o de las estrellas dobles alrededor de sus centros comunes de gravedad, son basadas sobre las cuatro leyes generales de la astronomía.

La primera de estas, es la ley universal de gravedad enunciada por Newton en 1687 en su principio: "Cada partícula de materia en el universo atrae toda otra partícula con una fuerza que varía directamente por el producto de las masas de las partículas e inversamente por el cuadrado de la distancia entre ellas".

Las leyes básicas del movimiento planetario, deducidas por Kepler de las observaciones de Tycho Brahe, de los planetas, fueron generalizados por Newton y luego por matemáticas, en la siguiente forma:

- 1) Cada cuerpo en el sistema solar, describe una sección cónica (elipse, parábola e Hipérbola) con el sol, a su foco principal.
- 2) Ley de áreas: el radio vector (línea desde el centro del sol, al centro del objeto) distribuye áreas iguales en intervalos de tiempo iguales.
- 3) Ley armónica: los cuadrados de los períodos de los planetas en su movimiento alrededor del sol, multiplicados por sus respectivas masas, más la del sol, son proporcionales a los cubos de sus distancias desde el sol.

ASTROFISICA

La rama de la astronomía que trata las condiciones físicas de los cuerpos en el espacio. Esta basada en elementos de las radiaciones, emitidas por estos cuerpos y estudiados por instrumentos como los espectroscopios, balómetros, celdas fotográficas, termopares y radio telescopios.

VI. LOCALIZACION DEL SITIO

La localización de un observatorio debe escogerse cuidadosamente, pues según sea su tipo y equipo, dicha localización debe cumplir con ciertos requisitos.

Ejemplo de ello es el sitio que se escogió para el "Observatorio Astronómico Interamericano", el cual se encuentra en la cúspide de Cerro Tololo, en Chile.

Según los entendidos, la zona de Vicuña en los Andes talvés es la mejor del mundo para observaciones astronómicas; su atmósfera homogénea, producto de su latitud y esencialmente de su posición geográfica entre el mar y la montaña.

Indudablemente todo el mundo acudiría al Observatorio en Cerro Tololo si pudiera hacerlo, dada la naturaleza de su equipo que consta de un telescopio de 60 pulgadas y otro de 150 pulgadas, el cual tiene un costo que sobrepasa los 10 millones de dólares y también porque se presenta como uno de los mejores en lo que a observación astronómica se refiere, no sólo por las condiciones geofísicas de su localización, sino también la ventaja que le atribuye la ausencia de luces urbanas, reflejo y polvo, o sea la ausencia total de elementos que contaminen la atmósfera.

Sin embargo todas estas ventajas traen consigo sus problemas, como lo es el difícil acceso, pues su distancia con la capital de Chile, Santiago es de 480 Km. lo cual pone de manifiesto que sólo personas muy interesadas, o bien científicos, estarán en posibilidad de visitarlo, razón lógica, pues se trata de un centro de investigación eminentemente científico, no educativo.

Por otro lado, tenemos que el nuevo Observatorio Astronómico "Lindheimer" perteneciente a Norwest University en Dearborn, se encuentra a orillas del Lago Michigan y a pocas millas de la ciudad de Chicago. El equipo del cual está dotado, consta en dos telescopios, uno de 16 y otro de 40 pulgadas respectivamente. Además tiene adjunto un edificio para oficinas, biblioteca y aulas.

Ahora bien, surge la pregunta: ¿siendo Chicago una ciudad grande con un fuerte reflejo debido a la iluminación nocturna, lo cual dificulta la observación astronómica grandemente, porqué localizar un observatorio con un telescopio relativamente grande cerca de ella? La respuesta es absolutamente clara: el objetivo prin-

principal de dicho observatorio es puramente educativo, lo cual hace necesario que se localice donde tanto estudiantes, personal y las facilidades de la universidad se encuentran.

Las luces de Chicago y la pesada niebla que a veces descansa sobre ella, impediría la visibilidad a baja altura en esa dirección, sin embargo Chicago es una ciudad con fuertes corrientes de viento, lo cual mantiene el cielo sobre Evanston, claro y libre de niebla.

Se ha hecho referencia a estos ejemplos, para hacer ver el criterio que prevalece en lo que a localización de un observatorio astronómico se refiere, según sea su objetivo de tipo científico o educativo. Ahora bien, hemos de tomar en cuenta que el aspecto que nos interesa es el educativo, en el cual las condiciones determinantes son el fácil acceso y las distancias mínimas con los centros educacionales. Esto sin olvidar las condiciones geofísicas, las cuales si no son las mejores, deben estar dentro de un margen aceptable.

Ahora bien, el "Observatorio Nacional" no sólo contempla el aspecto astronómico sino también los departamentos de meteorología y sismología, por lo que a continuación entraremos a analizar las condiciones necesarias para ello.

Guatemala cuenta con una red de estaciones meteorológicas, la cual abarca toda la República. Cada una de estas estaciones tiene su equipo propio y su función consiste en analizar las condiciones climatológicas de un área determinada, lo cual puede ser: la orilla de un río, la cúspide de una montaña o volcán, o bien una ciudad, pueblo o aldea. Todas estas estaciones son controladas por el "Observatorio Nacional" en sus oficinas centrales, el cual reúne toda la información servida por la red completa, para poder emitir el reporte de las condiciones meteorológicas de toda la República.

En lo que al departamento sismológico se refiere, los entendidos en la materia recomiendan que la constitución del sub-suelo donde descanse el sismógrafo, sea lo más compacta posible, es decir roca primitiva. Sin embargo esto no es determinante, pues existen varios tipos de sismógrafos y según sean las condiciones del sub-suelo, este determinará el tipo de aparato a usarse.



red de estaciones

Sin embargo, lo que sí es determinante es que el terreno esté libre de perturbaciones ajenas a los sismos, es decir vibraciones de tipo mecánico.

En resumen, el sitio a localizar el Observatorio Nacional, deberá llenar los requisitos siguientes:

- 1) Altura: nunca menor de los 1500 metros.
- 2) Ubicación a no menos de 100 Km. del litoral marítimo.
- 3) Atmósfera clara y libre de niebla.
- 4) Terreno compacto, preferentemente de roca primitiva.
- 5) Terreno libre de perturbaciones ajenas a los sismos.
- 6) Terreno de fácil acceso y comunicación directa con vías terrestres de primer orden.

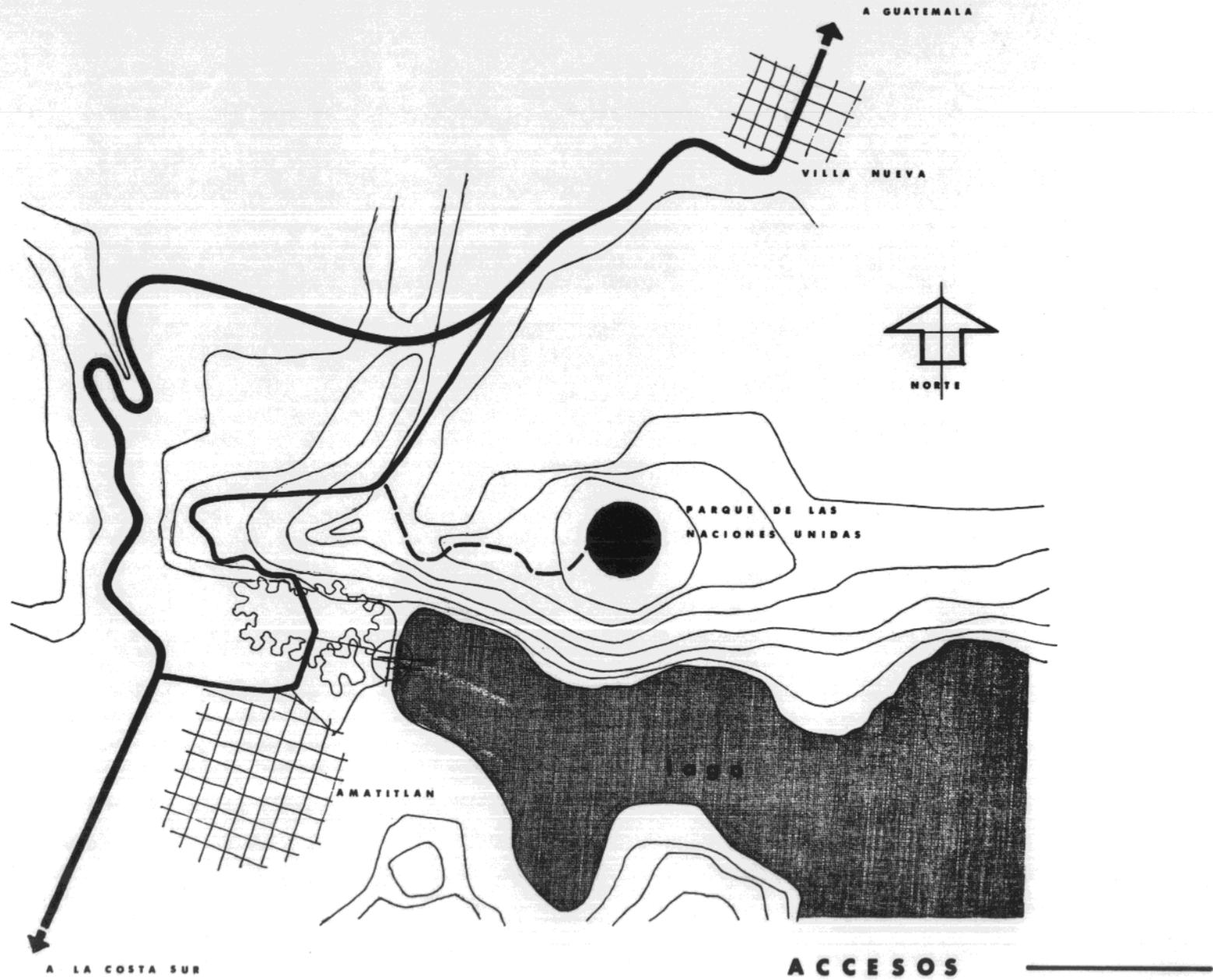
Determinación del lugar más adecuado

Después de analizar varios puntos probables, se llegó a la conclusión siguiente:

El terreno más adecuado para la localización del Observatorio Nacional, se encuentra al extremo sur del Valle de Guatemala, en el punto denominado "Parque de las Naciones Unidas", pues cumple con los requisitos indispensables, si no de una manera ideal en el aspecto astronómico por su relativa cercanía con la ciudad capital, sus condiciones geofísicas son bastante aceptables, pues las condiciones de nubosidad y niebla son bastante escasas. Estas se concentran en las protuberancias topográficas que rodean el Valle de Guatemala, así también el viento que sopla en este punto, con velocidades relativamente altas, con dirección nortesur, barre con la probable niebla provocada por la evaporación del lago en horas de la tarde. Todo esto hace que la atmósfera sobre el Parque de las Naciones Unidas sea adecuada durante algunas épocas del año. Con respecto a las condiciones de altura y distancia al litoral marítimo, podemos decir que se cumplen al pie de la letra, pues la altura sobre el nivel del mar, es mayor de los 1500 metros y su distancia con el Pacífico es menor a los 100 Km. especificados según las normas requeridas para la localización de un observatorio astronómico.



localizacion

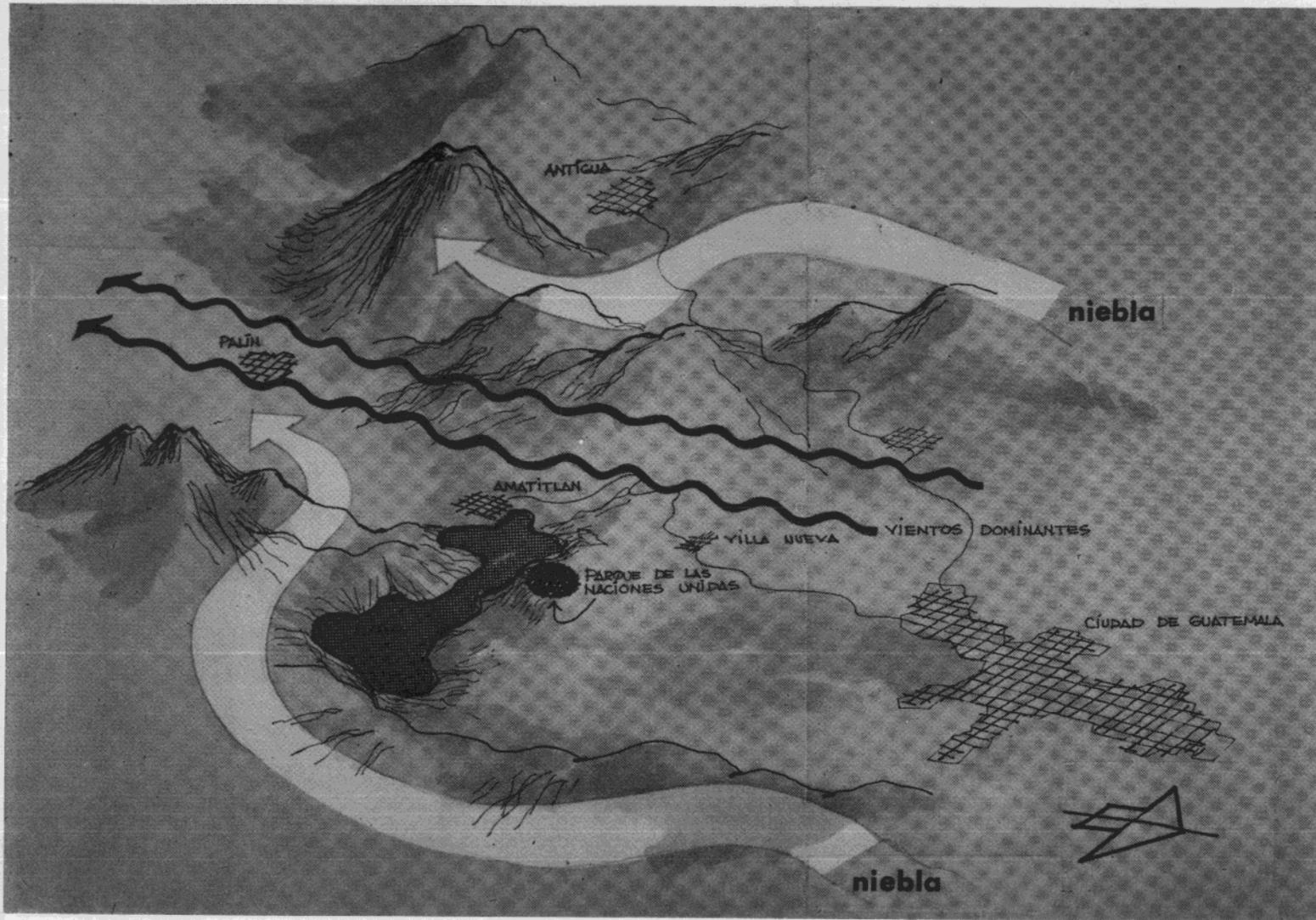


Así también, las condiciones del sub-suelo son bastante adecuadas para la colocación de aparatos que registren sismos, pues el terreno es bastante compacto y compuesto de rocas de origen volcánico y libre de vibraciones provocadas por el tráfico de vehículos pesados, en otras palabras libre de perturbaciones ajenas a los sismos.

Además, hay que tomar en cuenta que su localización permite un fácil acceso, ya sea desde la capital a sólo 23 Km. de distancia, por una carretera de primer orden, o bien desde Amatlán a pocos kilómetros por "el camino viejo", el cual está siendo habilitado nuevamente.

Este punto también tiene la ventaja de tener vistas paisajistas maravillosas en los cuatro puntos cardinales.

VII. ANALISIS DEL SITIO



CONDICIONES ATMOSFERICAS

EL MEDIO GEOFISICO

LOCALIZACION

El Parque de las Naciones Unidas se encuentra localizado en el extremo sur del Valle de Guatemala, en lo alto de una meseta que colinda por el sur con el Lago de Amatitlán; su distancia con la ciudad capital es de 23 kilómetros por el "camino viejo" a Amatitlán y su posición geográfica es de 14° 37' 10" latitud norte y 90° 29' 51" longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su altitud sobre el nivel del mar en su punto más elevado, es de 1520 metros, su extensión es de 250,000 m², aproximadamente..

TOPOGRAFIA

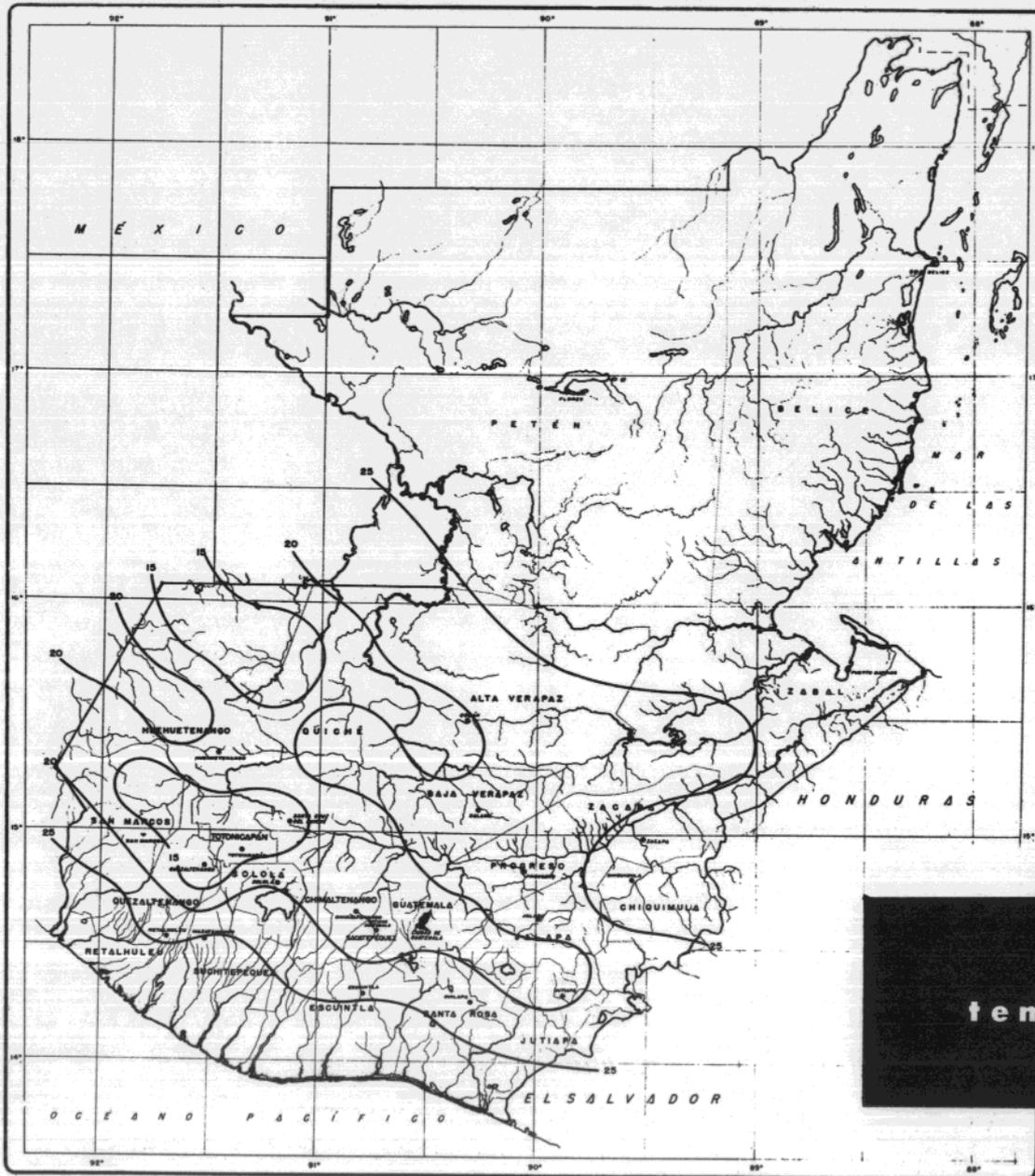
La meseta donde se encuentra el Parque de las Naciones Unidas, tiene una topografía uniforme con pendientes suaves al norte y poniente, con una pendiente media al oriente y con una pendiente muy fuerte al sur, sobre el Lago de Amatitlán.

Las vistas que ofrece dicho punto, son hacia los cuatro puntos cardinales, obteniéndose vistas maravillosas de los volcanes de Agua y Pacaya, el Cañón de Parí; el Lago se puede apreciar en toda su longitud, así como el Valle de Guatemala.

Es un punto muy visitado por personas que buscan solaz y esparcimiento, por las panorámicas que ofrece, así como por su distancia relativamente corta con la ciudad capital. Por todo esto es que ha sido considerado como uno de los mejores miradores con que cuenta la República de Guatemala.

TEMPERATURA (Datos proporcionados por el Observatorio Nacional)

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
MAX.	23.7	25.1	26.7	27.6	28.9	24.5	24.4	24.8	24.4	23.4	22.9	23.1	24.8
MEDIA	16.4	17.2	18.6	19.7	19.7	18.8	18.7	18.8	18.4	17.9	16.9	16.5	18.2
MIN.	11.5	11.8	13.2	14.3	15.3	15.5	15.1	15.1	15.2	14.5	12.8	12.0	13.9



temperatura

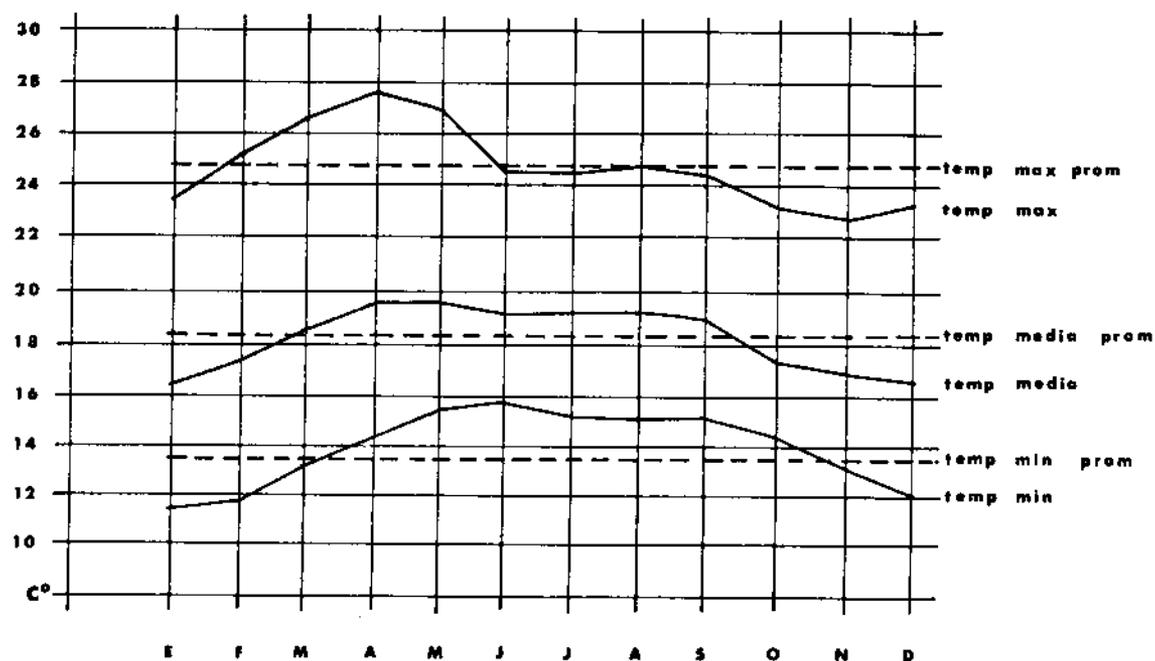
°C

Como se observa en el cuadro, en los meses de marzo, abril y mayo se suceden las temperaturas máximas (26.7° , 27.6° y $26.9^{\circ} \text{C}^{\circ}$), presentando la época más calurosa en estos meses.

Los meses de diciembre, enero y febrero, con las temperaturas bajas de 12.0° y 11.5° y $11.8^{\circ} \text{C}^{\circ}$, representan la época fría.

Sin embargo la temperatura media nos presenta un medio ambiente templado, pues oscila entre los 16.4° y $19.7^{\circ} \text{C}^{\circ}$.

GRAFICA (Temperatura)

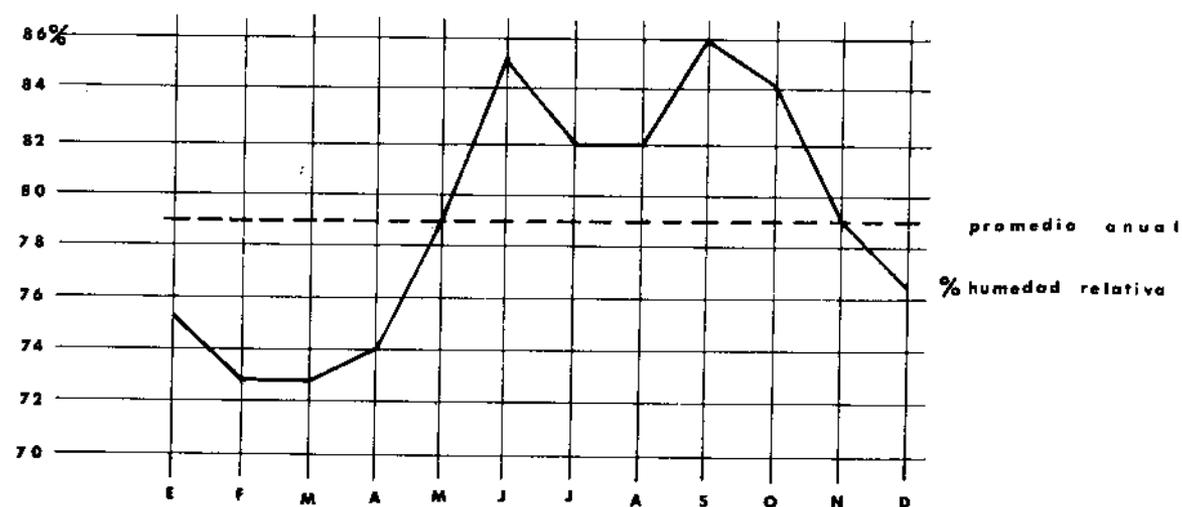


HUMEDAD RELATIVA (Fuente Observatorio Nacional)

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
%	75	73	73	74	79	85	82	82	86	84	79	77	79

La humedad relativa se conserva bastante uniforme, ya que varía entre el 73% en los meses de febrero y marzo y el 86% en el mes de septiembre, teniendo un promedio anual de 79%.

GRAFICA





humedad relativa
% anual

VIENTOS:

En el extremo sur del Valle de Guatemala, el viento se presenta proveniente del noroeste normalmente y con una velocidad relativamente alta, provocada por el cañón de Palín.

VELOCIDAD DEL VIENTO (Fuente Observatorio Nacional de Guatemala)

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	VEL. PROM.
VEL. MED.	21.9	20.5	18.5	17.3	13.9	12.8	16.0	14.5	11.2	15.7	20.8	21.8	17.2
VEL. MAX	51.0	44.0	49.0	43.0	36.0	35.0	36.0	35.0	31.0	39.0	49.0	49.0	42.0

DIRECCION DOMINANTE

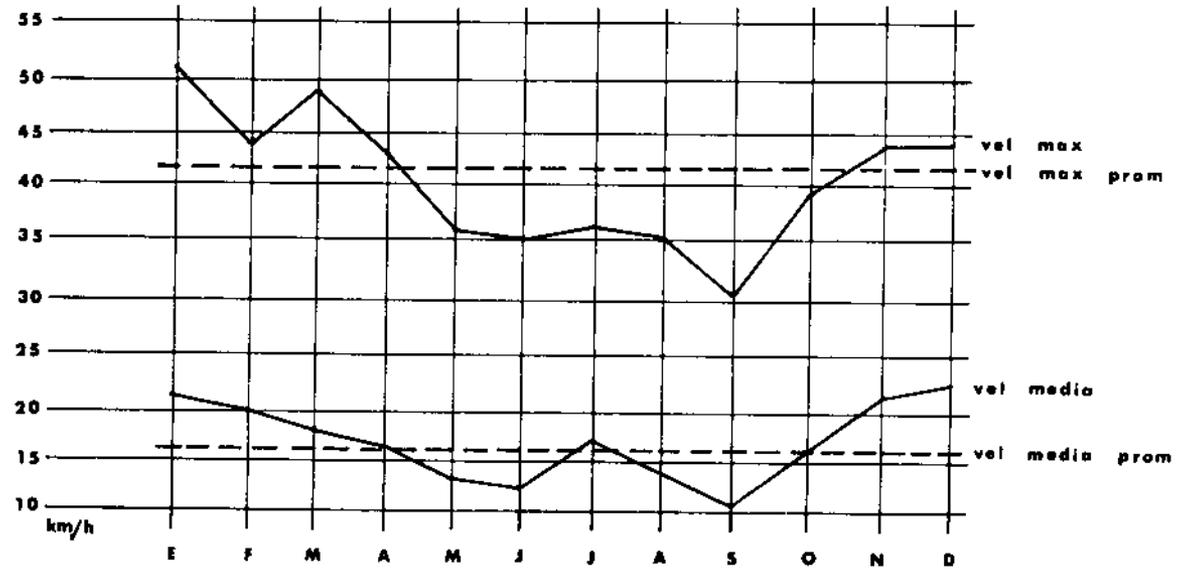
ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
NNE	NNE	NNE/ SSW	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE/ SSW	NNE	NNE	NNE

Como se ve en el cuadro, la velocidad máxima de los vientos es bastante alta, pues oscila entre los 31.0 kilómetros por hora en el mes de septiembre y los 51.0 kilómetros por hora en enero.

La velocidad máxima promedio de 42 kilómetros por hora, constituye un nivel alto, lo cual favorece al observatorio, pues mantiene el sitio libre de niebla.

La dirección dominante es la proveniente de nor-noroeste en todos los meses y ocasionalmente en los meses de marzo y octubre puede variar a sur-sureste.

GRAFICA





precipitacion
mm

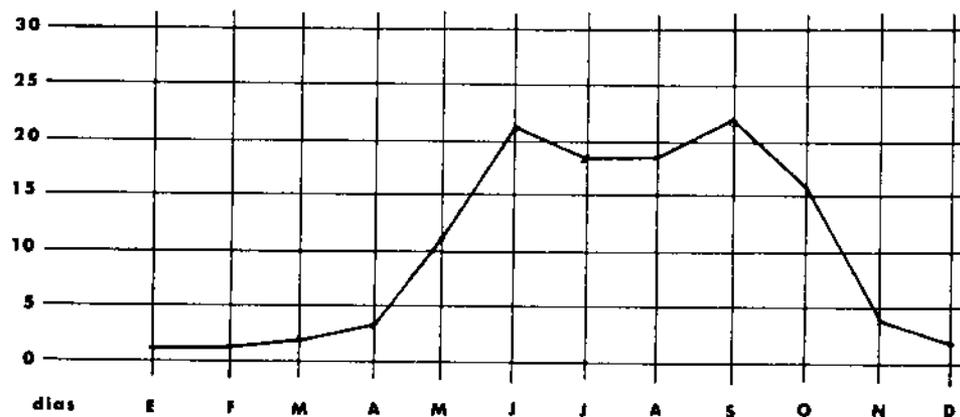
PRECIPITACION (Fuente Observatorio Nacional)

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
DIAS DE LLUVIA	1	1	2	3	12	21	18	18	22	15	4	2	119
PRECIP. m/m	2.6	2.5	6.9	17.9	133.9	265.2	205.4	183.4	260.6	158.2	21.0	7.4	1265.1

La época lluviosa se localiza entre los meses de mayo a octubre siendo los meses de junio y septiembre los de mayor precipitación con 265.2 mm y 260.6 mm respectivamente y los de mayor número de días de lluvia, con 21 días en el mes de junio y 22 en el mes de septiembre.

El total anual de días de lluvia es de 119 (4 meses), con 1265.1 mm de precipitación anual, lo que representa un nivel normal en lo que a precipitación se refiere.

GRAFICA: Días de Lluvia.





precipitacion
dias de lluvia (anual)

VIII. EL PROYECTO



VISTA AEREA DEL CONJUNTO



EL OBSERVATORIO NACIONAL DE GUATEMALA

El conjunto de edificios que formarán este centro, localizado en el Parque de las Naciones Unidas, a inmediaciones del Lago de Amatitlán, está dividido en dos grandes áreas: una pública, que atenderá a la mayor parte de los visitantes y que incluye todas las facilidades para atender a gran número de personas, y otra destinada a dotar al centro de las instalaciones técnicas, científicas, educativas y administrativas.

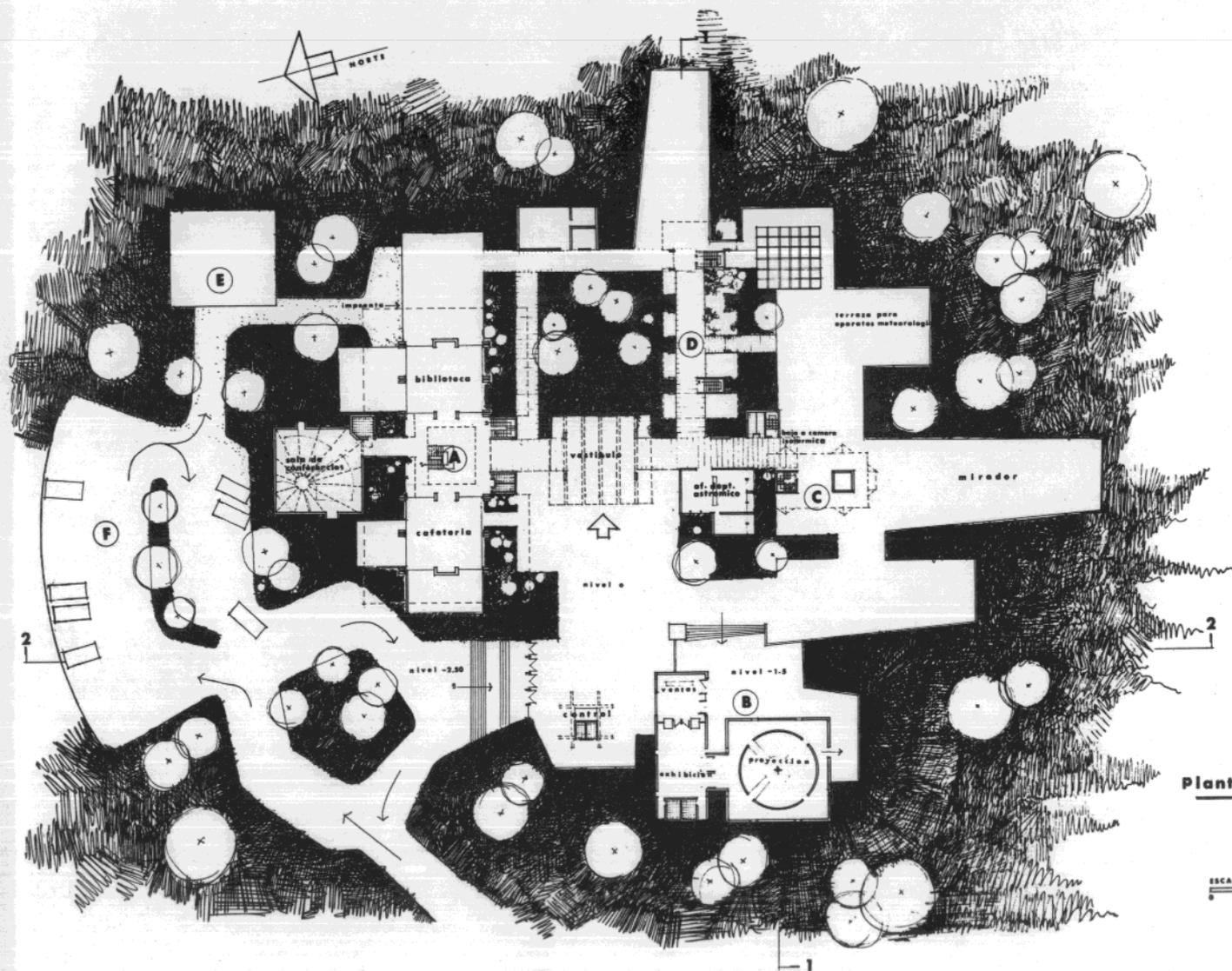
AREA PUBLICA

Al ingresar a la plaza central, a través de una escalinata, el visitante irá descubriendo puntos de interés, hasta situarse en medio de la plaza. Aparentemente la plaza estará cerrada por sus cuatro costados y al frente un jardín de espesa vegetación obstruirá deliberadamente la vista del paisaje, para obligar al visitante curioso a internarse por una vía de escape hacia los miradores que como prolongación de la plaza central se alargarán interminables, creando una sensación de estar suspendidos en el espacio. En este momento el paisaje se abre espléndido en toda su magnitud y el visitante experimentará una intensa emoción.

Se ha procurado en todo el proyecto, ir creando sensaciones emotivas y de interés, de una forma gradual para que el visitante vaya penetrando paulatinamente en el maravilloso campo de los fenómenos naturales.

Es a través de esta plaza central, jardines y su cambio de nivel, con el objeto de vestibular el ingreso de personas que se llega al edificio que constituye el PLANETARIUM.

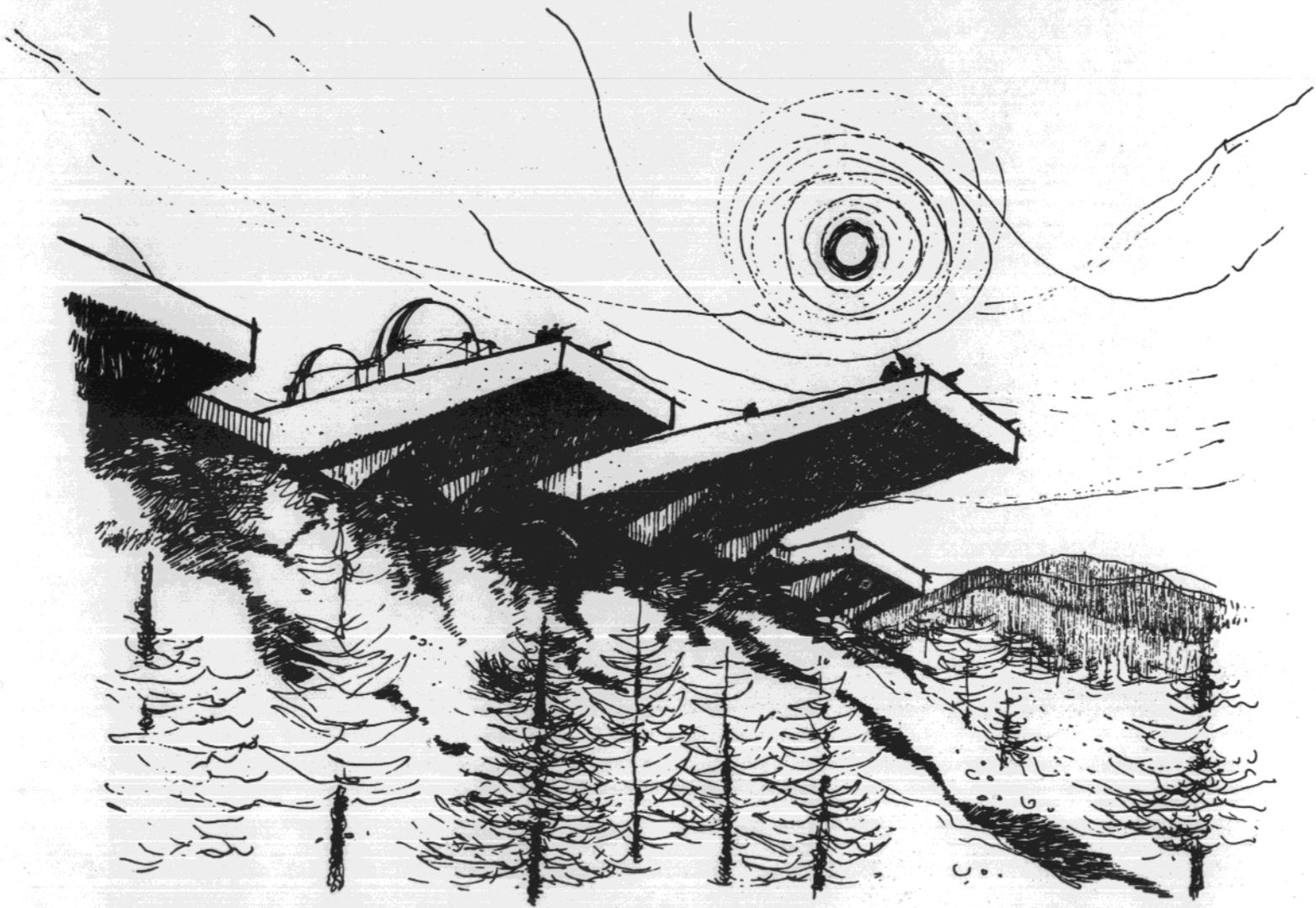
El edificio del Planetarium está formado por dos cuerpos, uno principal que alojará el equipo y la sala de proyecciones cuyas características arquitectónicas estarán condicionadas por funciones particulares muy específicas; el otro cuerpo, funcionará como vestíbulo y en donde se localizará un área de venta de publicaciones relativas a la difusión de la Astronomía, así también en este cuerpo se encontrarán el control de admisión y exhibiciones de tipo astronómico.



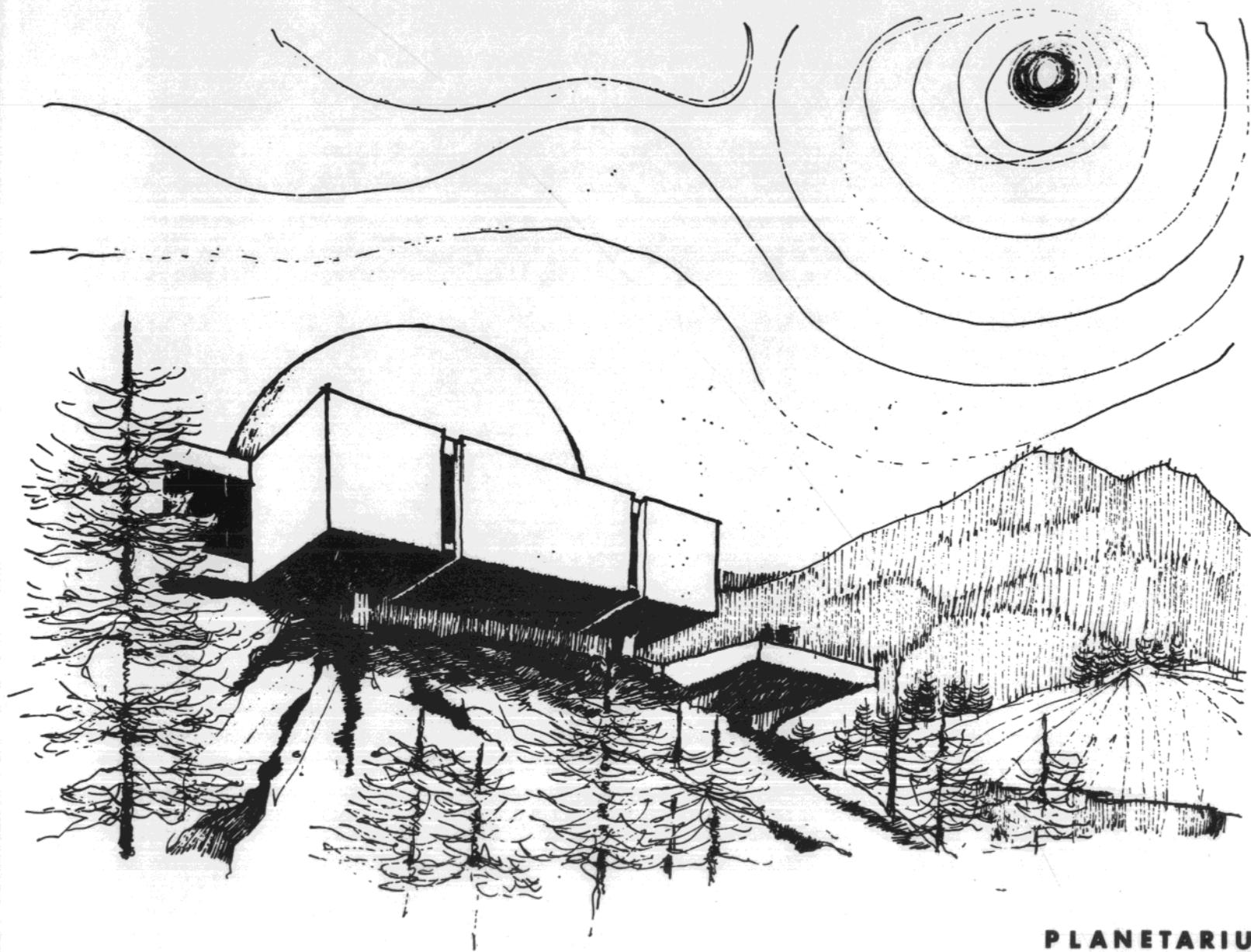
- A** OFICINAS ADMINISTRATIVAS
- B** PLANETARIUM
- C** ESTACION ASTRONOMICA
- D** ESTACION SISMOLOGICA Y METEOROLOGICA
- E** SERVICIOS, TALLERES, ETC.
- F** ESTACIONAMIENTO

Planta de conjunto ●





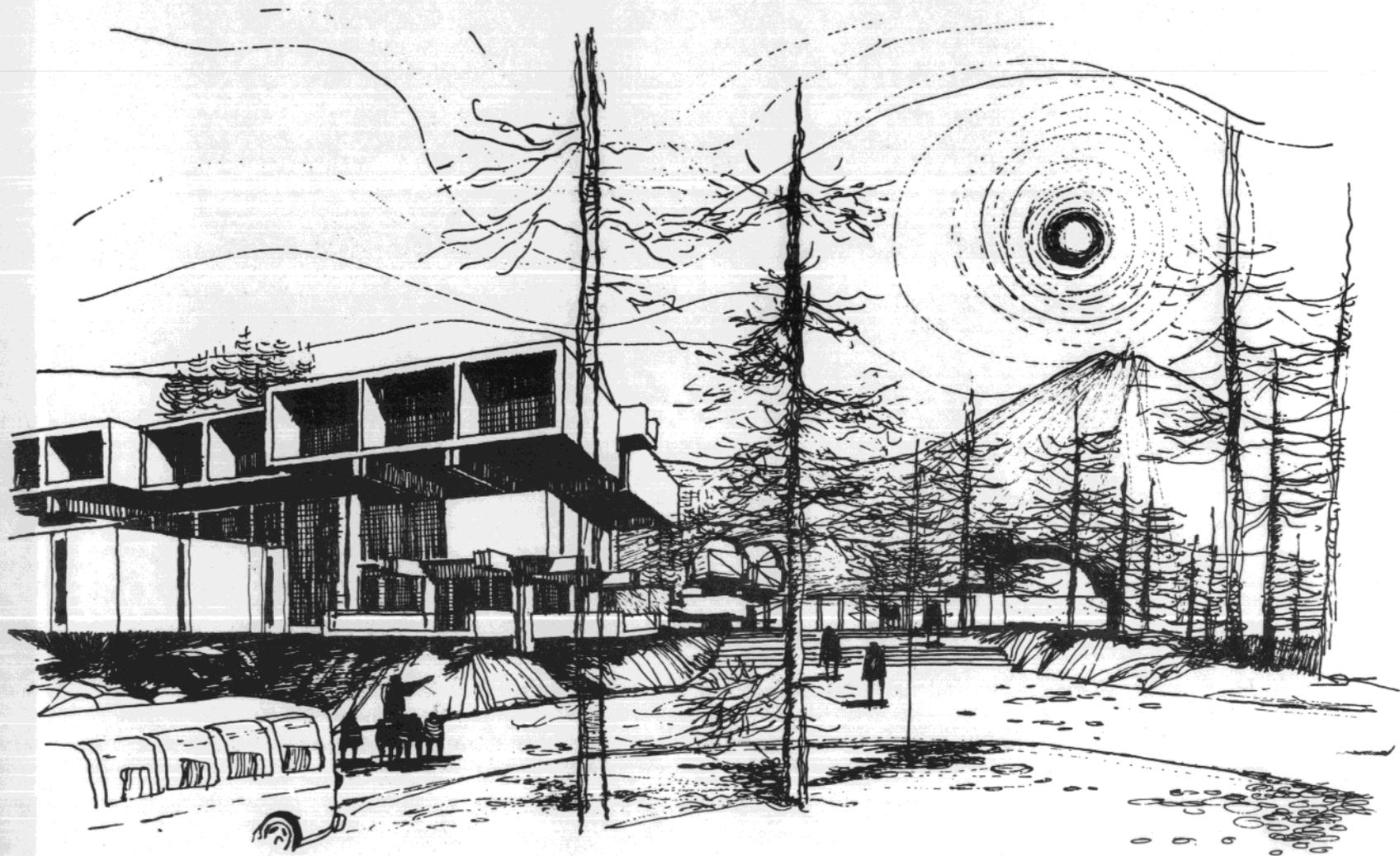
MIRADORES



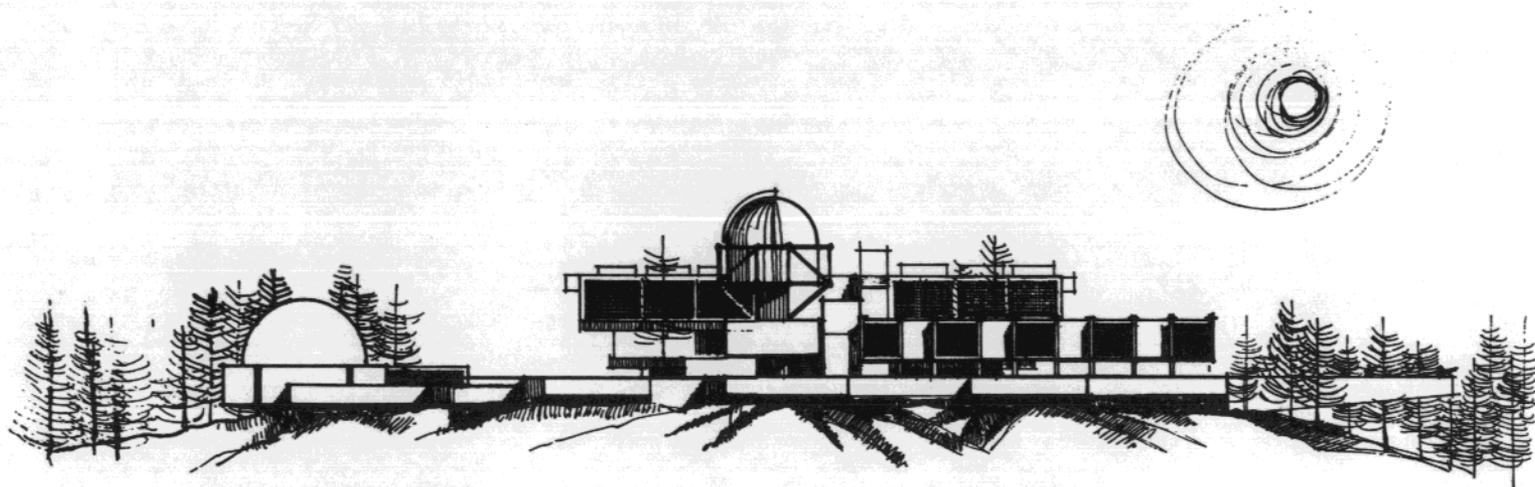
PLANETARIUM

La sala de proyecciones responderá tanto en forma, como en acabados, a los requisitos ópticos y acústicos que exige la representación artística de la bóveda celeste. Una cúpula de 14 metros de diámetro, la cubrirá y tendrá una capacidad para 150 butacas reclinables y giratorias para proporcionar comodidad a los espectadores y facilitar la observación de los fenómenos celestes reproducidos en el interior de ella.

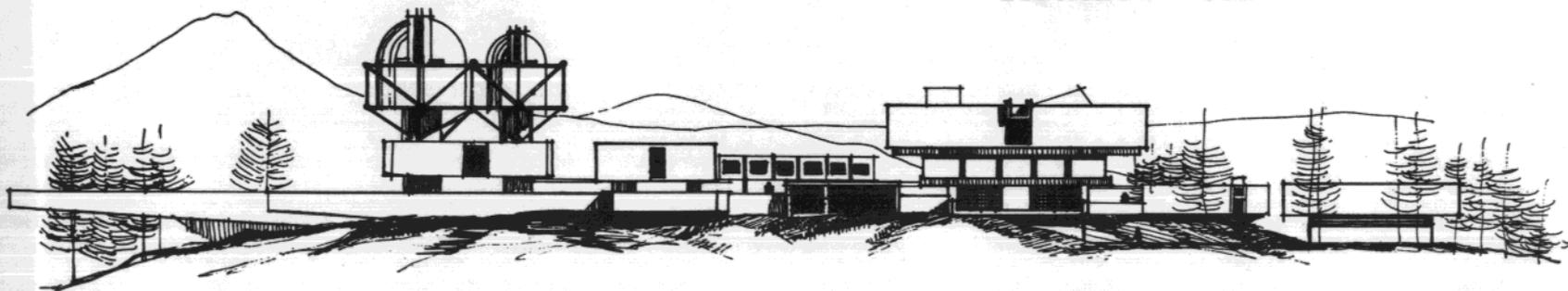
El acceso y salida de la sala de proyecciones, se hará a través de una circulación perimetral, donde el nivel lumínico será muy bajo con el objeto de facilitar la adaptación de la vista, tanto a la oscuridad interior de la sala, como a la luz del día.



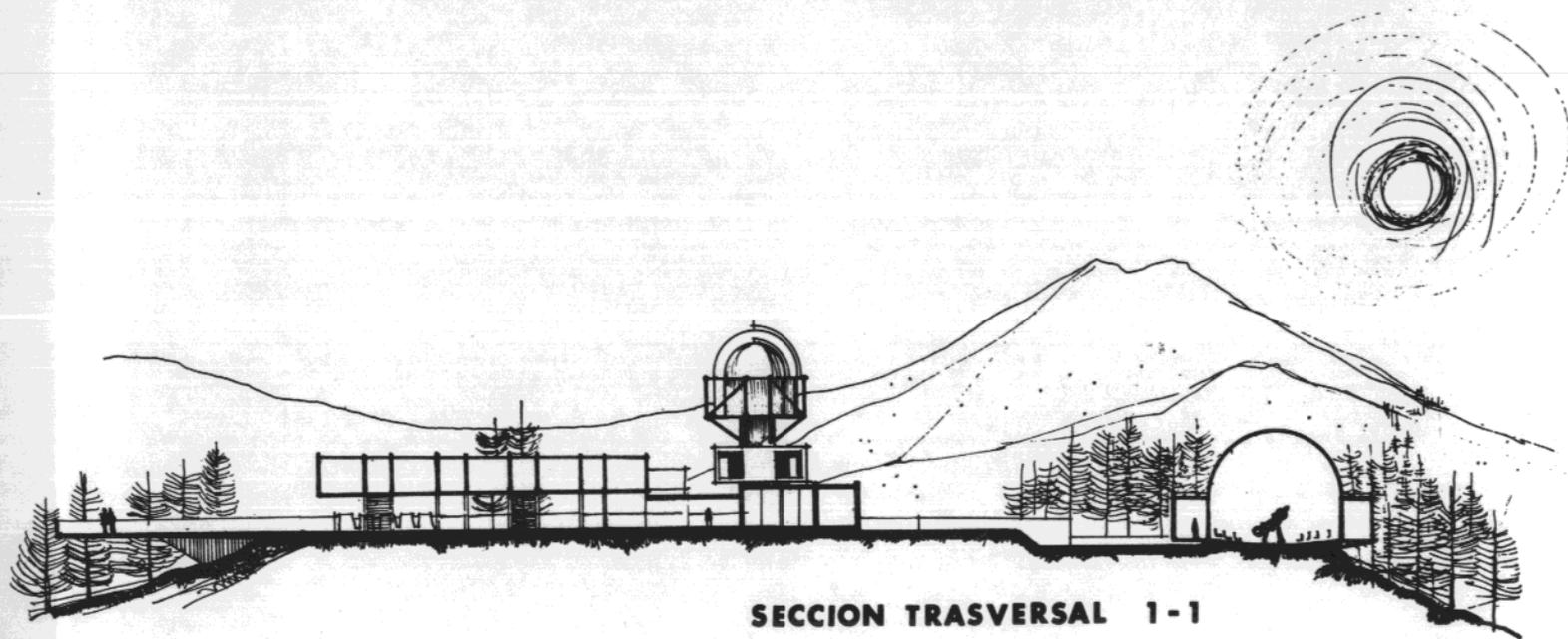
INGRESO



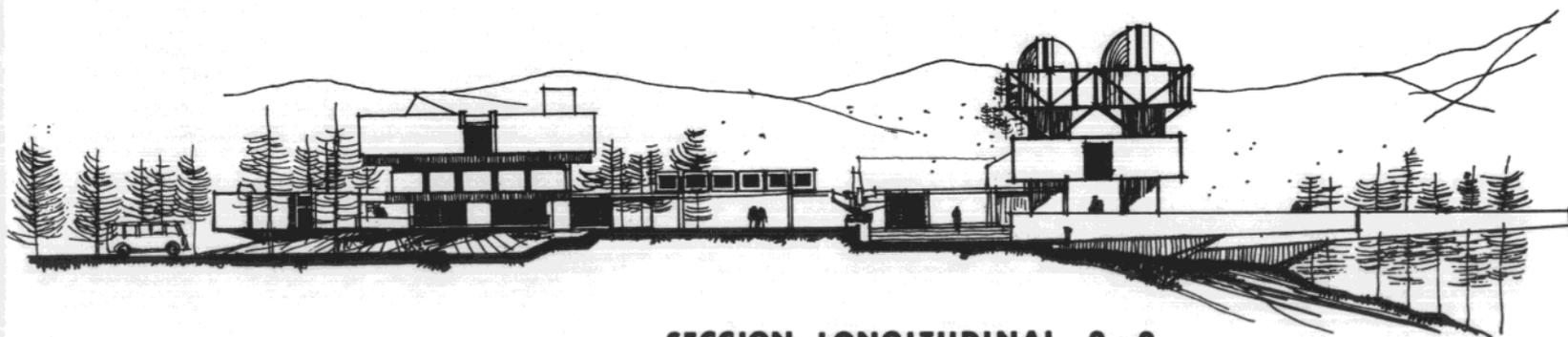
ELEVACION SUR



ELEVACION ORIENTE



SECCION TRASVERSAL 1-1



SECCION LONGITUDINAL 2-2

AREA CIENTIFICA Y ADMINISTRATIVA

Esta sección estará constituida por elementos principales, como sigue:

- 1- Vestíbulo
- 2- Las oficinas administrativas
- 3- Estación astronómica
- 4- Estación sismológica y meteorológica
- 5- Los servicios

VESTIBULO

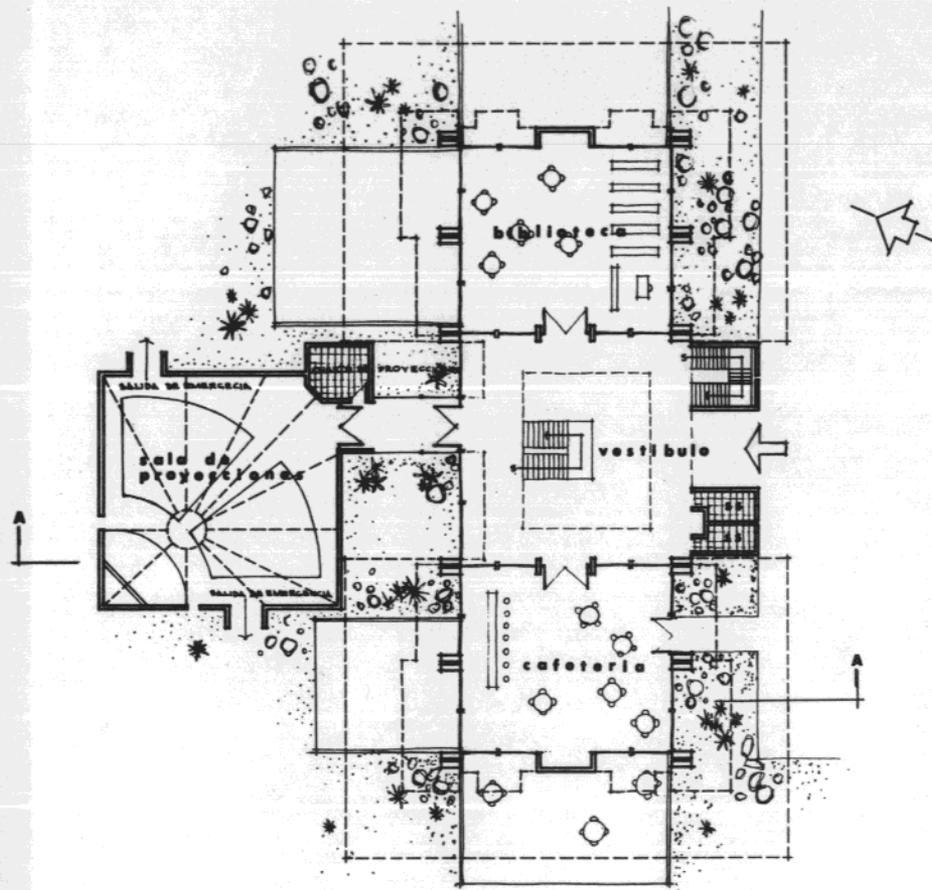
Desde la planta central se llegará a un vestíbulo cuya función será distribuir las circulaciones entre las diferentes instalaciones. El tratamiento o las características arquitectónicas de éste, responden de manera que se marque con definición el acceso. Además podrá ser utilizado como área de exhibición ocasionalmente.

OFICINAS ADMINISTRATIVAS

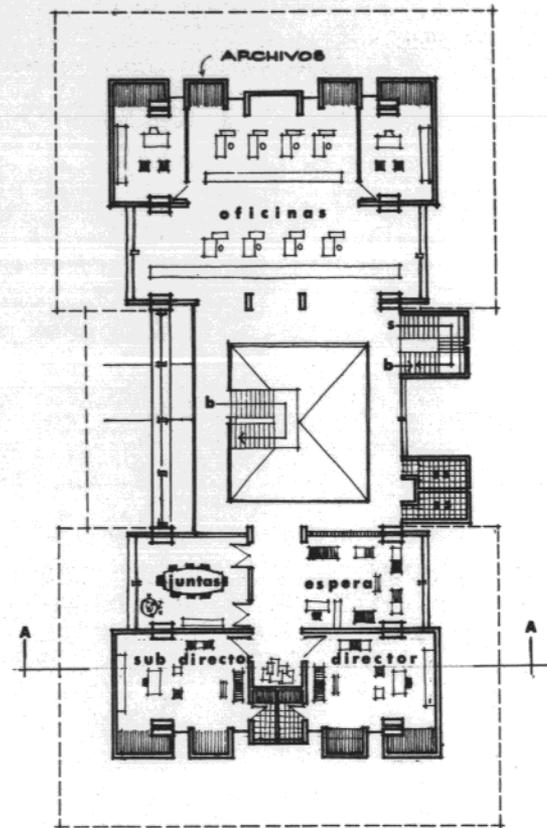
Este edificio albergará las oficinas de control de toda la red de estaciones meteorológicas y las centrales de cálculo y computación de datos obtenidos. Consta de un cuerpo central de dos alas y un apéndice que constituye la sala de conferencias.

En la planta baja estará el vestíbulo de acceso, la cafetería que podrá dar servicio tanto al personal del edificio, como al área pública, y una biblioteca especializada con servicio al público, también.

El vestíbulo será de doble altura y conducirá directamente a la sala de conferencias cuya capacidad límite será 100 personas, y que estará dotada de todas las comodidades para eventos nacionales o internacionales. Del vestíbulo partirá una escalera principal hacia la segunda planta, donde se encontrarán las oficinas de atención al público: venta de publicaciones, secretaría, contabilidad y las oficinas del director y sub-director del Observatorio.



PLANTA PRIMER PISO



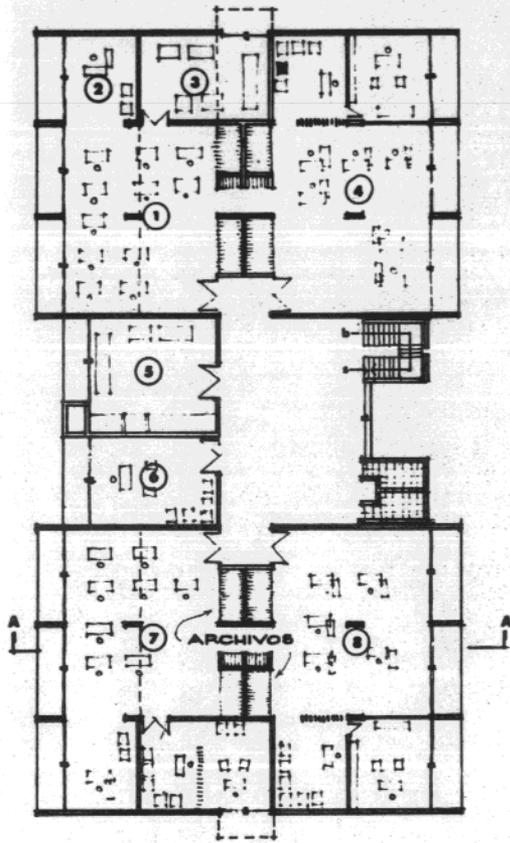
PLANTA SEGUNDO PISO

OFICINAS ADMINISTRATIVAS

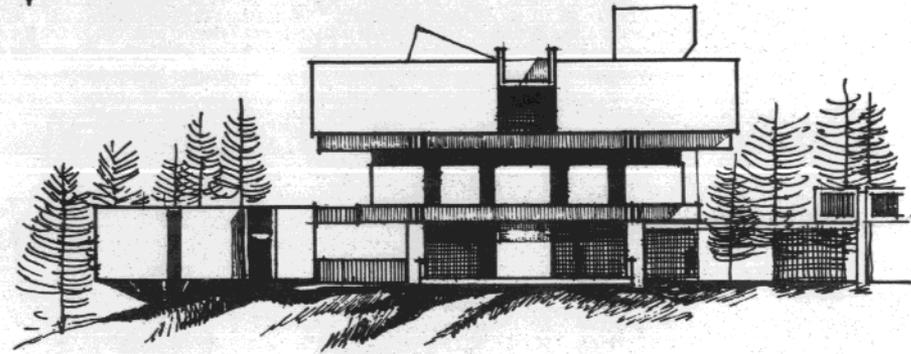
ESCALA



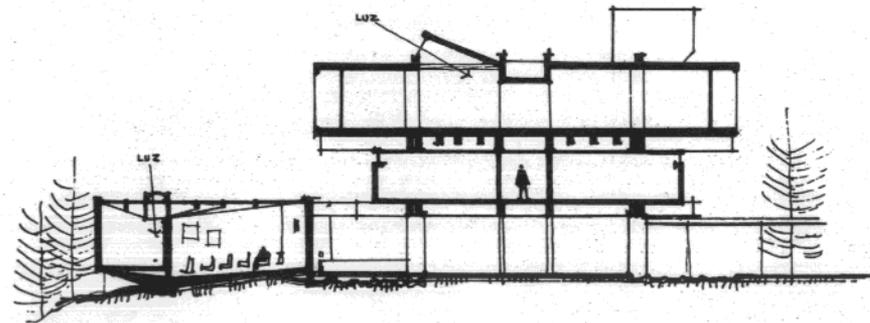
- 1 CALCULO
- 2 JEFE
- 3 COMPUTADORAS
- 4 HIDROLOGIA
- 5 RADIODIFUSION
- 6 CONTROL Y SERVICIO DE OBSERVATORIOS
- 7 PROYECTO Y DIBUJO
- 8 METEORIOLOGIA Y CLIMATOLOGIA



PLANTA TERCER PISO

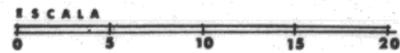


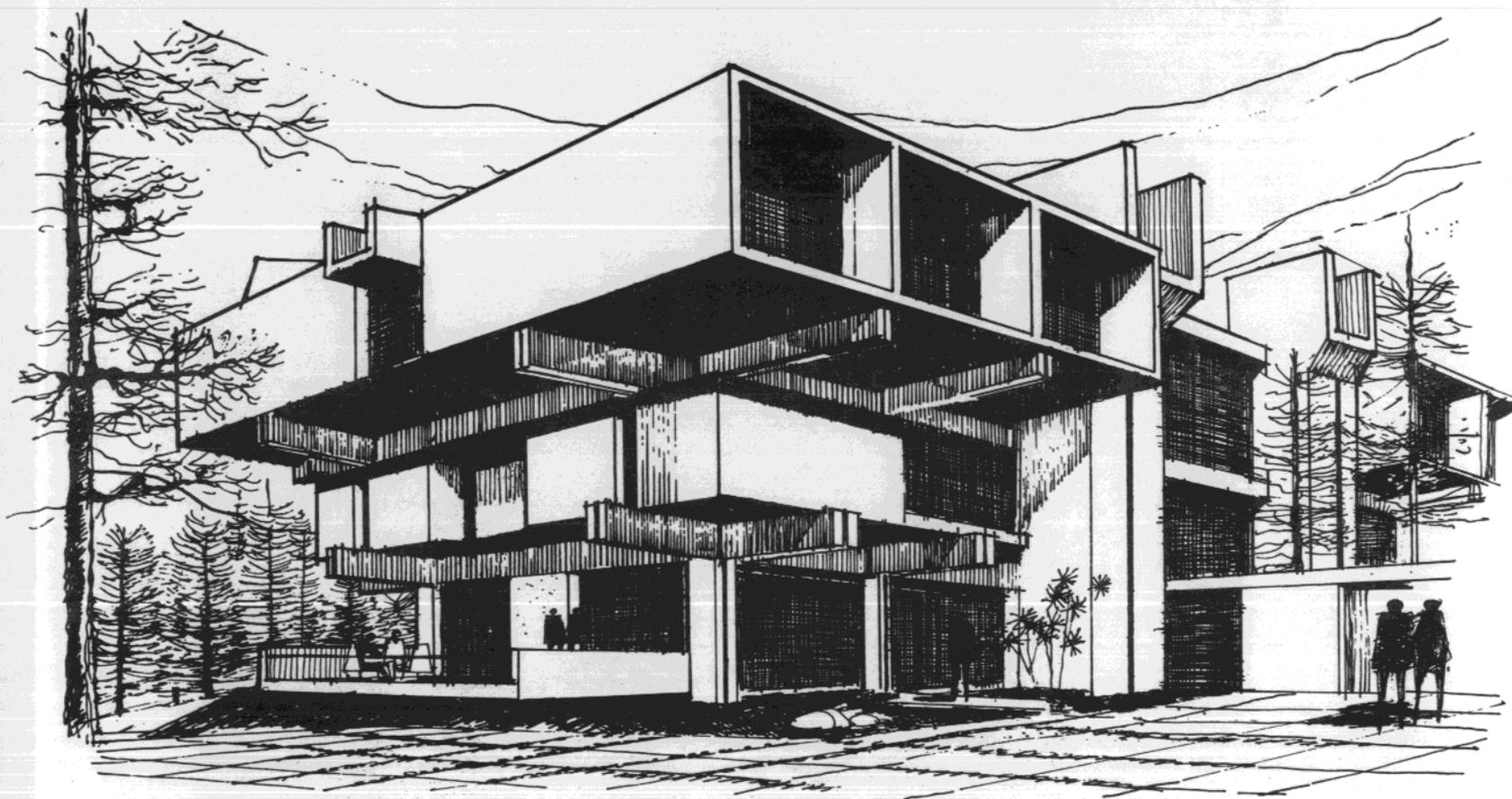
ELEVACION PONIENTE



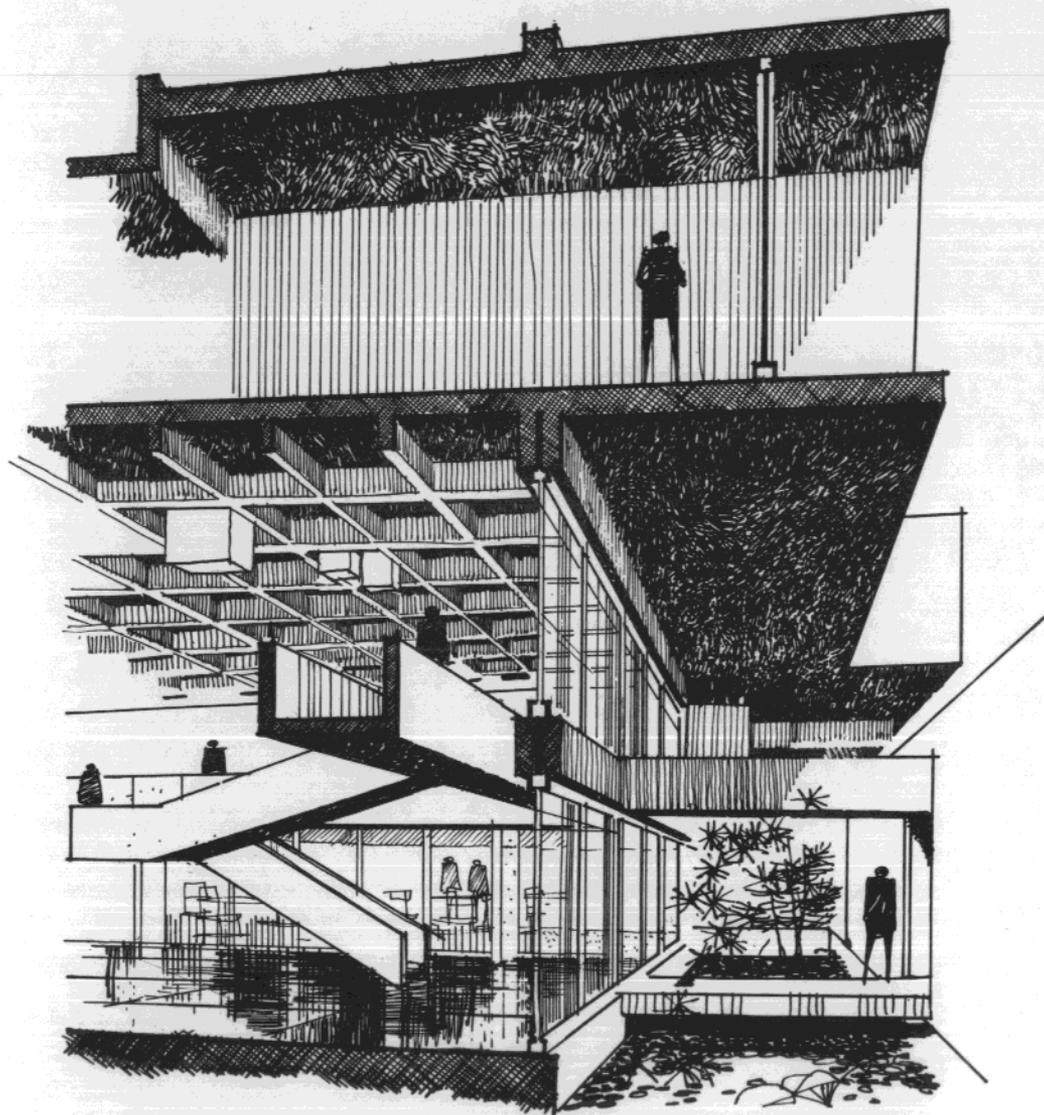
SECCION A A

OFICINAS ADMINISTRATIVAS



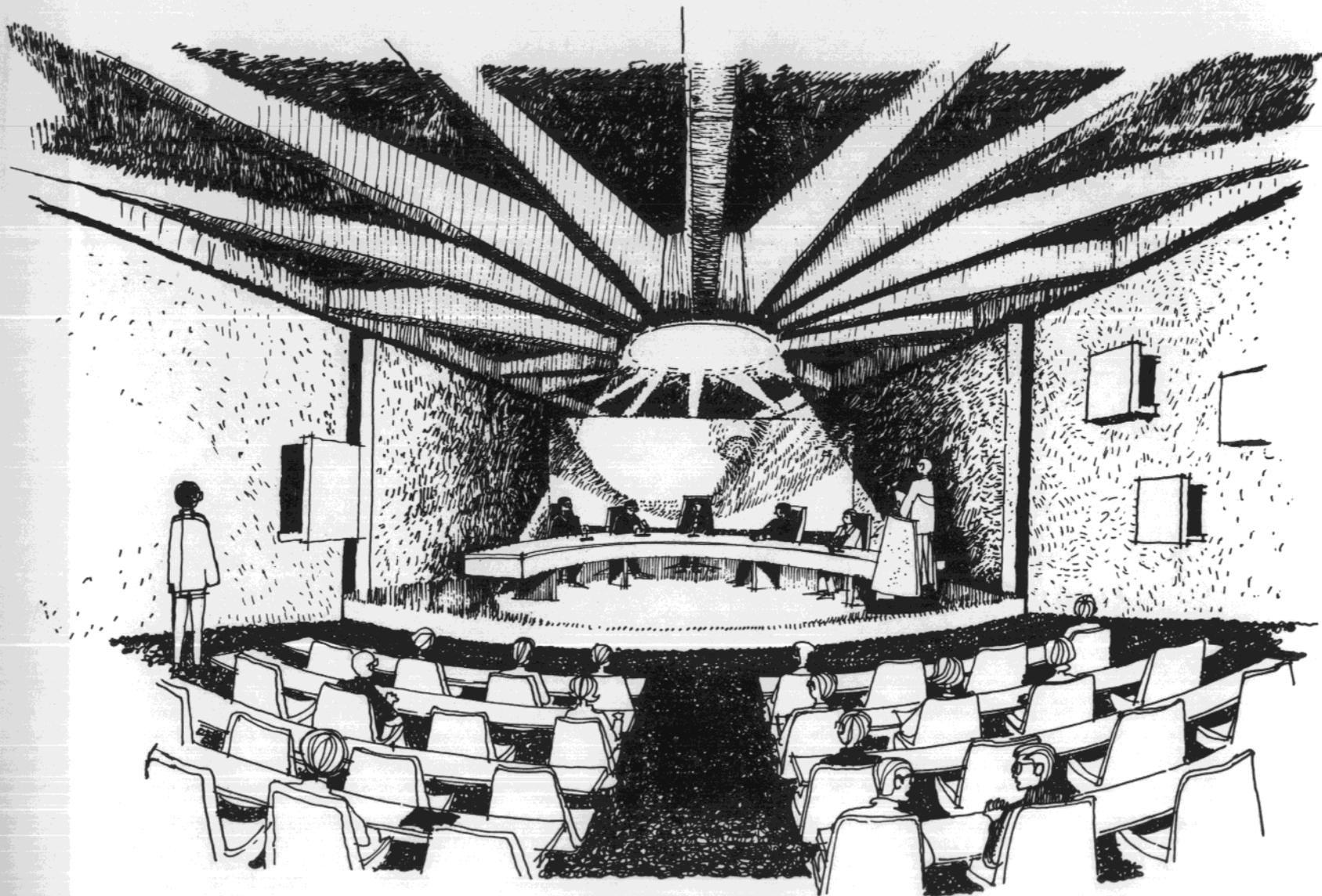


OFICINAS ADMINISTRATIVAS



**INTERIOR OFICINAS
ADMINISTRACION**





INTERIOR SALA CONFERENCIAS



En la tercera y última planta, se encontrarán los departamentos de cálculo y computación de datos, dibujo y proyectos, meteorología y climatología, hidrología, control y servicio de observatorios, y el departamento de radio recepción y emisión. Esta última planta es para uso del personal exclusivamente.

ESTACION ASTRONOMICA

Edificio que albergará las instalaciones necesarias para la observación de los cuerpos celestes. Dos enormes columnas de concreto armado de tres metros por lado vaciadas en su interior, soportarán los telescopios y a un nivel intermedio estarán localizados los dormitorios para astrónomos, el control de dicha estación, archivo y el laboratorio fotográfico.

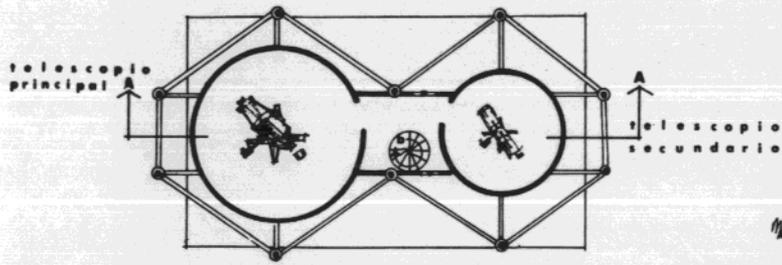
De la parte superior de estas columnas, emanará una estructura metálica tridimensional que amarrará las dos cúpulas metálicas que protegen los telescopios. Completa esta unidad, un núcleo de oficinas del personal astronómico y una cámara isotérmica para la colocación de cronómetros, relojes siderales, etc.

ESTACION SISMOLOGICA Y METEOROLOGICA

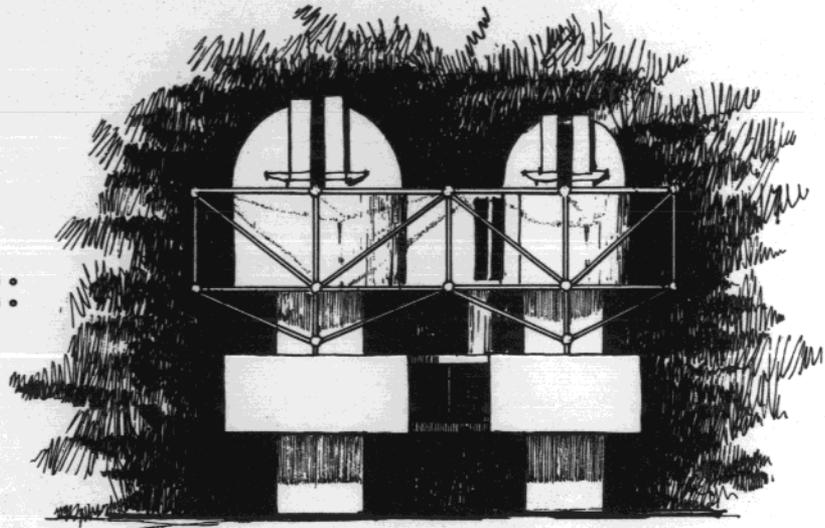
Esta construcción comprenderá una estación meteorológica de primer orden, cuyo fin será proporcionar datos de las condiciones del tiempo en la parte sur del Valle de Guatemala. La planta baja contará con una terraza para la colocación de aparatos tales como pluviómetros, barómetros, termómetros de temperatura, anemógrafos, evaporógrafos, nefoscopios, etc.; y otra para investigación de aereología y radiosondeo, así como también para lanzamiento de globos. Además de esta planta se localizará un pequeño edificio para la reparación y ajuste de aparatos.

La planta alta alojará las oficinas de análisis y reporte de datos, laboratorios, personal, etc.

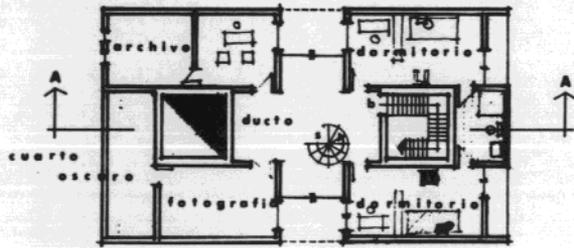
La estación SISMOLOGICA albergará en la planta alta, las oficinas de control y análisis, contará con una cámara subterránea para la colocación sobre una plataforma de concreto de sismógrafos y acelerógrafos, la cual deberá estar soportada directamente sobre el sub-suelo y libre de contacto con la estructura de la cubierta. En esta instalación subterránea, también estará localizado un laboratorio fotográfico para el proceso de placas sismográficas.



PLANTA NIVEL II

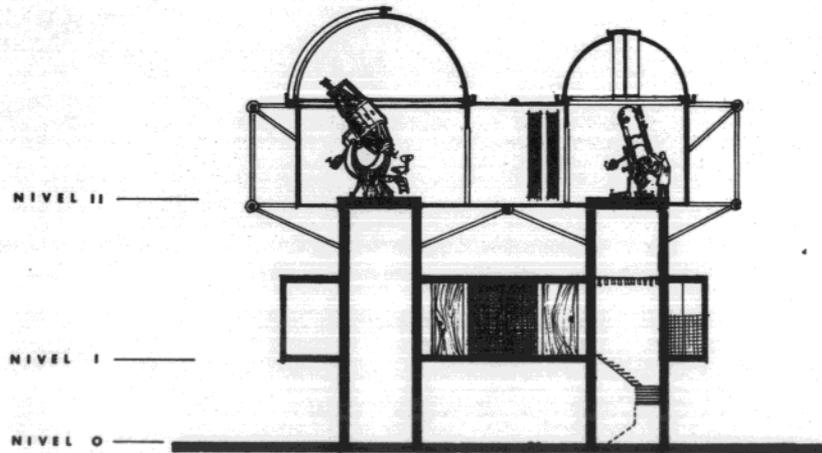
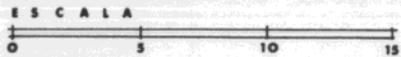


ELEVACION ORIENTE

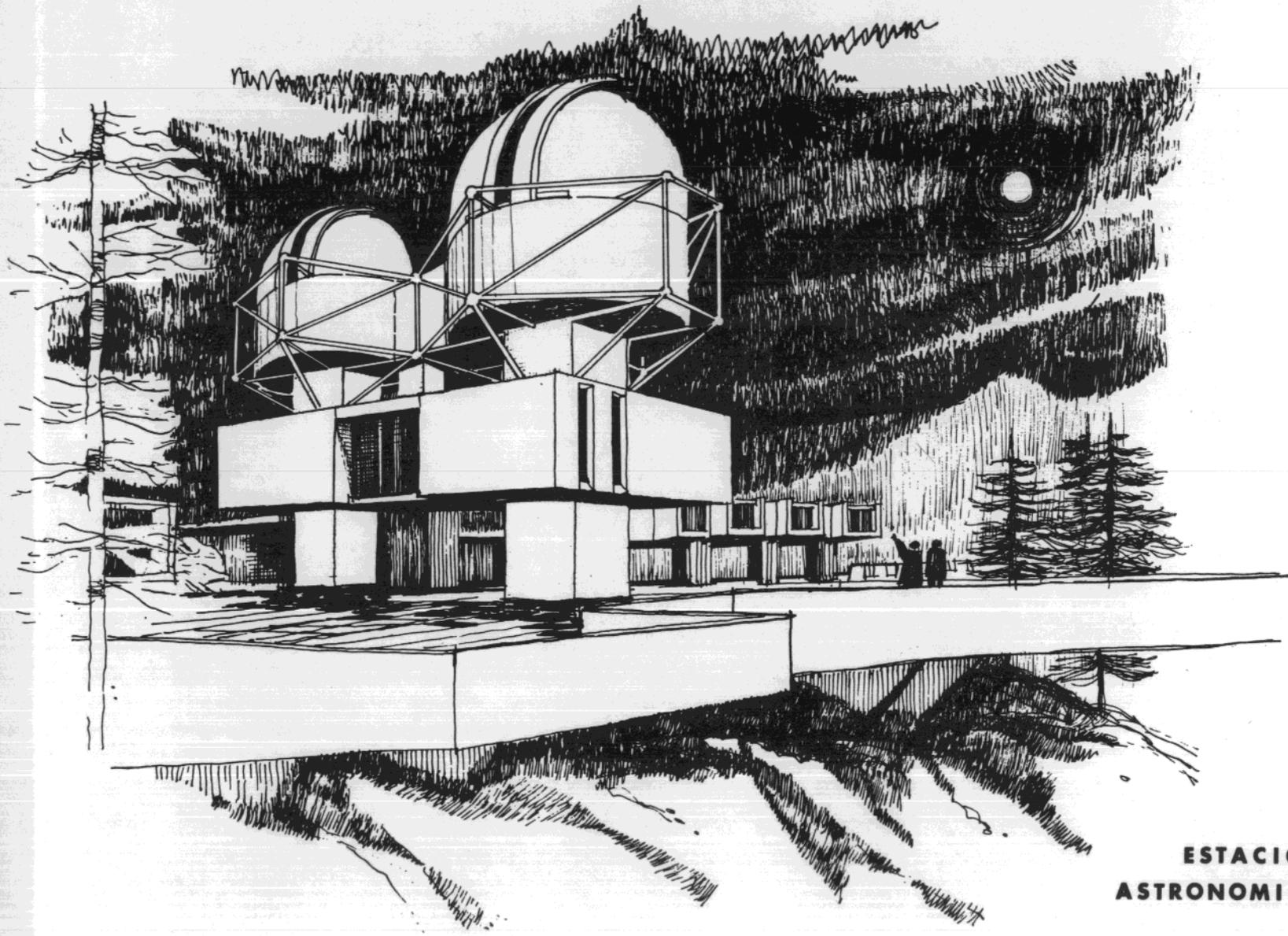


PLANTA NIVEL I

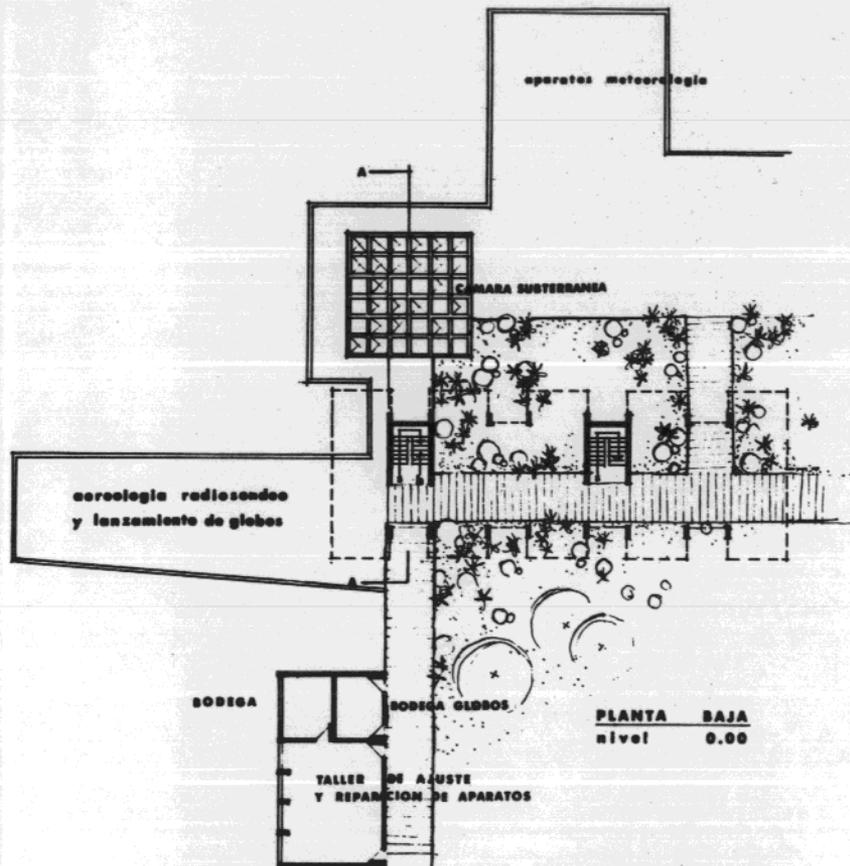
ESTACION ASTRONOMICA



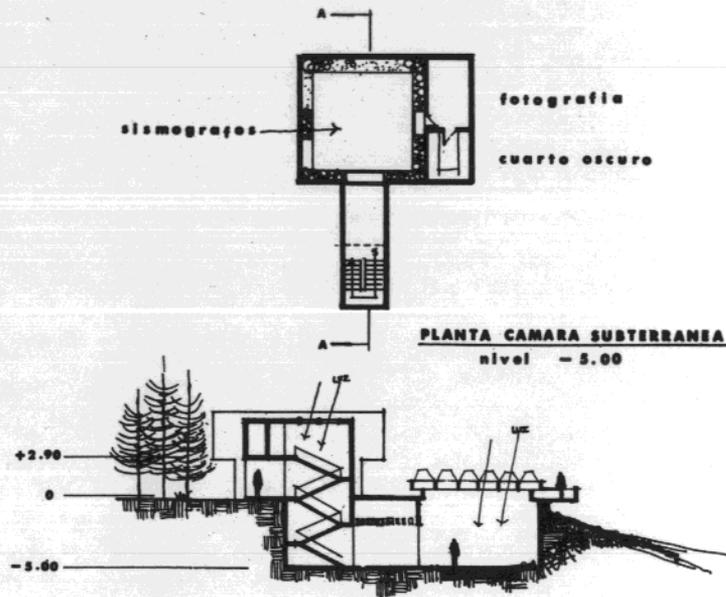
SECCION A-A



**ESTACION
ASTRONOMICA**



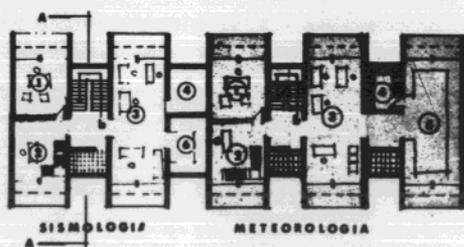
PLANTA BAJA
nivel 0.00



PLANTA CAMARA SUBTERRANEA
nivel -5.00

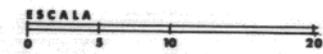
SECCION A A

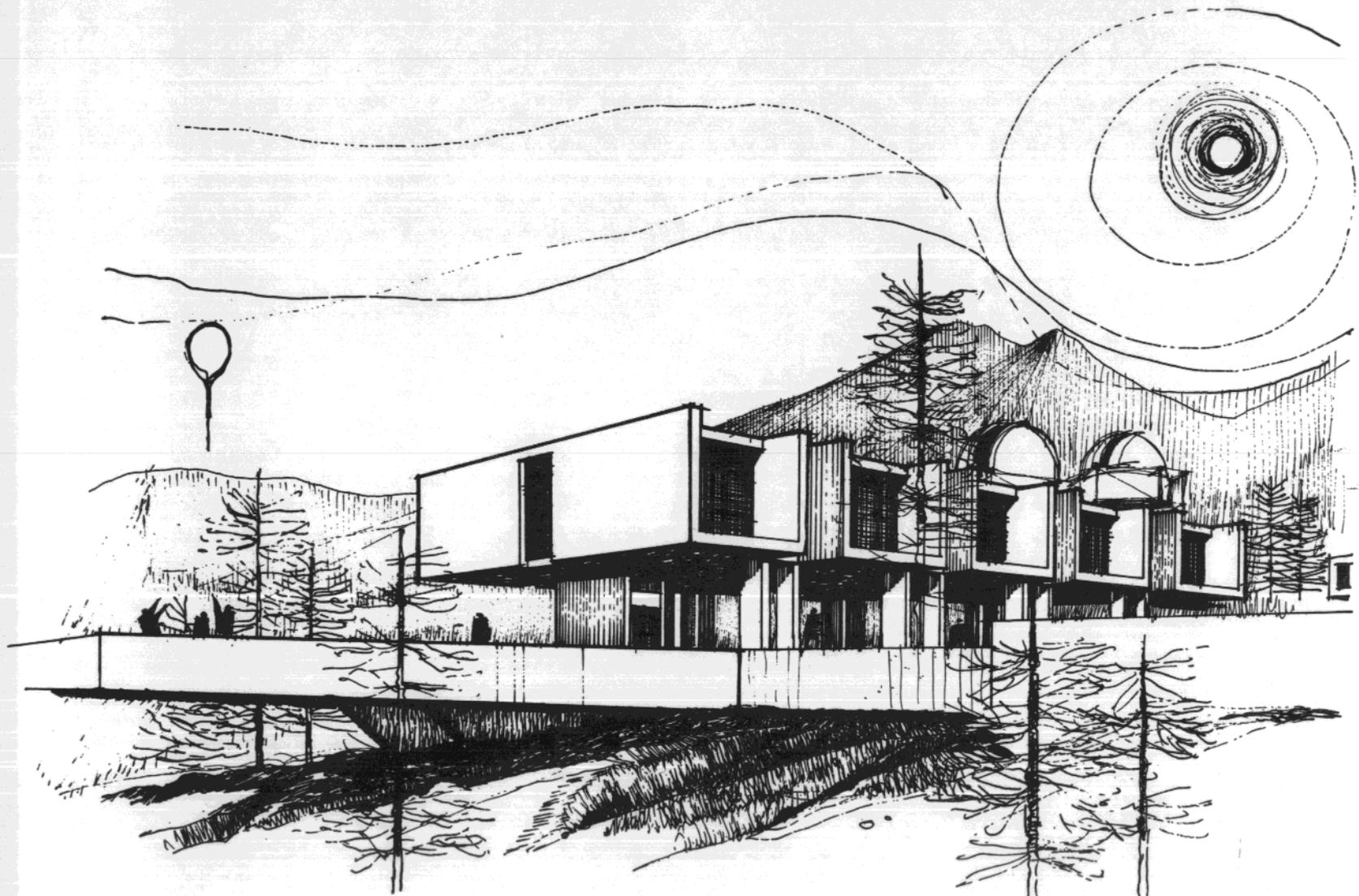
ESTACION SISMOLOGICA Y METEOROLOGICA



PLANTA ALTA
nivel +2.90

- 1 jefe
- 2 secretaria
- 3 personal
- 4 bodega
- 5 laboratorio
- 6 archivo





SISMOLOGIA Y METEOROLOGIA

SERVICIOS

Una pequeña unidad de servicio completa el conjunto de acceso y funcionamiento independiente. Contendrá los talleres de mantenimiento, las centrales de energía, la planta principal de bombeo y en el piso superior se localizarán los dormitorios para el personal de mantenimiento, servicio y seguridad.

IX. BIBLIOGRAFIA

STIERLING, HENRI	"Mayan: Living Architecture" Oldbourne, Londres.
MOLINA MUÑOZ, ARTURO	"Museo de Arqueología y Etnología" (tesis) Fac. de Arquitectura, Guatemala.
ROBERTSON, DONALD	"Pre-Columbian Architecture" George Braziller, Nueva York, USA.
VON HAGEN, VICTOR W.	"El Mundo de los Mayas" Editorial Diana, Mexico D.F.
PAGE, THORNTON	"Observatories" Smithsonian Astrophysical Observatory Cambridge, Mass. USA.
MICZAIKA, G. R. SINTON, WILLIAM M.	"Tools of the Astronomer" Harvard University Press Cambridge, Mass. USA.
MOORE, PATRICK	"Telescopes and Observatories" University of Chicago. Chicago, Ill. USA.
THE AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY	"American Museum-Hayden Planetarium" Nueva York, USA.
MILES CHAMBERLAIN, JOSEPH	"The development of the Planetarium in the United States" Smithsonian Institution Washington, USA.
ADLER PLANETARIUM AND ASTRONOMICAL MUSEUM	"The Calendar" Chicago, Ill. USA.

McMATH, ROBERT R.

"The Tower Telescope of the McMath-Hulbert Observatory"
Observatory of the University of Michigan. USA.

PETERSEN, SVERRE

"Introduction to Meteorology"
McGraw-Hill Co.
New York, Toronto, London.

OBANDO DEL CID, RICARDO

"Clasificación Preliminar de Climas en la República de Guatemala" (tesis)
Fac. de Ingeniería, Guatemala.

OBSERVATORIO NACIONAL

"Atlas Climatológico de Guatemala"

LAHAYE, EDM.

"Realisation du Centre de Physique du Globe a Dourbes"
Institut Royal Meteorologique de Belgique, Bruxelles, Bélgica.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL

"El tiempo y el hombre"
Función de la meteorología en el desarrollo económico.
OMM No. 143, Ginebra, Suiza.

THE GROLIER SOCIETY INC.

"The Book of Popular Science"
Grolier Incorporated
New York, USA.

THE ENCYCLOPEDIA AMERICANA

Americana Corporation, 1964

DICCIONARIO ENCICLOPEDICO U.T.H.E.A.

Unión Tipográfica
Editorial Hispano Americana
México, 1952.

ZEISS, CARL

"Instrumentos Astronómicos"
(Catálogo)

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

Mapas y Fotografías aéreas.

Números varios de las revistas:

SKY AND TELESCOPE

POPULAR ASTRONOMY

CALLI INTERNACIONAL

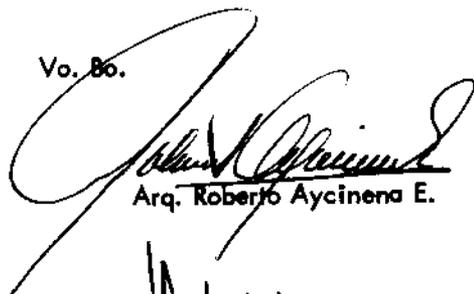
ARCHITECTURAL RECORD

JAPAN ARCHITECT

L'ARCHITECTURE D'AUJORD'HUI

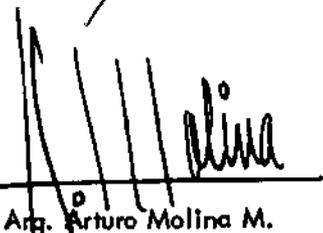
ASESORES:

Vo. Bo.



Arq. Roberto Aycinena E.

Vo. Bo.



Arq. Arturo Molina M.

Vo. Bo.



Físico Eduardo Suger C.



Luis Eduardo Arroyave Valdés

IMPRIMASE:



Arq. Jorge Montes C.
Decano