

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO DE  
LA FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**PROSPECTIVA ARQUITECTÓNICA**

**TESIS QUE PRESENTA:**

**BARUCH ÁNGEL MARTÍNEZ HERRERA**

**MMIII**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **PROSPECTIVA ARQUITECTÓNICA**

**TESIS QUE PRESENTA:**

**BARUCH ÁNGEL MARTÍNEZ HERRERA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
ARQUITECTURA CAMPO DE CONOCIMIENTO  
TECNOLOGÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO DE  
LA FACULTAD DE ARQUITECTURA**



## **DIRECTOR DE TESIS**

MTRO. en ARQ. ENRIQUE SANABRIA ATILANO

## **SINODALES**

DR. en ARQ. ALVARO SÁNCHEZ GONZALEZ  
MTRO. en ARQ. FRANCISCO REYNA GOMEZ  
MTRO. en ARQ. JAN VAN ROSMALEN JANSEN  
MTRO. en ARQ. JORGE RANGEL DAVALOS

## **DEDICATORIA:**

A mi familia.  
Al amable, paciente y comprensivo lector.  
A todos los que tuvieron algo que ver con la Tesis.



**ΠΡΟΣΠΕΧΤΙςΑ ΑΡΘΥΙΤΕΧΤΟΝΙΧΑ**

# INDICE TEMATICO

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

## CAPITULO I PROSPECTIVA

Concepto de prospectiva.....	3
Utilidad de la prospectiva.....	4
El sentido de un proyecto a largo plazo.....	5
Desarrollo del concepto.....	7

## CAPITULO II EDIFICIOS INTELIGENTES

Definición del Edificio Inteligente.....	11
Características.....	15
Información análoga y digital.....	21
Ingeniería de control y acceso a Edificios Inteligentes.....	23
Calidad del aire interior.....	25
Software de control automático.....	26
Hoteles Inteligentes.....	27
Casas Inteligentes.....	30

## CAPITULO III ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Arquitectura Bioclimática.....	33
Estrategias de diseño.....	34
Calor.....	34
Enfriamiento.....	37
Ventilación.....	41
Acristalamientos.....	43
Humidificación Deshumidificación.....	44
Conductividad Térmica.....	45
Torre Armoury.....	52

## CAPITULO IV ARQUITECTURA SUBTERRÁNEA

Arquitectura Troglodita.....	55
El Túnel interurbano de acceso a Acapulco.....	56
Estacionamientos Subterráneos.....	59
Construcción de casas Subterráneas y Semienterradas.....	63

**CAPITULO V**  
**ARQUITECTURA MARINA Y SUBMARINA**

Kenzo Tange, plan de la bahía de Tokio 1960.....	69
Puentes túnel.....	71
Reutilización de plataformas petroleras marítimas.....	74
Proyecto Sea Launch.....	75
Proyecto Freedom.....	75
Hotel Hidrópolis.....	78

**CAPITULO VI**  
**ARQUITECTURA ESPACIAL**

Antecedentes.....	81
Biosfera 2.....	84
Arquitectura básica de las estaciones espaciales habitadas.....	86
Estructuras.....	87
Energía eléctrica.....	88
Control térmico.....	91
Navegación y control.....	92
Automatización y robótica.....	94
Distribución de fluidos y control ambiental.....	95
Alojamiento y otros servicios para la tripulación.....	96
Tipos de construcciones espaciales.....	98

**CAPITULO VII**  
**ARQUITECTURA VIRTUAL**

Realidad Virtual.....	101
Simulación Multisensorial.....	102
Diccionario De La Realidad Virtual.....	103
Introducción a la Realidad Virtual.....	106
Objetivo de la Realidad Virtual.....	107
Clasificación de la Realidad Virtual.....	108
Aplicaciones de la Realidad Virtual.....	110
Los Riesgos Reales de la Realidad Virtual.....	111

**CAPITULO VIII**  
**ARQUITECTURA PSICOLÓGICA**

Antecedentes.....	113
Geomancia.....	117
Feng Shui.....	119
Arquitectura y Matemática.....	120
Pirámides.....	126

<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>135</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>139</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>143</b>

## INTRODUCCION

Existe en la actualidad una crisis de valores dentro de la arquitectura actual que esta segregando a los arquitectos de la arquitectura, existen espacios que van siendo ganados por diseñadores, ingenieros, especialistas, la misma gente esta renuente a hacer uso de los servicios de los arquitectos, esto a su vez se traduce en que el arquitecto cada día se desligue mas de su principal actividad la cual debería ser diseñar y construir espacios.

Apartir de este panorama además de agregar una falta de apoyo de las autoridades por hacer valer las leyes en construcción donde se estipula que solo personal calificado pueda construir, aunado a una crisis económica generalizada donde solo unos cuantos puedan construir, proyectar y conceptualizar sus ideas.

El entorno parece desolador y fatídico para muchos arquitectos, por lo que hay que explorar nuevas tendencias y desarrollar nuevos conceptos además de evolucionar los ya existentes y así poder crear mas fuentes de empleo y desarrollo de la sociedad.

El arquitecto tiene que ser parte fundamental de la sociedad en su conjunto debido a que él desarrolla en donde habita el hombre y apartir de ahí evoluciona el habitat de la sociedad que se caracteriza una de otra.

Antes de la Revolución industrial se desarrollaban las ciudades armónicamente se podía ver el cambio entre estilos arquitectónicos los cuales marcaban los usos de los distintos materiales al par de la tecnología, se creaba arquitectura duradera, pero apartir de la revolución industrial esto cambia, por lo que la arquitectura antes de ser construida ya se planeaba su destrucción al ser estas “amortizadas” económicamente por lo que resulta un choque de criterios tratar de eliminar las primeras para dar paso a las segundas.

El estudio del desarrollo arquitectónico se ha ocupado primordialmente al análisis del problema de la falta de vivienda, la renta del suelo urbano y actualmente a la protección ecológica y del medio ambiente. Sin embargo poco se ha avanzado en la problemática que representa la prospectiva arquitectónica y del medio urbano que la conforma.

La prospectiva arquitectónica no se ha desarrollado en sí como un tema o una metodología, sin embargo muchos arquitectos han utilizado este tipo de metodología sin pensarlo, esto es, se ha desarrollado con muchos de sus elementos, sin embargo, todavía no se le ha dado el nombre de “prospectiva”, por lo que el nombre de la tesis se propuso como “Prospectiva arquitectónica”.

La tesis que se presenta a continuación tiene un enfoque para proponer y realizar un curso optativo a nivel maestría que abarcara unos cuantos ejemplos de arquitectura prospectiva, tomara pequeñas muestras de un posible futuro con ejemplos construidos en la actualidad, explicándolos y apartir de estas propuestas los alumnos podrán visualizar los cambios en una sociedad con construcciones de estas características así como tener noción del concepto que se desarrolla con este tipo de arquitectura, el curso contara con 20 sesiones donde en las conclusiones se pondrá el tiempo para abarcar todos los temas, teniendo como material de apoyo esta tesis.

La unión entre los temas esta en que son arquitecturas prospectivas con utilización de tecnología actual que se desarrolla apartir de conceptos no convencionales y que están en desarrollo en la actualidad.

El origen de este tipo de arquitecturas posiblemente surgió con la necesidad y visualización de un problema resuelto de cierta manera poco convencional o novedosa apartir de la tecnología con que se cuenta actualmente y da pie a seguir desarrollándola.

Para ilustrar un poco más este proceder pongamos un ejemplo hipotético, en la Ciudad de México tenemos muchos problemas de transito, el caos vial es evidente en una de las principales vías de comunicación que es el Periférico, alguien atrapado en el trafico comienza a visualizar que el trafico seria menor si hubiera un segundo nivel, ¿es viable?, ¿tenemos los conocimientos suficientes para enfrentar el reto?, ¿tenemos la tecnología para realizar este tipo de proyectos?, ¿económicamente es redituable?, ¿cómo afectara el proyecto a la sociedad?. Si nos situamos en el tiempo 25 años atrás esto no seria posible la tecnología de ese entonces no era la suficiente para

un proyecto de esta magnitud, sin embargo en la actualidad y a pesar de que la ciudad de México esta en medio de un antiguo lago además de una zona altamente sísmica se puede desarrollar un proyecto así. Sin embargo un proyecto de estas características tendrá gran controversia tanto política, social, económica aunado también a que se desarrolle una cultura de protección civil en caso de una catástrofe.

Todas estas interrogantes no las podemos contestar al 100% sin embargo las autoridades, los arquitectos, urbanistas, ingenieros, etc. tenemos la obligación de ser prospectivos junto con este tipo de ideas y vernos en el futuro ya con la obra construida y visualizar todas las áreas de impacto de un proyecto de esta magnitud que comienzan con el sueño, la idea, un concepto, etc.

Otro factor que interviene dentro de este tipo de ideas es la globalización, con respecto a este rubro tenemos que darnos cuenta de que ya el tipo de usuario que conocemos va a cambiar en donde en una sociedad globalizada nos va a pedir estándares internacionales de medidas de seguridad, confort, precio, calidad así como también mayor competencia a nivel profesional.

El arquitecto tiene que estar alerta de los cambios que se están sucediendo apartir de que la tecnología esta evolucionando, la comunicación y la computación están abriendo puertas al progreso y tenemos que estar a la par de esos cambios que se están generando a nivel mundial.

En el ramo económico hay que analizar nuevas perspectivas para construir, los sistemas constructivos están cambiando tanto en características como en precios, ya se construye mas rápido pero ¿con que calidad y como?.

Se tiene que analizar la problemática de cliente desde un nuevo punto de vista y darle mayores opciones para que pueda decidir como a el mejor le convenga tanto económicamente, formalmente, constructivamente, confortablemente y sobre todo un mayor confort psicológico.

Aquí es donde radica el espíritu de la tesis, la hipótesis de trabajo es transmitir esto por medio de un curso optativo que da un panorama de las arquitecturas prospectivas y dar una visión general al alumno o al profesional a los cuales va dirigida la tesis, para que la lea, para que amplíe su criterio y se prepare a nuevos retos debido a que la arquitectura es una de las carreras mas dinámicas

en el ámbito profesional.

Los objetivos básicos de la tesis serán por lo tanto dar una visión general de los alcances de la prospectiva arquitectónica, mostrar conceptos arquitectónicos en los cuales se tomaron en cuenta elementos prospectivos y dar idea de sus alcances y beneficios.

El desarrollo de la tesis se realizará por capítulos individuales donde el primero explicará el desarrollo y explicación del concepto de la prospectiva, sus elementos y sus beneficios.

El edificio inteligente se incluirá debido a la importancia de los beneficios que llevan a una automatización y administración adecuada de los servicios en un edificio de gran magnitud.

La arquitectura bioclimática es básica para entender que un elemento construido es como si fuera un ser vivo, el cual afecta directamente a sus moradores.

La arquitectura subterránea la contemplamos para nuevos proyectos donde el clima sea muy extremo además de que se pueden explotar características de este tipo de construcciones donde la falta de espacio es el principal problema.

La arquitectura marina y submarina no han sido exploradas, ni explotadas en su totalidad, donde el mar representa una gran fuente de inspiración y vida.

La arquitectura espacial esta muy lejos de las manos del arquitecto actual, sin embargo es tiempo de ir pensando de las necesidades y de los retos a la cual se enfrentara el arquitecto del futuro.

Arquitectura virtual es la mas reciente y sin embargo será la mas explotada para mostrar el potencial de los proyectos futuros del arquitecto donde se involucrará al cliente en el ambiente que el quiera antes de construirlo y saber de antemano si será ideal o no.

La arquitectura psicológica nos preparara para las exigencias de otro tipo de pensar distinto al nuestro y que sin embargo tenemos la obligación de respetar y afrontar.

De esta manera se tratara de poner en una distinta perspectiva el porvenir del arquitecto actual.

# CAPITULO I

## “PROSPECTIVA”

### APROXIMACIÓN AL FUTURO:

La Prospectiva es un término de moda en los medios preocupados por la innovación de todo el mundo desarrollado. No siempre se emplea con propiedad, y muchas veces se confunde con conceptos cercanos, como previsión, pronóstico, o, en el extremo, adivinación. Existe, sin embargo, un amplio consenso en considerar que se trata de un ejercicio colectivo de análisis y comunicación para identificar los componentes probables de escenarios futuros: las proyecciones tecnológicas, sus efectos sociales y económicos, los obstáculos y las fuerzas que operan a favor. Habrá que volver sobre estas ideas, pero basta ahora constatar que la mayor parte de los países industrializados han puesto en práctica en alguna forma este tipo de ejercicios.

### CONCEPTO DE PROSPECTIVA

**La prospectiva** es una disciplina con visión global, sistémica, dinámica y abierta que explica los posibles futuros, no sólo por los datos del pasado sino fundamentalmente teniendo en cuenta las evoluciones futuras de las variables (cuantitativas y sobretodo cualitativas) así como los comportamientos de los actores implicados, de manera que reduce la incertidumbre, ilumina la acción presente y aporta mecanismos que conducen al futuro aceptable, conveniente o deseado. La prospectiva es una mirada al porvenir dirigida a esclarecer la acción presente.

Aunque existen diversas definiciones del término, se define la prospectiva como: el conjunto de “tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos y / o sociales.”<sup>1</sup>

Prospectiva exploratoria: es un panorama de futuros posibles, futuribles, es decir de escenarios no improbables. Cada escenario puede ser objeto de una apreciación cifrada, es decir, de una previsión.

La metodología de la prospectiva permite reducir riesgo e incertidumbre en la puesta en marcha de un proyecto porque permitirá identificar los factores clave y sobre ellos implementar la estrategia efectiva.

La prospectiva permite a su vez analizar los posibles escenarios que se abren al proyecto y una vez seleccionado el escenario apuesta, articular las acciones estratégicas pertinentes

Dentro de arquitectura no se ha podido definir con certeza el concepto de prospectiva pero se realizara un modelo analógico apartir de un modelo prospectivo de inversión, el problema de esto seria que la arquitectura se convertiría en un producto a lo que en mi punto de vista denigraría en sí a la arquitectura debido a que es un arte y no un producto de consumo.

### ELEMENTOS O CONCEPTOS QUE SE PUEDEN CONFUNDIR CON LA PROSPECTIVA:

**La planificación**, en sentido genérico, es una propuesta de un proyecto organizado enfocado a lograr fines determinados. La planificación consiste en concebir un futuro deseado, así como los medios reales para alcanzarlo.

**Planeamiento**: consiste en la concepción de un futuro deseado y de los medios prácticos para alcanzarlo. Debe tenerse en claro que el plan (un instrumento de disciplina y consistencia) es solo una etapa en el proceso de planeamiento (un instrumento de diálogo).

**Pronosticar** significa conocer el futuro por algunos indicios o señales.

**Pronóstico**: es la valoración, con un cierto grado de confianza (probabilidad), de una tendencia en un período dado. Esta valoración esta basada en datos del pasado y en un cierto número de supuestos.

**La predicción** es anunciar (por revelación, ciencia o conjetura) algo que ha de suceder, ya sea porque no se hace nada para evitarlo, ya porque la ocurrencia está condicionada a hacer algo.

**La proyección** es la prolongación en el futuro de una evolución pasada de acuerdo con algunas hipótesis de extrapolación o de inflexión de tendencias. Una proyección sólo puede considerarse como una previsión si está basada en una probabilidad.

<sup>1</sup> Profesor Ben Martin, y que ha sido adoptada por la OCDE

**Análisis prospectivo:** es un panorama de los posibles futuros o escenarios, que no son improbables a la luz de las causalidades pasadas y de la interacción entre las intenciones de las partes interesadas.

### **Algunas características del moderno enfoque de Prospectiva**

Está dirigido a la acción y a la definición de prioridades, con un enfoque preventivo y de anticipación de los problemas: no es un estudio académico.

No trata de pronosticar el futuro; parte del supuesto de que no hay uno, sino varios futuros posibles. Conocer las diversas posibilidades y los caminos hipotéticos permite una gran flexibilidad en la planificación, lejos de la rígida planificación clásica.

Adopta una visión global y sistémica, dado que entiende los fenómenos sociales en su complejidad e interdependencia.

Toma en cuenta los factores cualitativos, como el análisis sobre el comportamiento de los actores.

Revisa críticamente las ideas recibidas. Esto se hace sobre la base de la consulta a expertos, método preferido de la prospectiva. Esto permite recoger las ideas más audaces e imaginativas, y llegar a sectores de expertos habitualmente menos visitados por las comisiones y grupos de trabajo oficiales de planificación.

### **Utilidad de la prospectiva**

Uno de los objetivos más usuales de la prospectiva es la definición de prioridades en ciencia y tecnología, teniendo en cuenta las previsiones de las tecnologías predominantes en el mediano y largo plazo, mientras que los ejercicios habituales de definición de prioridades lo hacen basándose en el estado del arte, las necesidades o las demandas tecnológicas y productivas al momento actual.

La prospectiva permite reducir riesgo e incertidumbre en la puesta en marcha de un proyecto porque permitirá identificar los factores clave y sobre ellos implementar la estrategia efectiva.

La prospectiva permite a su vez analizar los posibles escenarios que se abren al proyecto y una vez seleccionado el escenario, articula las acciones estratégicas pertinentes

### **Desarrollo del pensamiento prospectivo**

Comencemos con algunas palabras clave con lo cual se puede ir comenzando a ir desarrollando una prospectiva arquitectónica e ir pensando en los elementos que pueden intervenir en el proyecto no importando su tamaño.

#### **Palabras clave:**

Actores, Biodiversidad, Cambio social, Cambio tecnológico, Caos (teoría del), Ciberespacio, Competitividad, Concurrencia, Conocimiento, Continuidades, Crecimiento económico, Crisis, Economía de servicios, Equilibrio, Escenarios, Estrategia, Extrapolación, Factor tiempo, Formación, Futuro, Futuribles, Genoma, Globalización, Holística, Ideología política, Imágenes, Impactos cruzados, Indicadores, Información, Informática, Inteligencia artificial, Interrelacionabilidad, Juegos (teoría de), Largo plazo, Límites al crecimiento, Macroeconomía, Mapas mentales, Matriz, Megatendencias, Milenio, Modelos, Nanotecnología, Paradigma, Pensamiento, Postindustrial, Predicción, Previsión, Problemática, Prospectiva, Realidad virtual, Retrospectiva, Robotización, Rupturas, Sector informal, Sector terciario, Simulación, Sinergia, Sistema, Sociedad de la información, Sustentabilidad, Tecnologías de la información, Tendencia, Valores, Variables cualitativas, Visión.

Dentro de estas palabras claves el arquitecto esta muy familiarizado con algunas lo cual es una gran ventaja, al tener un cliente y un proyecto podemos tener respuestas a estas palabras clave (si las pasamos a interrogantes) e ir las relacionando unas con otras, para esto necesitamos una metodología, podemos utilizar la de “métodos de análisis de futuros” que son los que se amoldan mas a la idea de prospectiva arquitectónica.

#### **Análisis de futuros**

Análisis de futuros posibles, probables y deseables.

Ahora más que nunca el Arquitecto necesita herramientas que ayuden a tomar decisiones en un clima de complejidad, conflicto e incertidumbre. En estas condiciones se hace necesario explorar el futuro para poder anticiparse a los problemas.

El futuro no está totalmente determinado; siempre está abierto a múltiples desenlaces futuribles. El estudio de estos es el objeto de esta actividad.

La representación de los futuribles nos ofrece dos opciones: adaptarse o influir en el futuro.

Esperar a que lleguen los problemas o las situaciones irreversibles para plantearnos qué debemos hacer corresponde a la primera opción: es una actitud reactiva (de apaga fuegos). Nosotros como arquitectos debemos proponernos otra actitud - **la proactiva** - para encarar el futuro; significa que optamos por anticiparnos a los problemas que puedan aparecer, reflexionando sobre el futuro lo construimos e influimos sobre él, reduciendo los riesgos de la complejidad e incertidumbre que implica lo desconocido. De esta manera tendremos la capacidad de respuesta adecuada para actuar ante las variaciones del entorno y que influyen dentro del proyecto.

El objeto de la prospectiva no es predecir el porvenir; más bien, por el contrario, su fundamento se asienta sobre la convicción de que el porvenir está por hacer. No está determinado a priori, pero sí se puede afirmar que el futuro está abierto.

En efecto, nuestra nuevo pensar se centra en el análisis de los distintos futuros - los posibles, los probables y los deseables - mediante técnicas de Prospectiva que estudian cualitativa y cuantitativamente las variables que configurarán los diferentes futuros en un horizonte temporal determinado (entre tres y veinte años), sus características, las interdependencias entre ellas, sus límites y cuantas circunstancias influyan en la identificación de los futuribles. Es decir, se elaboran conjuntos de hipótesis sobre panoramas de futuros que tienen las siguientes características:

- 1.- Se considera que no existe un único futuro sino que pueden darse múltiples futuros: futuribles.
- 2.- El enfoque del análisis es global, cualitativo más que cuantitativo, estructural y sistémico: cada variable tiene importancia en tanto en cuanto se relacione (influya y / o dependa) con otras variables.
- 3.- Se estudia la evolución probable de las variables clave: carácter dinámico.
- 4.- Los proyectos, objetivos, comportamientos, fuerzas y medios de los actores (agentes que intervienen y / o influyen en el sistema estudiado) son esenciales para evaluar las alternativas estratégicas: análisis del juego de actores.
- 5.- Las combinaciones de hipótesis que se elaboran han de ser explicativas, coherentes y facilitadoras de los procesos reflexión-decisión-acción: desarrollo estratégico.

Los tiempos que nos ha tocado vivir, caracterizados por tantos y tan rápidos cambios tecnológicos, económicos, políticos, sociales.,

acrecientan todavía más si acaso la complejidad y la incertidumbre sobre "lo que vendrá" y nos impulsan a explorar el porvenir, no ya por curiosidad sino para pretrecharnos de una adecuada capacidad de respuesta ante los cambios que se producirán en el entorno.

Pero como podemos preparar el futuro, ¿es lógico esto? Y si podemos hacerlo, debemos realizarlo pero ¿Y como se prepara el futuro?, para esto debemos mentalizar que siempre el proyecto arquitectónico será a largo plazo por lo que le debemos de darle ese sentido.

### **El sentido de un proyecto a largo plazo**

Cualquier decisión política de índole socioeconómico tomada sin una reflexión previa coherente, consistente y pertinente, tarde o temprano está condenada al fracaso. De tal manera también un proyecto arquitectónico. Si tales decisiones pretenden poner en marcha proyectos de futuro que movilicen a sus destinatarios, además deberán reunir algunas características más.

Un proyecto tiene sentido cuando clarifica la acción colectiva, une a los protagonistas a través de valores compartidos y, por tanto, polariza energías y otorga conciencia de pertenencia al todo. Para ello debe tener las siguientes características: Anticipación, visión de conjunto, la inserción del proyecto en su entorno geográfico, cohesión, movilización, documentación, la organización de la reflexión, la programación de las acciones, la internacionalización y la comunicación, además de todos estos aspectos el arquitecto tiene la obligación de proponer un "concepto" a su proyecto.

#### **1.- La anticipación**

Todo buen proyecto se debe de realizar antes de que sea urgente su construcción, debe ser provisorio, no importa su tamaño, ya sean oficinas, casas, industrias, por ejemplo los proyectos de centrales eléctricas tienen que estar adelantados 10 años antes de que la demanda de electricidad rebase su capacidad.

El proyecto se esforzará por ir más allá del medio plazo y por dotar a la comunidad correspondiente (nación, estado, municipio, colonia, calle) de una ambición que supere el "**tiempo político**", donde los proyectos de grande alcance no se realicen porque están fuera de la terminación del sexenio.

#### **2.- Visión de conjunto**

El proyecto propondrá una visión de

conjunto - sistémica - de la problemática a abordar. Cuando se trate de un proyecto de desarrollo de una comunidad o ámbito (región, municipio, institución, organización.) incluirá lo económico, lo social, lo cultural, la educación, el urbanismo, la ordenación territorial., para evitar la fragmentación, fuente de incoherencia.

### **3.- La inserción del proyecto en su entorno geográfico**

La región o comunidad local procurará insertar el proyecto en su entorno geográfico a fin de identificar sus aportes, con las cuales le interesa entablar relaciones de colaboración, y de evaluar a qué posición puede aspirar con relación al conjunto de la zona geográfica ( apoyo, sostén, motor, punta de lanza, seguidora.).

Dentro de los grandes proyectos encontramos grandes detonadores ya sean de riqueza o falta de servicios, se tiene que tener cuidado de que proyecto cuente con todos los servicios necesarios y no vaya a absorberlos de su entorno inmediato creando un vacío de servicios, el proyecto siempre tendrá que proveer de estas necesidades para beneficio de la comunidad y sus alrededores.

### **4.- La cohesión**

El proyecto ha de esforzarse por garantizar la cohesión entre:

a) Su entorno inmediato, el proyecto tendrá que adaptarse a su entorno y no al revés.

b) La ciudad, su periferia, los municipios satélite, la región (dependiendo el tipo o magnitud del proyecto).

c) Las diferentes poblaciones afectadas llegando a un acuerdo sobre determinados valores compartidos.

### **5.- La movilización**

El proyecto sólo es eficaz si se pone en práctica, y solo si el proyecto funciona para la que fue diseñado y creado, es difícil que un proyecto cambie su fin último y funcione correctamente

El sentido de movilización a través del tiempo esto da el sentido de un proyecto a largo plazo.

### **6.- La documentación**

El proyecto no se elabora partiendo de la nada; se basa en su pasado, su historia, sus

tendencias arraigadas, su presente y sus logros pasados, los cuales, en parte, condicionan ya su futuro. La información sobre proyectos parecidos o hacer analogías sirve como base para mejorar lo nuevo a desarrollar e innovar.

### **7.- La organización de la reflexión**

En general, la espina dorsal del proceso de reflexión la constituye la vía de la prospectiva estratégica aplicada con la metodología completa de los escenarios que nos permitirán explorar los futuros posibles - futuribles -.

### **8.- La programación de las acciones**

El proyecto conduce a organizar un gran número de acciones concretas; sus vínculos de dependencia, su lanzamiento en el tiempo, su costo y su financiación, así como sus responsables. Todo ello deben ser previstos de forma muy precisa. Con la cual se puede programar sus movimientos y organizar a muchos actores distintos todos pero que participan para un solo fin en conjunto.

### **9.- La internacionalización**

Una región o ciudad no puede concebir un proyecto de futuro sin una preocupación permanente por la dimensión internacional. Cuando las sociedades nacionales pierden progresivamente su cordón protector de fronteras, sobre todo en el plano socioeconómico, las regiones y las colectividades territoriales se ven obligadas a reaccionar en un contexto de interdependencia que se traduce en términos de vulnerabilidad y de oportunidades. Las regiones deben buscar su "acoplamiento" más allá de las fronteras nacionales sin perder la noción de su identidad nacional.

### **10.- La comunicación**

El proyecto en sí, debe de dar un mensaje a su entorno el cual debe ser reconocible, continuo y coherente de pertenencia, el cual lo ubique en el entorno internacional, foráneo o local.

También como cualquier problemas dentro de la naturaleza humana se encuentra la comunicación, la comunicación dentro de los distintos actores del proyecto debe ser clara, precisa e inmediata, hoy en día la comunicación es mas sencilla y ofrece distintos medios a lo cual lo que necesitamos desarrollar ahora es una cultura de la comunicación con sentido, ya sea interpersonal, laboral.

## DESARROLLO DEL CONCEPTO.

Después de realizar una prospectiva conveniente para el proyecto el arquitecto debe desarrollar un concepto de su creación, la tesis presentara proyectos que pensados a partir de una idea prospectiva pueden ser novedosos e innovadores, proponiendo una nueva forma de desarrollo arquitectónico, apartir de su conceptualización y su unión con las tecnologías actuales, las cuales aportan nuevos retos para el arquitecto y la humanidad hoy en día.

Con la nueva tecnología de hoy en día, y acercándonos a una revolución tecnológica donde la arquitectura esta asimilando estos cambios se crean distintas vertientes arquitectónicas las cuales no son puras como anteriormente se podían distinguir, ahora, se puede realizar una amalgama con estas tecnologías y conceptos arquitectónicos que incluyen tecnología, lo cual forman un abanico de posibilidades y soluciones a futuro.

El trabajo tratará de demostrar que pensando, proyectando y construyendo con una conceptualización acorde a las necesidades del proyecto (un proyecto en específico), este tendrá mayores beneficios tanto económicos como de funcionamiento.

Esta idea (la conceptualización) depende de la época en que se desarrolla, es obvio que la tecnología avanza y que lo que esta "atrás" no es igual a lo que estará "adelante", esto es, los proyectos o conceptualizaciones novedosas que no se pudieron dar en el pasado, con la tecnología actual pueden ser viables y pueden pasar de ser "utopías arquitectónicas o sueños" a proyectos novedosos.

La investigación dará a conocer los proyectos dependiendo de sus características, hará antecedentes, marco teórico y desarrollo constructivo de las construcciones y dará énfasis en los beneficios obtenidos por el desarrollo de un "concepto" que en algún momento de su desarrollo fue un "sueño", esto dará la pauta a seguir en proyectos parecidos que tengan las mismas características y puedan ser solucionados con una concepción novedosa con mayores beneficios apartir de un desarrollo prospectivo.

Con esto se demostrará que se necesita una correspondencia entre "prospectiva-concepto-diseño-tecnología", lo cual dará como resultado un desarrollo en la inventiva del arquitecto actual porque dará solución práctica a los problemas especiales de diseño con tecnología. Esto si se sigue evolucionando puede llegar a crear un tipo de

"escuela arquitectónica" donde el pensamiento de esos arquitectos será totalmente diferente a lo que conocemos hoy en día.

La metodología a seguir será la metodología cibernética y la metodología prospectiva (análisis de futuros) siendo estas las más adecuadas para este tipo de temas. Los cuales son difíciles de comprender por lo novedoso de su proceder.

La finalidad de la tesis es mostrar arquitecturas prospectivas, ideas novedosas, puntos de vista, abrir nuevos caminos al desarrollo de la arquitectura actual con la tecnología existente (la cual no ha sido aprovechada adecuadamente por los arquitectos que tienen la obligación de conocerla, utilizarla y difundirla para beneficio de todos.

Cada uno de los capítulos se ira desarrollándose individualmente, todos son independientes uno de otro por lo que cada uno, sus antecedentes, su desarrollo. serán diferentes y lo que tienen en común o lo que los une entre sí es la unión de "prospectiva-concepto-diseño-tecnología" y su forma de desarrollar estas ideas por lo que no se realiza una estructuración a base de las ingeniarais utilizadas o elementos en los que se desarrollan.

La tesis que propone un curso basándose en este texto donde se mostraran ejemplos de arquitecturas prospectivas, dará a conocer conceptos dentro de la arquitectura actual; ejemplificando con construcciones recientes, describiendo sus antecedentes y describiendo como fueron realizadas constructivamente.

Este trabajo trata de mostrar de como una concepción arquitectónica puede ser llevada a cabo con la tecnología actual, es decir, la unión de prospectiva-concepto-diseño-tecnología, esto es muy importante debido a que esto se ha ido desarrollando paulatinamente en los países desarrollados con buenos resultados.

Se tocarán temas que son realizables y se dejarán afuera las "utopías arquitectónicas". El enfoque que se le dará no tomará en cuenta las limitaciones económicas, políticas o cualquier elemento que no sea tecnológico o arquitectónico que intervengan dentro del proyecto y se dará énfasis a los beneficios aportados por estas novedosas conceptualizaciones.

Dentro de la historia de la arquitectura se ha visto que la inventiva del hombre es limitada únicamente por la tecnología de la época, esto da como resultado que grandes proyectos con concepciones novedosas se hayan quedado en el olvido.

En el futuro posiblemente esto sea al revés, es decir, se tenga la tecnología pero no los conceptos para aplicar una arquitectura acorde a lo que se piensa construir, perdiéndose estos recursos naturales y económicos por una planeación mal hecha por desconocer otras alternativas de solución o por simple capricho del arquitecto.

Las ideas planteadas en la investigación tendrán un enfoque general sobre la construcción, no sólo se hablará de la vivienda sino que se abarcarán temas concernientes al comercio, transporte, almacenaje, industria, seguridad, diversión y sobre todo diseños poco convencionales pero factibles y redituables.

Se estará hablando de soluciones alternativas para distintos problemas con respuestas de tecnología actual que pueden ser perfectamente viables y económicamente atractivos a partir de un diseño con una concepción novedosa.

Pero si estamos hablando de conceptos ¿cómo podemos llegar a una conceptualización?

Para llegar a una buena imagen conceptual, un diseñador debe ser, como decía Rodin, “un creador libre y espontáneo; no debe someterse a un canon preconcebido y desconfiar de lo que pueda esterilizar la inspiración”.

Así como la naturaleza nos ofrece ininidad de conceptos, el hombre debe lograr originalidad, libertad y espontaneidad, haciendo a un lado formalismos considerados a priori. El camino no es sencillo. En otras palabras, citando a Félix Candela: “Debemos poner todo nuestro empeño, toda nuestra capacidad de trabajo, penoso y angustiado, en la elaboración de cualquier obra que emprendamos; pero, para que el resultado final pueda ser considerado como obra de arte, ha de aparentar haber sido hecho sin ningún esfuerzo, como el fruto de una inspiración juguetona y despreocupada”.

Lograr un concepto auténtico resulta como meter en un embudo condicionantes obtenidas de la información y de la investigación; el programa de necesidades; los imperativos ambientales, tales como vientos dominantes, topografía, orientación.; y todas las condicionantes culturales y económicas. Asimismo, deberá vertirse a este embudo el esquema de funcionamiento que contemple el análisis de áreas y su zonificación. Todos los elementos deberán ser claros y concretos. En la integración de éstos empieza propiamente el proceso creativo, es ahí donde se gesta el futuro nacimiento de una idea. Se filtra y tamiza esta energía, viene la eliminación de lo superfluo y la abstracción de la parte esencial, a continuación, se comprime y se llega a la síntesis.

Finalmente, se sucede un momento “tormentoso o de dolor”, para llegar plenamente al momento misterioso, imposible de describir: el de la inspiración, germinación de la idea, nacimiento del concepto.

En otras palabras, digamos que ya concentrada la información las condicionantes ambientales, de cultura. toda esta energía tiende a ascender por el interior de un volcán que se estrecha, lo cual nos lleva forzosamente a un desecho minucioso de elementos innecesarios. La energía acumulada se comprime para poder pasar por la estrecha boca, provocándose algo similar a la erupción de un volcán. Ese es el instante en el que se produce la idea, el click que detona un proceso en el que se genera un producto nuevo, una imagen conceptual que aflora en el vértice de dos conos opuestos.

Posteriormente, el concepto se expresa y se proporciona en el “anteproyecto”, para después pulirlo en el “proyecto ejecutivo”, pretendiendo así, un todo armónico: “la unidad”.

Un ejemplo analógico del proceso creativo lo encontramos en la gestión del ser humano. Todos sabemos que, en la formación del embrión, los 3 primeros meses y los 3 últimos son los más delicados, sin que por ello carezcan de importancia los 3 intermedios. Así como la primera etapa representa un estado fundamental para que el feto encuentre un desarrollo preciso, en el proceso creativo del diseño también los tres primeros puntos (información, investigación y esquema de funcionamiento) deben cimentar, clara y firmemente, la base sobre la cual se levantará nuestro proyecto.

Como en el caso del embrión, si el proceso empieza con complicaciones, por ejemplo, si a los dos meses al producto se le notan deformaciones, cualquier intento de “componer” la malformación es inútil: o se produce un aborto o un fenómeno que llegará al mundo. Igual sucede en el proceso creativo: si la ubicación de una zona o espacio en los primeros pasos no es la correcta, este diseño difícilmente se mejorará. De ahí la importancia de observar y cuidar los pasos de este proceso desde el principio.

La conceptualización es el motor impulsor de grandes construcciones pero debemos de tomar en cuenta que una conceptualización no es lo mismo que un estilo arquitectónico.

El concepto es la idea básica de la construcción y el estilo arquitectónico es el tipo de construcción, arreglo o sello característico que el arquitecto pone a su construcción .

Un ejemplo sencillo sería: una casa habitación, el concepto será hacerla subterránea y la realiza el Arq. Legorreta. El resultado sería que se tenga una casa subterránea cuidando la ventilación, las humedades, las filtraciones y una casa bajo tierra, el estilo será clásico del Arq. Legorreta con volúmenes sencillos, iluminación indirecta y colores ocre, blanco, azul, magenta y amarillo.



1

La misma casa la realiza el Arq. Teodoro González de León, El resultado sería que se tenga una casa subterránea cuidando la ventilación, las humedades, las filtraciones y una casa bajo tierra, el estilo será clásico del Arq. Teodoro González de León: espacios amplios, concreto aparente de color martelinado, grandes traveses y pergolados.



2

Los estilos son diferentes pero el concepto es el mismo, la conceptualización de la casa es “una casa subterránea (una casa bajo tierra)” obviamente la idea de funcionamiento está implícita.

Pero ¿por qué tenemos que tomar todo esto en cuenta, se están perdiendo los valores fundamentales de la arquitectura, se está prostituyendo la arquitectura ante los grandes consumidores capitalistas, al ego mismo del arquitecto?. Esto mismo se preguntan varios

arquitectos alrededor del mundo, Resultaría conveniente examinar, por tanto, las actitudes y comportamientos de los arquitectos a nivel nacional e internacional, en los nuevos escenarios caracterizados por la inexistencia de los tradicionales motivos de legitimación. Y hacerlo, asumiendo las indiscutibles diferencias generadas por las peculiaridades de cada región o país en cuanto a las condiciones de uso de la edificación, de su mantenimiento, de nivel tecnológico o de adecuación a la localidad específica, aparte de las diferencias derivadas de las decisiones de los arquitectos frente a los diversos contextos.

En un escenario internacional que ha cambiado radicalmente en los últimos años, la arquitectura parece abrirse, al igual que el sector de las mercancías, de la información o de las finanzas, a una suerte de mercado global, con todas las ventajas y los problemas que eso conlleva. En el contexto de ese escenario internacional, las temáticas tradicionales de la "identidad nacional", más que confrontarse a una idea abstracta de internacionalidad, entran en contacto con un múltiple entrelazamiento de culturas y paisajes diferenciados: ellos son el resultado de una crisis del liderazgo político a nivel mundial, que corresponde al fin de los "ismos" que han predominado (combatiendo y negociando) a lo largo del siglo XX, es decir, el comunismo (liquidado) y el capitalismo (agotado), proceso que terminará dando a luz una nueva sociedad postsocialista y postcapitalista en la que competirán y coexistirán estructuras transnacionales, macrorregionales, nacionales, locales e, incluso, tribales. Hasta las *clases sociales*, como señalan recientemente algunos sociólogos, han perdido su importancia como contenedores y como sostenedores del individuo, que se ve obligado hoy a luchar por su cuenta, sin un marco de referencia formado por grupos estructurados, para encontrar un lugar en el sistema. A ello se agrega la desaparición del espacio, entendido como experiencia espacial, y su sustitución por el tiempo, entendido como tiempo empleado para transferirse de uno a otro de los "islotos" producidos por la disgregación territorial.

El caso de Aldo Rossi resulta significativo al respecto: con una arquitectura caracterizada desde el inicio por los rasgos autobiográficos, la autonomía disciplinar y la condición introspectiva al entrar en contacto con los ambientes de Estados Unidos o del Extremo Oriente, Rossi se ha abierto a las contaminaciones del eclecticismo y ya existe un Rossi camboyano o japonés, y hasta otro New England. No es fácil para un arquitecto proyectar en contextos tan diversos y hacerlo, además, en una época donde no existen certezas, líneas correctas o "movimientos modernos". Para completar este curioso fenómeno de circularidad de los lenguajes en

<sup>1</sup> Chiron Life Science Laboratories (California) Arq. Ricardo Legorreta

<sup>2</sup> Arcos Bosques Corporativo (México D.F.) Arq. Teodoro González de León, Arq. Francisco Serrano, Arq. Carlos Tejeda

la época postmoderna, es necesario observar los últimos proyectos de Rossi para la empresa inmobiliaria italiana, al regreso de los Estados Unidos, planteando una suerte de villas neopaladianas al modo jeffersoniano. En este caso, por otra parte, no sólo se asume muy ambiguamente el tema de la identidad nacional, sino que también se suscriben operaciones inmobiliarias sumamente equívocas. Cada vez se observa con más frecuencia a estas grandes figuras de la arquitectura contemporánea cumpliendo roles de encubrimiento del sistema especulativo de la industria de la construcción en cada país.

Y así como las nuevas condiciones de movilidad internacional, favorecida por la enorme circulación de los capitales multinacionales, plantea a los arquitectos problemas de orden expresivo y de redefinición de sus niveles de responsabilidad, así también los distintos países se ven impulsados a tomar en consideración la nueva situación, buscando los instrumentos adecuados para afrontar la realidad del nuevo contexto internacional.

Para comprender este fenómeno deberíamos estudiar las transformaciones ocurridas a la figura del arquitecto durante los años 80. Se podría decir, en síntesis, que la otra cara de la globalización corresponde a un lastimoso abandono de toda responsabilidad moral e intelectual: el arquitecto se ha "profesionalizado" (en el peor sentido del término), ofreciéndose como productor de imágenes o solucionador de problemas sobre cuya razón de ser ni siquiera acepta discutir.

En este panorama arquitectónico, más que la situación específica de cada territorio, cuentan las figuras de la nueva clientela. En el nuevo esquema de competitividad global, incluso las obras públicas de carácter gubernamental pueden ser concebidas por los políticos con el objetivo principal de lograr un margen de consenso, un suplemento de imagen frente a regiones o ciudades rivales. *"Las grandes empresas del capitalismo, los grandes clientes, hoy imponen las formas arquitectónicas que incitan al consumo y convencen a todo el mundo que el consumismo feroz y la sacralización del libre mercado resolverán todos los problemas y promoverán la felicidad universal, o por lo menos la felicidad de esta quinta parte de la humanidad que, como se ve, parece la única merecedora de ser feliz"* (Bohigas).

También el proyecto arquitectónico está conociendo una fase de expansión y "colonización interna" de proporciones desconocidas en épocas precedentes. Con el gigantesco crecimiento de los instrumentos y las técnicas de reproducción y difusión de las imágenes, e incluso con la

incorporación de las computadoras a la elaboración técnica de los proyectos, estamos en presencia de fenómenos totalmente nuevos. Por ejemplo, el incremento de la cantidad de proyectistas y de proyectos con respecto a las obras efectivamente realizadas crece en forma exponencial con el transcurso de los años. Este fenómeno termina modificando el sentido tradicionalmente atribuido al dibujo arquitectónico, como un simple medio para describir el edificio a construir. Los dibujos de los arquitectos tienden a constituirse en una suerte de lenguaje propio, subdivididos en géneros diversos según los fines a que son destinados.

También aumenta vertiginosamente la rapidez con la cual las modas arquitectónicas se suceden y con la que alcanzan un vasto público de acólitos en el mundo entero. Asimismo, el hecho de que la arquitectura haya pasado a formar parte del mundo del espectáculo en la "aldea global", de que su producción de imágenes sólo sea comprensible dentro de los códigos internos de este tipo de comunicación y de que, incluso, hasta la cosa real le ofrezca la ilusión de comportarse como una imagen virtual, hace dramático el problema de lo que podría calificarse como *la falta de compromiso*, es decir, la pérdida de la materialidad y de la necesidad, la necesidad de la arquitectura de ser duradera se ha perdido y aparece una arquitectura temporal, efímera, sin legado.

#### **conclusiones:**

Es lícita la pregunta ¿La prospectiva, para qué? La respuesta aceptada es que constituye una herramienta estratégica. Es cierto. Pero antes de utilizar la herramienta, hay que tener la voluntad establecer una estrategia, y definir los grandes objetivos de la misma.

La prospectiva tiene sentido en un contexto nacional o regional, pero siempre referida a un espacio socio-económico y cultural concreto. Parte de un buen conocimiento de las realidades de ese espacio, y una profundización en este conocimiento es una premisa previa indispensable en cualquier ejercicio de prospectiva. Puede afirmarse, sin riesgo a exagerar, que la prospectiva debe ser lo contrario de la abstracción.

La prospectiva arquitectónica dará mayor valor y legitimidad a los nuevos proyectos debido a su incorporación a su entorno, economía, dinámica social, y resolverá con mayor efectividad las necesidades para las cuales fue construido.

La prospectiva arquitectónica dará certidumbre y sostén a un buen proyecto arquitectónico.



## CAPITULO II “EDIFICIOS INTELIGENTES”

### Introducción

Aspectos generales de la edificación Inteligente en México.

El capítulo es un análisis teórico sobre las características generales del concepto de **edificios inteligentes**, el cual fue acuñado en **Japón y Estados Unidos**.

El análisis se centra en destacar sus cualidades de estos con respecto a las de una construcción tradicional y poner en claro las técnicas aplicadas para su desarrollo. Las cuales están basadas en criterios específicos de acuerdo a una especialización determinada. Por ejemplo *técnicas de Automatización, Sensores, Aire acondicionado, Telecomunicaciones, Circuitos cerrados*.

La historia de los edificios inteligentes en México se remota hacia el final de los años 80, después hubo un avance en los 90as. que estuvo unido al boom de la industria de la construcción, Sin embargo, poca gente conoce del concepto de edificio con inteligencia artificial y apenas cuenta con la experiencia, conocimiento y habilidad para diseñar, implementar y coordinar ese tipo de proyecto de modo profesional.

Los objetivos de este tipo de edificación son: racionalizar el uso de la energía en beneficio de la ecología, brindar confort y seguridad al usuario, integrar el inmueble al mundo de las telecomunicaciones y optimizar su operación y mantenimiento.

Aspectos generales de la edificación Inteligente en México: Aquí existe una gran zona compuesta por edificios inteligentes: oficinas, centros comerciales, auditorios, hoteles, laboratorios farmacéuticos. Santa Fe importante conjunto inmobiliario al poniente de la ciudad de México, se le considera el sitio con mayor número de estos.

Los sistemas utilizados en México son equiparables a los utilizados en países como Estados Unidos, Francia y Alemania, En algunos casos hasta superada ésta, pues se han aplicado sistemas e instalado equipos europeos, ligados a

otros estadounidenses, como el edificio de World Trade Center, siendo esta aplicación única en el mundo.

Otro caso es el de los sistemas de ahorro de energía que se emplearon en los hoteles de la cadena Palace Resorts en Cancún, (edificios existentes que fueron remodelados) en donde los equipos instalados por primera vez son de manufactura europea. Algunos otros edificios son: Laboratorios Glaxo, Cooperativo Coca Cola, hotel Marriot.

### DEFINICIÓN

**Edificios inteligentes**, son aquellos en que la regulación, control, mano y gestión del conjunto de sus instalaciones, informática, transporte. Se hacen de forma integrada y automatizada, consiguiendo una mayor eficiencia de las energías existentes, un mejor confort y el disponer de un conjunto de servicios añadidos, que podrán ir evolucionando cuando las mejoras tecnológicas futuras lo posibiliten.

La denominación de edificio inteligente puede ser aplicable a todo género arquitectónico, casa habitación, hoteles, edificios para la salud, Industria, comercios.

Pues este concepto no solo se refiere a un edificio de uso administrativo; realmente debería llamarse edificación inteligente, por lo que abarca a todo género arquitectónico.

El concepto de edificio inteligente surge luego de la Segunda Guerra Mundial en países con crisis energética (Japón, Estados Unidos, Alemania) como una propuesta alternativa para el ahorro energético y económico de las edificaciones.

Una edificación inteligente debe concebirse desde el concepto arquitectónico y buscar la integración de todos sus componentes: estructura, instalaciones, Sistemas de funcionamiento, suministro de agua, energía eléctrica, aire acondicionado, monitoreo, sistemas contra incendio, telecomunicaciones y servicios administrativos. Bajo estas condicionantes el edificio inteligente podrá tomar decisiones por

cuenta propia. ya que debe estar capacitado para que en el momento de haber una falla en algún equipo. Mandar una señal que frene automáticamente ciertos sistemas para evitar desperfectos mayores. En caso de haber un temblor poder prevenir a sus ocupantes y contrarrestar los efectos sísmicos en su estructura mediante un sistema de amortiguamiento colocado en la cimentación, o en el caso de un incendio sonar una alarma para prevenir igualmente.

Un edificio inteligente debe integrarse a su medio ambiente tanto exterior como interior para producir el mínimo impacto, además de aprovechar todos los sistemas pasivos de climatización, ventilación e iluminación en forma natural y/o complementándose con sistemas electromecánicos eficientes. En la concepción del diseño es necesario considerar el sitio y el entorno, la localización, orientación, forma y diseño de las estructuras; el tipo de materiales constructivos y acabados, integrando además el uso de elementos vegetales como dispositivos de control climático, ya sea para sombrear, humidificar o controlar el viento.

Por otra parte es necesario considerar los requerimientos de los usuarios, que van desde su actividad hasta el uso del espacio, rangos de comodidad, niveles adecuados de iluminación control de ruido y ambientación.

Otro aspecto no menos controvertido es la posible dependencia tecnológica a la que podríamos estar sujetos en un edificio inteligente, ya que buena parte de los sistemas electrónicos de los dispositivos, requieren de asesoría técnica y mantenimientos especializados; es pues necesario automatizar las edificaciones en las funciones que realmente no sean necesarias y redituables, sin olvidar que la solución más sencilla es como siempre la mejor.

El edificio inteligente es aquella construcción cuya flexibilidad y ejecución multidisciplinaria con previsiones a futuro, permite que el inmueble se adapte a las necesidades del usuario y no a la inversa, entre otras características que debe tener:

#### **CONCEPTO DEL IQ: El IQ. de un edificio debe ser una medida de:**

- Su capacidad de satisfacer las necesidades de la gente relacionada con el edificio.

- Su posibilidad de respetar y adaptarse al medio ambiente que lo rodea.

#### **Medición del IQ de un edificio.**

- Mecanismo de evaluación que considere **TODOS** los aspectos y posibilidades necesarios.
- Hecho en México, tomando en consideración las características del mercado mexicano.

#### **Aplicaciones:**

- Edificio de oficinas
- Corporativas
- Multiusuario
- Hoteles.
- Hospitales.
- Universidades.
- Industrias.

#### **Categorías:**

- Conceptos Arquitectónicos y de Ingeniería Civil.
- Conceptos de Instalaciones.
- Plataforma única de Cableado.
- Conceptos y sistemas.

#### **Conceptos Arquitectónicos y de Ingeniería Civil:**

- Diseño del edificio bajo el concepto del Edificio Inteligente.
- Actividad Multidisciplinaria.
- La mayoría de las decisiones tomadas en las fases iniciales de los proyectos son permanentes.

#### **Conceptos Arquitectónicos:**

- Factor innovación.
- Expresión Plástica.
- Respuesta al contexto.
- Aportación Formal. Fundamental. Tecnológica.
- Percepción espacial.

#### **Reglamentaciones**

- Color y material, solución modular, volumétrica.
- Arquitectura ecológica sustentable.
- Impacto ambiental, visual, psicológico.
- Relación usuario-edificio.
- Originalidad y creatividad.

#### **Conceptos de Ingeniería Civil:**

- Estructuración Respaldo del DDF
- Procedimiento:
  - Recopilación de la información.

- Definición de características generales de la estructura.
- Clasificación subsuelo.
- Definición del grupo.
- Definición de materiales estructurales.
- Definición de elementos estructurales portantes.
- Definición de sistemas de piso.



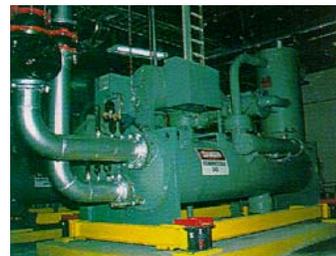
- Definición de claros y alturas de entrepisos.
- Definición materiales a utilizar en elementos estructurales.
- Definición de secciones transversales, dimensiones de elementos estructurales.
- Definición entre elementos estructurales.
- Definición de elementos no estructurales.
- Definición de fijación de los elementos no estructurales.
- Revisión cualitativa de estructura ante cargas horizontales, verticales.
- Definición de la cimentación.
- Seguridad: incendios, sismos, evacuación.
  - Cumplimiento con la norma 101 de NFPA.
  - Diseño de barreras de separación.
  - Diseño de los medios de escape.
  - Considerar limitaciones físicas de discapacitados.
  - Diseño de sistemas de extinción de incendios.
  - Uso de Sistema de Alarma Sísmica (SAS).
- Control de vibración.

<sup>1</sup> Muestra de piso elevado para paso de cableado estructurado

- Origen de la vibración en sistemas de aire acondicionado.
- Transmisión a estructuras, equipos e instalaciones.
- Consecuencias de la vibración.

#### Conceptos de instalaciones:

- Instalaciones para soporte a los sistemas y servicios del edificio:
  - Eléctrica.
  - Hidráulica.
  - Aire Acondicionado, Calefacción, Ventilación.
  - Telecomunicaciones.
  - **Instalación Eléctrica:**
    - Capacidad en las subestaciones de servicios generales u en la de la Cía. suministradora.
    - Sistema de detección de incendios.
    - Dimensionamiento y distribución del cableado de energía.
    - Energía eléctrica de emergencia.
    - Suministro continuo de energía (60 minutos) a sistemas de seguridad, protección y telecomunicaciones.
    - Locales adecuados.
  - **Instalación Hidráulica:**
    - Área permeable para cargar mantos acuíferos.
    - Sistema de captación y recuperación de aguas pluviales.
    - Sistema de extinción de incendios.
  - **Aire Acondicionado, Calefacción y Ventilación:**



<sup>2</sup>

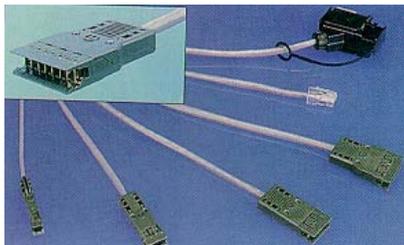
- Eficiencia.
- Consumo energético.
- Control distribuido.

<sup>2</sup> equipo sistematizado de aire acondicionado, Cenit Plaza Arquimedes, Ciudad. de México

- Interacción con sistemas de detección de incendio y evacuación.
- Monitoreo de CO.
- Selección del sistema de filtrado y enriquecimiento del aire.
- Incorporación del concepto de calidad del aire interior.
- El gran consumidor de energía.
- **Otras Instalaciones:**
  - Plantas de congelación.
  - Plantas de tratamientos de afluentes.
  - Plantas de tratamiento de aguas.
  - Reutilización de agua residual.
  - Digestiones.

Utilizar soluciones y sistemas no convencionales pensados en términos del mejoramiento de la calidad del medio ambiente.

#### Plataforma única de Cableado.



3

- Concepto que ofrece las ventajas de ahorro, flexibilidad, protección a la inversión.
- Integración de las redes de comunicaciones (voz, datos) y sistemas de automatización, seguridad y protección.
- Garantía de evolución tecnológica.
- Sistemas completos: SI, Integración de componentes aislados: NO
- Diseño e instalación por personal capacitado.
- Cumplimiento con los estándares de diseño y normas de instalación aplicables.
- Integración con otros sistemas avalada por los fabricantes.
- Sistema completo instalado y probado de una manera integral.
- Observar los códigos y regulaciones aplicables.

#### Sistemas del Edificio.

- Aplicación de elementos tecnológicos en la operación diaria del inmueble.
- Requerimientos de adaptabilidad / apertura, flexibilidad, conectividad. Dependientes de la Aplicación.
- Telecomunicaciones, Automatización Control, Ahorro de Energía, Protección, Seguridad, Mantenimiento.
- Telecomunicaciones.
  - Área de desarrollo, crecimiento y aceptación.
  - Fundamentales en la toma de decisiones y ofrecimiento de servicios.
  - El edificio debe tener la infraestructura adecuada.
  - Redes de voz, datos, vídeo, Multimedia.
- Automatización.
  - Integración del concepto de automatización.
  - Control distribuido.
  - Control Digital.
  - Arquitectura abierta.
  - Interacción con sistemas de seguridad.
  - Sistemas expertos.
- Ahorro de energía.
  - Elemento técnico en el concepto de inteligencia.
  - Uso de fuentes alternativas de energía.
  - Asesor profesional en el programa de ahorro.
  - Forma orientación y fachada.
  - Iluminación y transporte.
- Control de Iluminación.
  - Capacidad lumínica. (mayor)
  - Consumo eléctrico. (menor)
  - Diseño por especialistas.
  - Uso de conceptos de seguridad, flexibilidad y ahorro de energéticos.
  - Iluminación natural. (mayor)
  - Punto potencial de gasto de energía.
- **Seguridad y protección.**
  - La protección a la vida es la más alta prioridad.
  - Análisis de riesgos.
- **Incendio.**

<sup>3</sup> Ejemplos de tipos de cableado de sistemas voz, datos

- Detección y alarma.
- Voceo de emergencia, intercomunicación.
- Rutas de evacuación.
- Sistemas de extinción.
- Estricto cumplimiento de normas y reglamentos.
- **Sismos.**
  - 1000 Sismos / año (D.F.)
  - Detección: SAS (D.F.)
  - Voceo de emergencia.
  - Rutas de evacuación.
  - Mecanismos de seguridad actuando con otros sistemas
- **Protección a la propiedad.**
  - Materiales, equipo, información.
  - Ayuda a la protección a la vida.
  - Protección perimetral.
  - Detección de intrusos.
  - Control de acceso.
  - Rondines de vigilancia.
  - Comunicación de emergencia.
  - Protección de mantenimiento adecuado.

Mecanismo de evaluación guía utilizada por el IMEI

<b>Concepto</b>	<b>Puntos</b>
Arquitectónicos y de Ingeniería civil-----	<b>100</b>
Instalaciones -----	<b>100</b>
Plataforma única de cableado -----	<b>100</b>
Sistemas -----	<b>100</b>
<b>Total-----</b>	<b>400</b>

### Conclusiones

La inteligencia de un Edificio es una medida:

- De la satisfacción de las necesidades de los habitantes y su administración.
- De la posibilidad de respetar y adaptarse al medio ambiente que lo rodea.

El IQ no tiene parámetros fijos de referencia su definición y medición deben ser hechas para cada caso individual.

Los edificios son parte integral de la organizaciones y de las empresas.

La inteligencia no es un flujo de un concepto superfluo, es un requisito impuesto por condiciones del entorno.

Un Edificio Inteligente significa ventajas competitivas a las organizaciones, es decir Los Edificios Inteligentes son a las empresas inteligentes, los propietarios inteligentes y los administradores inteligentes como los Edificios Inteligentes son a las empresas competitivas, los propietarios satisfechos y los ocupante productivos.

### Características

Debe estar dotado de un “**cerebro**”, este es un órgano que es capaz de reaccionar entre estímulos exteriores y modificar el estado de funcionamiento de los diversos sistemas del edificio.

El “cerebro” es el centro de control de todo el edificio y esta es la nueva aportación a la arquitectura del edificio inteligente, el cerebro no es el cuarto de máquinas, ni el de vigilancia es el centro donde se localizarán los controles de todo el edificio.



4

### Requisitos que deben reunir los sistemas de control en los edificios inteligentes:

Los servicios generales de mantenimiento estarán obligados a obtener en su corto periodo de tiempo una gran cantidad de información, analizarla correctamente y tomar decisiones adecuadas a la buena marcha de las instalaciones con un mínimo costo y un máximo de calidad y eficacia.

La utilización de computadoras en estos sistemas hace posible racionalizar y optimizar el funcionamiento con el resultado de una mayor autonomía, notables ahorros energéticos, aumentos

<sup>4</sup> Ejemplo de sistema central de control “Cerebro” Cenit Plaza Arquímedes, Ciudad de México

notorios del rendimiento del personal, evitando desplazamientos inútiles y tiempos muertos.

### Descripción del sistema de control

El sistema de inteligencia deberá conducir a la instalación ordenándole arranque y paro del equipo, presentando en forma clara y precisa las incidencias, comprimiendo y racionalizando los costos de pérdida de tiempos, permitiendo el control de todas las instalaciones en ausencia de personal especializado, presentando las alarmas urgentes y comunicándolos al personal de guardia, también regularán el mantenimiento preventivo a través de una programación preestablecida y logrando reducir las reparaciones inesperadas y los tiempos muertos de maquinaria y equipos.

### Factores obtenidos

- Supervisión total: de todas las instalaciones por una persona desde uno ó varios puntos de control.
- Mayor seguridad: al centralizar un elevado número de alarmas
- Mínimo tiempo de respuesta: a las alarmas y averías. Al presentarse la información en uno o varios puestos de control y visualización permitiendo una actuación inmediata.
- Control del grado de confort; a la constante supervisión de las condiciones ambientales .
- Ahorro energético; como consecuencia de super de actuación inmediata en aquellos puntos en que las instalaciones han dejado de ser aprovechadas, debido ha esto existe un exceso de consumo respecto de las necesidades con respecto a los parámetros de funcionamiento.
- Mantenimiento preventivo; de las instalaciones, como consecuencia de la mayor vigilancia sobre el sistema y la posibilidad de actuar desde el panel disminuyendo manipulaciones a pie de equipo.
- Disminución de averías; como consecuencia de la constante supervisión de los equipos por el sistema
- Disminución del tiempo de búsqueda de averías; dado que el equipo las señale inmediatamente al producirse.
- Análisis y valoración de rendimientos; a partir de los ductos almacenados, se obtienen diversos estudios referentes a consumo, tiempo de funcionamiento de equipos, frecuencia de averías.
- Optimización del sistema; al utilizar racionalmente las instalaciones con el grado óptimo de aprovechamiento y conservación.



5

### Servicios que deberán cubrirse

Sobre el conjunto de instalaciones deberán realizarse las siguientes controles: de energía, ambiental, alumbrado, funcionamiento de equipos y emergencias

### Las funciones específicas a desarrollar por el sistema es:

- Archivo histórico
- Mantenimiento preventivo
- Control de refacciones
- Estadísticas
- Autodiagnóstico
- localización de fallas.

Como se ha venido explicando para la realización de un edificio inteligente, es necesario dar seguimiento a una serie de parámetros para su realización, por lo que cabría mencionar a las instalaciones que a final de cuenta; forman parte importe de este por lo que se consideró importante mencionar ha cada una de estas.

### INSTALACIONES

#### Electricidad

- Sistema de transferencia automática.
- Subestación
- Transformadores generales normales
- Transformadores subgenerales normales
- Tableros generales normales
- Tableros subgenerales normales
- Centros de control de motores

#### Aire acondicionado

- Unidades enfriadoras de agua
- Unidades manejadoras de aire
- Ventiladores extractores
- Torres de enfriamiento

---

<sup>5</sup> Ejemplo de elevadores de alta velocidad, 8 metros por segundo

- Filtros
- Temperaturas medio ambiente, retornos, humedad relativa , interior y exterior
- Temperaturas en conductos y tuberías
- Bombas de agua helada
- Bombas de agua de condensación

#### **Instalación Hidráulica**

- Tanques de agua
- Cisternas
- Sistema de tratamiento de aguas negras
- Sistema de captación de aguas pluviales
- Sistema de fuentes ornamentales
- Sistema de riego
- Sistemas hidroneumáticos

Siempre que se habla de edificios inteligentes sabemos que nos referimos aquellos que incluyen una serie de instalaciones especiales que se hacen en forma integrada y automatizada, para conseguir una mayor eficiencia de las energías existentes. Sin embargo, muchos creemos que por llevar esta serie de instalaciones es muy complicada su realización, sin embargo , no es así; solo es necesario dar seguimiento a una metodología bien diseñada con respecto al proyecto para así lograr una mayor eficacia de los sistemas a utilizar.

### **MODULOS PROGRAMABLES DE AUTOMATIZACIÓN**

Los sistemas deben ser desarrollados de tal forma que puedan ser modificados fácilmente, esto con la finalidad de poder ofrecer una respuesta rápida y confiable a las necesidades de nuestros usuarios. Por esta razón se han desarrollado los módulos programables de control que ofrecen esas características de flexibilidad, confiabilidad y fácil operación.

#### **Objetivos**

- Conceptos básicos y conocer las características de los módulos programables

#### **Conceptos básicos**

El módulo programable es un espacio de memoria en nuestro controlador que nos sirve para tomar decisiones a nivel local (DDC), con características de respuesta antes definidas.

Programación: Son una serie de comandos que se proporcionan al controlador para realizar una o varias funciones específicas.

Secuencia de operación: Es la definición de las acciones de operación que se desean en los dispositivos del sistema.

Modulo de operación: Características principales en que se opera un sistema.

#### **Modo ocupado**

Son las características de operación normal del inmueble

- Sistema de iluminación encendido
- Sistemas de HVAC encendido (SP de temperatura a 23 °C)
- Acceso al edificio permitido

#### **Modo desocupado**

Son las características de operación cuando el inmueble esta fuera de horario normal de trabajo.

- Sistemas de iluminación parcialmente encendido
- Sistema de HVAC apagado
- Acceso al edificio no permitido.

#### **Modo de espera**

Son las características de operación cuando el inmueble está en horario normal de trabajo, pero en horas de ocupación parcial.

- Sistema de iluminación parcialmente encendido.
- Sistema de HVAC encendido (SP de temperatura a 25 °c.)
- Acceso al edificio permitido.

#### **Entradas / salidas**

Entradas: Son las variables que se conectan del exterior a nuestro controlador, estas variables pueden ser binarias o analógicas.

Salidas: Son las variables que resultan del calculo de un módulo programable, estas variables pueden ser binarias o analógicas.

#### **Cálculos internos**

Operaciones que se realizan en el módulo programable y se utilizan en la secuencia de control, sin ser necesariamente una salida.

El proceso que existe en un módulo programable es el siguiente:

- Interpretación de la variables en forma digitalizada
- Ejecución de los cálculos en el módulo

- Conversión del resultado del módulo programable en una variable analógica

### Controlador DDC

Los sistemas de programación deben poder desarrollar diferentes tipos de control:

- ON/OFF
- FLOTANTE
- PROPORCIONAL
- CASCADA

Hay algunos otros con capacidades de:

- Calefacción / enfriamiento
- Promedio
- Selección de valor máximo y mínimo
- Segmento
- Funciones de Timer - Secuenciador
- Cálculo psicrométrico
- PLC (lógica de control programable)

### Calefacción / enfriamiento

Este comparte la misma variable de proceso (PV) y la misma salida de control (Output) operando una de estas a la vez

### Promedio

Nos da el promedio aritmético de las entradas

$$\text{Output} = (11 * K1 + 12 * K2 + \dots + 1n * Kn) / Kn$$

Selección de valor máximo y mínimo

Máximo:

$$\text{Output} = \text{Max}(11 * K1, 12 * K2, \dots, 1n * Kn)$$

Mínimo:

$$\text{Output} = \text{Min}(11 * K1, 12 * K2, \dots, 1n * Kn)$$

### Segmento

Cuando la salida (Output) no es lineal con respecto a la variable de entrada (I), se define como una relación en un plano.

### Funciones de TIMER

Proporciona canales de retraso de tiempo en la salida (**OUTPUT**), dependiendo de dos entradas (**INPUT**, **RESET**) esta puede ser del tipo:

- Pulso
- Retardo del encendido
- Retardo del apagado

### Secuenciador

Nos da el control de salidas binarias en función de un valor analógico de entrada o dos variables de entrada binarias, se pueden tener diferentes tipos de respuestas:

- Modos de pasos
- Modo secuencial
- Por tiempo de operación

### Modos de paso

Las etapas de salida son controladas de acuerdo al principio de secuencias de el último on, es el primer off.

### Modo secuencial

Las etapas de salida son controladas de acuerdo al principio de secuencia de el primero on, es el primero off.

### Por tiempo de operación

El tiempo de encendido de la primera etapa es totalizado. en caso de incremento en la carga y se requiera activar otra etapa esta será la de menos tiempo de operación, si la carga decrece mandará a pagar la etapa que tenga más tiempo de operación. El principio de secuencia es del último on, es el primero off (modo de pasos).

### Cálculo psicrométrico

En función de dos entradas (**temperatura y humedad**), nos da el cálculo de;

- Entalpía
- Temperatura de bulbo húmedo
- Temperatura de punto de rocío

### PLC(control lógico programable)

El usuario puede definir un programa que contenga instrucciones lógicas tales como:

- AND
- OR
- NOT

Además contar con: Selección de entradas, Cálculos matemáticos, Totalización, Arranque óptimo, Comparador.

### Es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Los módulos programables deben ser fáciles de usar
- Trabajar mediante ambiente software común en el mercado (D.O.S, Windows)
- En caso de falla de energía eléctrica, el controlador no deberá perder la programación de los módulos.
- Los módulos deberán contar con una secuencia de arranque en caso de falla de energía

### Control digital directo (automatización)



6

Los sistemas para administración de edificios (FMS) están diseñados para la integración de múltiples funciones en un edificio, incluyendo la supervisión y control del equipo, alarmas, administración de energía y la recolección de datos históricos, entre otras funciones.

El procesamiento de estos datos debe de estar disponible desde cualquier “central de Trabajo” pero (OWS) la información y la toma de decisiones (DDC) deberá estar distribuida en el sistema (control distribuido).

### **Conceptos Básicos Sistema Central**

El manejo y control de datos en un sistema se ha buscado que se realice en forma centralizada, esto es: que pueda tener toda la información desde un punto específico de la red.

### **Control Distribuido**

El tener un sistema centralizado no significa que la toma de decisiones necesariamente tiene que ser desde ese punto, por el contrario se busca el sistema sea capaz de tomar sus propias decisiones, y que, además las condiciones en caso de falla de operación de este dispositivo no afecte ningún otro dispositivo en la red.

### **Modularidad**

El sistema debe tener la capacidad de expandirse, o reducir su capacidad y funcionalidad, agregando sensores, actuadores.

### **Control Digital Directo (DDC)**

Están diseñados a base de microprocesadores, los cuales tomarán las decisiones para lo que fueran programados, dando

de esta manera una respuesta local, directa y rápida e independiente.

### **Tipos de DDC**

- DDC Globales
- DDC de aplicación específica

### **DDC Globales (NCU)**

Son controlados de tipo multi-tarea y multi-usuario. cada panel DDC autónomo deberá tener la memoria suficiente para manejar su propio sistema operativo, además de sus bases de datos, tales como:

- Proceso de control
- Aplicación para la Administración de Energía
- Control de Alarmas
- Datos históricos y de tendencias para todos los puntos
- Aplicación de Soporte de Mantenimiento
- Procesos específicos del Área
- Interfase para el Operador
- Comunicaciones por Marcado
- Monitoreo con Deshabilitación Manual

### **Sistema**

El sistema es inherentemente modular, y deberá permitir su fácil expansión mediante la adición de aplicaciones en software, equipo para estación de trabajo, controladores de campo sensores y actuadores.

Los paneles DDC globales deberán tener un puerto de comunicación de datos que permitan la operación simultánea de dispositivos de entrada / salida con operadores múltiples, tales como impresoras de tipo estándar, estaciones de tipo portátil (laptop) o PC, y terminales para Operador, ya sean portátiles o integradas al panel DDC . Los paneles DDC Globales deberán permitir el uso temporal de dispositivos portátiles sin interrumpir la operación normal de los módems, impresoras o terminales de red que tengan conectadas permanentemente.

### **Terminal Portátil**

Cada panel DDC deberá realizar de forma continua autodiagnósticos y diagnósticos de sus comunicaciones y de todos sus equipos dependientes.

<sup>6</sup> Ejemplo de equipo de administración de edificios



El **panel DDC** deberá hacer los anuncios locales y remotos de cualesquiera fallas que detecte en los componentes o de alguna falla reiterada en el restablecimiento de comunicaciones.

Se proporcionará en cada **panel DDC** una indicación de los resultados de los diagnósticos, sin necesidad de conectar un dispositivo de entrada / salida para operador

En caso de una pérdida del suministro normal de corriente, deberá darse un apagado ordenado de todos los paneles DDC autónomos, para evitar la pérdida de base de datos o software del sistema operativo. Se incorporará memoria no volátil para todos los datos críticos de configuración del controlador, y tener baterías de respaldo para alimentar al reloj de tiempo real y de todas las memorias volátiles por un mínimo de 72 horas.

**NOTA:** al restaurarse el suministro normal de energía, el panel DDC debe continuar su operación normal sin llegar a perder la memoria del panel DDC, el usuario debe poder recargar el panel DDC vía a la red local del área, vía el puerto local RS-232C, o vía telefónica.

#### **DDC de Aplicación Específica**

Estos controladores operan de forma autónoma y son capaces de realizar sus funciones específicas de control, independientemente de los controladores que haya en la red. Cada uno contiene un procesador de control digital de multi-línea y multi-usuario, basado en un microprocesador. Cada controlador DDC debe tener la memoria suficiente para manejar su propio sistema operativo, además de su base de datos, tales como:

- Procesos de control
- Aplicaciones de administración de energía
- Interfase para el operador

- Ajuste local o remoto

Estos apoyan directamente el uso temporal de una terminal portátil de servicio. Las funciones posibles de la terminal portátil de servicio deben incluir lo siguiente, aunque esta lista no es limitativa.

- Mostrara temperaturas
- Mostrar estados
- Mostrar puntos de ajuste
- Mostrar parámetros de control
- Deshabilitación de controles de salida binaria
- Deshabilitación de puntos de ajuste análogo
- Modificación de constantes de ganancia y de desplazamiento.

#### **Aplicaciones**

- CCV (caja de volumen variable)
- UMA (Unidad manejadora de aire)
- Acceso
- Unidades de paquete
- Plantas de agua helada

**NOTA:** Todos los puntos de ajuste, bandas proporcionales, algoritmos de control y demás parámetros programables del sistema se almacenan de manera que no se necesite reprogramar el control tras alguna falla de alimentación, independientemente del tiempo que ésta dure.

#### **Ventajas de los DDC**

- Proporcionan un control preciso y exacto
- Reduce costo por mantenimiento e instalación
- Bajo consumo de energía
- Bajas pérdidas de energía
- Control flexible
- Programación local o remota
- Fácil de programar

#### **Red de Comunicaciones**

El diseño de los sistemas de administración de edificios, deberá conectar en red las estaciones de trabajo y los Paneles DDC autónomos, El diseño del sistema dejará inherentemente abierta la posibilidad de expandir o modificar la red, ya sea mediante la red área local, conexiones por módem, vía línea telefónica con marcado automático, o cualquier combinación de tales sistemas de red.

#### **Red de área local LAN**

---

<sup>7</sup> Conexión de terminal portátil

Las estaciones de trabajo para operador y los paneles DDC deberán residir directamente en una red de área local tal que se puedan ejecutar las comunicaciones directamente entre controladores, directamente entre estaciones de trabajo.

### **Red Local Secundaria**

Esta sirve para integrar los DDC de aplicación específica, a los DDC globales. Debe tener características de comunicación seguras y de bajo costo de instalación.

**Nota:** se deben implementar componentes y protocolos de red de disponibilidad común y de fuentes múltiples, de modo que el Sistema de Administración de Edificios pueda coexistir con otras aplicaciones de red, como la automatización de oficina MAP, ETHERNET, IBM y ARCNET son tecnologías aceptables.

## **INFORMACION ANALOGICA Y DIGITAL**

En las últimas décadas se ha incrementado el término digital en la vida diaria y ahora se acentúa notablemente y se debe al avance tecnológico en equipos electrónicos que se pueden tener en el hogar u oficina.

La idea de digitalización se asocia directamente a todos aquellos equipos sofisticados como: computadoras, teléfonos celulares, discos compactos, reproductores de sonido, televisión digital.

Sin embargo, Las cuestiones digitales datan desde antes de que el hombre tuviera el conocimiento de un lenguaje de comunicación formal y diseñado. Las pinturas rupestres y los jeroglíficos egipcios representaban un tipo de información digital por ser una representación con símbolos determinados de un lenguaje.

Una señal es variable física que contiene información que describe algún fenómeno y se presenta en un formato dado. Esta señal se expresa en función de una o más variables independientes, tales como el tiempo, la distancia, la temperatura, la presión.

Dentro de los procesos informativos las señales se dan en función del tiempo principalmente.

La representación de la información se da en dos tipos. Información analógica y digital. El medio por el cual se puede transmitir información es a través de señales, ya sean acústicas, visuales, eléctricas electromagnéticas, neumáticas, dactilares.

### **Señales Analógicas**

Este tipo de señales pueden tomar gradualmente valores continuos dentro de un rango de posibles valores, como puede ser el peso de una persona o la luz del día. En algunos casos como la medición, será una cantidad indicada que va hacer proporcional a la variable medida,

### **Señales Digitales**

Es aquella que tiene valores específicos dentro de un rango. En esta caso la información va estar representada por la combinación de un número determinado de valores o representaciones gráficas y la señal solamente puede tomar uno de esos valores en un instante determinado, estos valores se conocen como discretos. Un ejemplo sencillo es el número de pasajeros diarios de una aerolínea la cual puede tomar un valor entero diario.

### **Procesamiento de Señales**

El sistema analógico contiene elementos que manipulan cantidades físicas representadas en forma analógica. En un sistema de este tipo, las cantidades varían sobre un intervalo continuo de valores. Por ejemplo un micrófono de audio recibe variaciones de las ondas sonoras de manera continua, y genera una señal eléctrica continua en proporción a las ondas recibidas.

Los sistemas digitales son una combinación de dispositivos diseñados para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital, es decir, que tomen valores discretos. Este tipo de sistemas son principalmente de tipo electrónico, pero también los puede haber mecánicos neumáticos o magnéticos. Un claro ejemplo son las computadoras o máquinas de escribir.

De acuerdo a la descripción de sistemas analógicos y digitales se tienen tres clases de sistemas de procesamiento de señales. El primero de ellos es un sistema puramente de tipo analógico y que corresponde en forma directa a la definición antes mencionada, por ejemplo considérese el velocímetro de un automóvil el cual va a tener

valores de entrada analógicos, procesamiento analógico y valores de salida analógico.

Un sistema puramente digital va a tener componentes de comportamiento discreto, a sí como sus entradas, procesamiento y salidas. Una calculadora electrónica puede ilustrar claramente este tipo de sistemas.

El tercero es un sistema híbrido, el cual intervienen variables y componentes de tipo analógico y digital. Estos sistemas se emplean cuando se tienen entradas de tipo analógico, y en algunos casos también salidas, y el procesamiento de la información es por medio digitales y puede reemplazar al de tipo analógico si no sufren pérdida considerable de información, además de procesar la información analógica.

Este tipo de sistemas es de gran importancia, y esto se debe a que el mundo real es básicamente analógico, la mayoría de las cantidades físicas de la naturaleza son de tipo analógico y los avances en electrónica nos ofrecen sistemas de procesamiento digital a muy bajo costo y bajos márgenes de error.

### **Ventajas de los sistemas digitales**

Muchas de las operaciones que se realizaban con sistema analógicos se efectúan cada vez más con sistemas digitales, y esto se debe a las ventajas que ofrecen estos últimos sobre los primeros. Una de las principales razones de este cambio son:

Los sistemas digitales son más fáciles de diseñar. Debido a que en sus circuitos no es muy importante el manejo de valores exactos, sino que solo importa el rango en que se encuentran estos valores (1 ó 0).

- Facilidad para almacenar información. Los circuitos empleados es capaz de retener la información el tiempo que sea necesario.

- Mayor exactitud y precisión. El diseño de estos sistemas se puede manejar con el número de decimales deseado.

- Alta inmunidad al ruido. Por su manejo de valores discretos, los efectos producidos por señales externas no deseadas no afectan de manera considerable al manejo de los niveles ALTO y BAJO de estas señales.

### **Técnicas Digitales**

El manejo de la información analógica por sistemas digitales se ofrece mediante la conversión de las señales analógicas en digitales, el procesamiento digital y la reconversión de las señales procesadas digitales en analógicas. Esto es posible mediante el empleo de las llamadas técnicas digitales .

El sensor mide la temperatura analógica y el valor obtenido se convierte a una cantidad digital por medio de un convertidor analógico-digital. Los circuitos digitales se encarga de procesar la información mediante complejos o simples programas (conjunto de ordenes a efectuar) de control. La salida pasa a través de un convertidor digital-analógico (DAC, por sus siglas en ingles) y es entregada al controlador que tomara la acción para modificar la temperatura.

### **Convertidores Analógico Digital**

Un convertidor A / D toma un voltaje de entrada analógico y después de cierto tiempo produce un código de salida digital que representa a la entrada analógica. Existen diversas técnicas para el proceso de conversión A / D y actualmente ya se puede encontrar en circuitos integrados.

En esta se muestra la señal que alimenta a un circuito de muestreo y retención , el cual toma una muestra de la señal de entrada y la retiene en una salida por un pequeño instante suficiente para que la etapa de comparación lea el valor y le asigne un valor digital, como se muestra en la figura Convertidores Digital Analógico

Básicamente, la conversión D / A es el proceso inverso al de conversión A / D, aquí el circuito d entrada toma un valor representado en código digital y lo convierte en un voltaje o corriente correspondiente, que mantiene hasta tener el valor siguiente. se muestra un circuito de entrada. Se muestra la salida correspondiente a un código de entrada 6a la reconstrucción de una señal analógica.

### **Medición de variables**

En todos los procesos industriales se requiere de sistemas de control para la obtención de una buena calidad de los productos fabricados, siendo indispensable el mantener y controlar algunos factores (magnitudes físicas) del proceso,

como la temperatura, la precisión, la velocidad, el peso y otros.

En la administración de edificios (automatización), como en los procesos industriales, también intervienen factores a controlar, pero aquí con el objeto de obtener temperaturas de confort dentro del inmueble, una buena iluminación, un mantenimiento apropiado de ahorro de energía, supervisión de áreas.

La medición de variables de magnitudes físicas y una buena estrategia de control sobre los procesos participantes permite el mantenimiento y la regularización de las condiciones más idóneas de operación del inmueble.

### **El Proceso de Medición**

La medición es el proceso mediante el cual se asigna un valor numérico o gráfico a su propiedad física de algún objeto o medio (agua, aire).

El principal objetivo que se busca en la medición es el establecer una comparación, ya sea entre distintos objetos o medios, o del comportamiento de un objeto o medio de un lapso de tiempo determinado. Así se tiene dos tipos de mediciones estáticas y dinámicas.

### **Mediciones Estáticas**

Son aquellas que no cambian con respecto al tiempo o en las que el cambio es despreciable para los fines de la medición; como el área de un terreno, la capacidad de un estanque, y la altura entre columnas.

### **Mediciones Dinámicas**

Son aquellas que sufren cambios considerables con respecto al tiempo, como podría ser la temperatura de un cuarto, la intensidad luminosa, el consumo de energía eléctrica, esta es la que se ocupa en la medición de variables.

### **Tipos de variables**

#### **1.-Magnitudes de mecánica de sólidos**

- Longitud
- Ángulo
- Movimiento
- Vibración
- Masa
- Fuerza
- Elasticidad
- Torsión

- Deformación

#### **2.-Magnitudes de mecánica de fluidos**

- Flujo
- Densidad
- Viscosidad
- Humedad
- Presión
- Vacío
- Nivel

#### **3.-Magnitudes Acústicas**

- Sonido

#### **4.-Magnitudes térmicas**

- Temperatura

#### **5.-Magnitudes ópticas**

- Intensidad Luminosa
- Color
- Interacción de la luz con la materia

### **Conclusión**

La medición de variables es aquella que nos ayuda a determinar cuales son los parámetros a seguir para estudiar un determinado fenómeno físico a través de la cual, sabremos que unidades y variables utilizar. Para poder resolver nuestro problema numérico.

## **INGIENERIA DE CONTROL Y ACCESO A EDIFICIOS INTELIGENTES**

### **Objetivo**

Es el alcance actual del Diseño de control de acceso y de intrusión y su integración a la flexibilidad y automatización de los demás sistemas de las áreas de administración y automatización de las actividades.

La inteligencia de un edificio es representada esencialmente por un sistema de telecomunicaciones que da vida a dos áreas ADMINISTRACION DEL EDIFICIO Y ADMINISTRACION DE LAS ACTIVIDADES según el programa arquitectónico del edificio o conjunto. Los temas a tratar son; Ingeniería de Acceso y Protección contra Intrusión - forman parte del área de Administración compartiendo el lugar con otros servicios:

**CVAA** Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

**PCI** Protección Contra Incendio

**SEA** Sistemas de Energía y Administración

Cada sistema se considera como una "Isla" de automatización y cada isla con su propio

tipo de cable separado por un sólo sistema o plataforma de ‘cableado estructurado’.

### **Control de accesos**

Con los actuales sistemas de telecomunicaciones y de telemando que alimentan y son retroalimentados por dispositivos como sensores, controladores o actuadores, podemos manejar voz, datos, vídeo, imagen y energía y con ellos diseñar arquitectura de sistemas abiertos, ampliables y mejorables durante sus vida. Con tal material de construcción se arman los dos objetivos: Control de Accesos y Protección Contra Intrusión.

### **Filosofía del Concepto**

El diseño Arquitectónico empleando, con éstas instalaciones Inteligentes trata de garantizar un orden preestablecido para ayudar a los usuarios de estos. por medio de elementos visuales y auditivos.

**Nota:** el proyecto arquitectónico determina en cada caso el alcance del sistema.

A continuación se muestra un ejemplo:

### **El sistema**

Para cada sistema es necesario determinar lo siguiente

- Nivel de seguridad requerido
- Cantidad de puntos o zonas a controlar
- Presupuesto disponible
- Integración a los otros sistemas (CVAA - PCI - SEA)

### **Componentes**

- Dispositivos de investigación
- Dispositivos de tomas de decisión
- Dispositivos de control físico
- Accesorios
- Equipo de monitoreo y generación de reportes
- Integración a otros sistemas

### **La tarjeta**

Un manejo de llaves es ahora una tarjeta (del tamaño de una tarjeta de crédito) con una serie de mensajes grabados que abren puertas, encienden y apagan luces, arranquen el sistema de CVAA zonal es decir, prepara la ruta a recorrer por un empleado VIP u otro según el caso o momento del suceso.

La tarjeta es personal y contiene todos los datos - nombre, rango, alcance de lugares de acceso.

### **El teclado**

Es una unidad rectangular pequeña con 12 teclas para varias combinaciones posibles convencional, Hirsch, Wiegand- Elimina el uso de la tarjeta. Se instala en un fijo en un lugar conveniente para dar acceso. Funciona por el sistema de código.

### **Lectores de tarjeta**

Banda magnética de tres pistas, se puede dañar en campos magnéticos fuertes la ranura es para intemperie y aprueba de vandalismo, montable en la jamba de la puerta, en el muro sobrepuesto o empotrado. Hay modelos que leen todo tipo de tarjetas y códigos; lee en ambas direcciones de inserción: tiene compatibilidad con marcas y sistemas.

### **Lector de proximidad**

Son en forma de placas de 10 x 14 cm por 2 cm de espesor para fijar en la pared. Los diferentes tipos pueden leer la tarjeta a distancias de 15 cm, 45 cm y hasta 75 cm según elección. Las tarjetas son especiales, ya en formato de una tarjeta de crédito, de una plaqueta para llavero o con adhesivo para fijar en algún objeto al gusto del usuario. La tarjeta transmite un código en radiofrecuencia.

### **Lector Biométrico**

Basa su funcionamiento en la lectura de algún parámetro del cuerpo convirtiéndolo a un código digital, que sea la clave de identidad de cada persona, como la huella digital, el patrón geométrico de la mano, la retina del ojo, la voz y probablemente otros más

### **Botón inteligente**

La tecnología es similar a la de las tarjetas. El botón es metálico con un diámetro de aprox. 2 cm. Puede fijarse mediante adhesivo a una llave, una tarjeta u otro. Solamente tiene el código de ciertas puertas para abrir.

### **Dispositivo de toma de decisión**

Es un equipo que recibe la información de los lectores, y a base de datos de registros personales decide si ese concede el acceso, en cuyo

caso proporciona la señal procedente que operará el control.

#### **Dispositivos de toma de decisión:**

##### **- Lectora inteligente**

Integra en un sólo equipo el lector y el controlador. Puede estar independiente o integrarse a otras lectoras.

##### **- Controlador independiente**

Cuenta con todos los elementos para ser configurado y operar sin la necesidad de otro elemento externo además de lectores y cerraduras.

##### **- Controlador integrable**

Es similar al anterior, salvo que su configuración se realiza mediante un elemento externo con una PC o una terminal.

##### **- Controlador maestro**

Coordina y puede controlar la operación de varios controladores independientes.

##### **- Dispositivos físicos de control**

Estos son equipos electromecánicos operados con TARJETA, LECTOR, DISPOSITIVO DE TOMA DE DECISIONES, que permite restringir o permitir físicamente el paso a personas o vehículos a través de una puerta o un acceso vehicular.

#### **Tipos**

- Chapas y contra chapas electromagnéticas o electromecánicas
- Torniquetes
- Rotopuertas
- Retenes vehiculares de barras ascendentes en piso o tipo pluma
- Rejas deslizantes, embisagradas o levadizas

#### **Otros dispositivos de control**

- Sensor de presencia
- Dispositivo sensible a la presencia, al movimiento de acercamiento de personas para abrir puertas.

#### **Circuito cerrado de televisión -CCTV**

Es un sistema extraordinariamente eficiente para control de acceso, puertas, elevadores, pasillos y donde más se requieran instalaciones cámaras para los monitores en el centro de control, según el presupuesto. La desventaja es la dependencia del personal de vigilancia en la sala de control por fallas humanas.

#### **Conclusión**

La ingeniería de control debe proporcionar los sistemas básicos para poder controlar los servicios de un edificio, los cuales deben estar

perfectamente diseñados para lograr eficientar cada una de las necesidades y así optimizar los recursos de estos.

#### **CALIDAD DEL AIRE INTERIOR**

La calidad del aire es un problema que afecta a millones de personas, pues la gente pasa el 90 % de su tiempo dentro de los edificios. Los problemas de calidad del aire interior, llamados el Síndrome del Edificio Sellado, afecta al 30 % de los edificios públicos.

#### **Síntomas del Edificio Enfermo**

- Dolor de cabeza
- Ardor de ojos
- Estornudos
- Comezón
- Problemas del aparato respiratorio
- Nausea
- Fatiga
- Visión Borrosa
- Causas difíciles de reconocer
- Se alivian al abandonar el edificio

#### **Enfermedades Relacionadas con el Edificio Enfermo**

- Enfermedad de los legionarios
- Fiebre por Humidificador
- Asma
- Intoxicación por Micotoxinas (toxinas producidas por hongo)
- Intoxicación por Endotoxinas

#### **Principales causas**

- Ventilación escasa
- Ventilación Nula
- Filtros Ineficientes
- Instalación inadecuada de Filtros
- Sistemas de Ventilación Sucios
- Ducterías Contaminada

#### **Para mejorar la calidad del aire interior mediante la filtración es necesario considerar lo siguiente:**

- Aumentar la eficiencia del Sistema de Aire Acondicionado
- Diseñar filtros diseñados para incrementar la calidad del aire interior
- Usar filtros con un Antimicrobica de amplio espectro registrado
- Asegurar el sellado total del sistema de filtrado
- Cambiar los filtros en el momento adecuado
- Inspeccionar el sistema regularmente

Características de un Filtro Diseñado para Mejorar la Calidad del Aire interior.

- Antimicrobicidad de Amplio Espectro
- Construcción resistente al Agua
- Media filtrante No-Higroscópica
- Construcción Robusta
- Rango amplio de temperaturas de operación
- Mediante filtrante Resistente a desprendimiento
- Filtros con empaque

### **Conclusión**

Una buen sistema de aire interior reduce costos de mantenimiento y limpieza, reduce riesgos legales, costos médicos y ausentismo y por ende, aumenta la productividad de sus ocupantes.

## **SOFTWARE DE CONTROL AUTOMÁTICO**

Debido al crecimiento acelerado de la computadora cómo auxiliar de los procesos de Control Automático, se ha desarrollado software casi para cada parte del proceso de elaboración de un sistema. Así entonces , se puede catalogar al Software de control Automático en tres grandes grupos:

### **Definiciones de los diferentes Software**

#### **- Software de Ingeniería**

El Software de Ingeniería Asistido por computadora proporciona a los ingenieros las herramientas necesarias para elaborar, editar, compilar y depurar programas de control a la medida, y luego almacenar estos en discos flexibles, o bien en EPROMS y por su puesto, almacenar una impresión de dicha información, sí así se desea.

Es aquél que se emplea para el desarrollo del diseño del Sistema de Control. así como de la configuración del equipo, las estrategias de control, la lógica del mismo y su operación en función del tiempo. Esta enfocado en facilitar la labor del ingeniero de Aplicación. Además , proporciona la información necesaria para documentar el Sistema para su consulta, o alguna modificación posterior.

#### **Los principales componentes de un Software de ésta naturaleza son:**

- Posee un compilador propio de algún lenguaje particular (generalmente Pascal)
- Las herramientas de administración del sistema están disponibles para el diseñador.

- Realiza una copia “maestra” de las Bases de datos bajo ciertos modelos específicos de registros.
- Cuenta con una Biblioteca maestra de operadores DDC y programas de control standard
- Posee comandos especiales para validar la información que es compilada y enviada a disco flexible o EPROM.

### **Software de Operación**

Este ha sido elaborado con la finalidad de facilitar el intercambio de información entre la computadora y el usuario del Sistema de control, de forma tal que centre su atención en lo que está ocurriendo y pueda realizar los ajuste es necesarios rápidamente y con la mayor precisión posible.

### **Software de Diagnóstico**

Es aquél que se emplea con los Sistemas de Control en funcionamiento para detectar fallas errores en la operación del mismo. Permitiendo al técnico o Ingeniero de Servicio corregir los puntos de ajuste, modificar los parámetros iniciales, tomar lecturas de variables importantes y establecer un criterio para reprogramar la Aplicación de ser necesario.

### **Virus en un Edificio Inteligente**

La administración por computadoras de un edificio es posible de ser infectada por virus, generando con ello problemas en el ambiente de control en el Edificio Inteligente. Es decir pérdida de comunicaciones, posibles mutaciones, pérdida de tiempo y una costosa regeneración de datos y configuraciones.

Los orígenes de un virus en los computadores están el terrorismo tecnológico e informático, la competencia entre las firmas especializadas y las escuelas informáticas. Para poder identificar a un virus se intercepta una llamada al DOS siendo este un programa realmente pequeño que al ejecutarse y multiplicarse intentará modificar el direccionamiento del programa o archivo. El virus tratará de copiarse completo en otro archivo o programa.

Existen siete tipos de virus:

- Boot sector virus.
- File virus.
- Application program virus.
- Multie-partite virus.
- Stealth virus.
- Trojan Horse.

- Polimorphic virus.

Según estudios realizados en 1992, el 84% de las compañías de Estados Unidos padecieron por lo menos un ataque de virus; de donde el 29% de ellas sufrieron pérdidas de información con un costo promedio de recuperación de 6,500 dls. De este porcentaje el 75% se re infectó por no haber vacunado archivos o diskettes ya infectados o por que la herramienta no detectó algunos.

#### **Existen cinco métodos de protección:**

Método de Scan. Es el más simple y antiguo, revisa todos los archivos contra la lista de virus por lo que está limitado a ésta y por lo que requiere de la continua actualización de su lista de virus. Es poco eficiente para virus tipo Mutation Engine.

Método de integridad de archivos o Checksun, conserva el tamaño de cada archivo o programa al ser instalado revisando si existió algún cambio y dando aviso de las medidas correctivas. Como desventaja es que establece muchas falsas alarmas y consume recursos del equipo.

Monitoreo de interruptores, es un método poco usado por los fabricantes que monitorea las interrupciones del DOS. Es poco eficiente por que causa muchas falsas alarmas y no puede detectar los virus en escrituras directas al BIOS.

Método de comportamiento (Rule-Basic Technology), busca el comportamiento de infección y multiplicación del virus siendo un concepto nuevo en el desarrollo del mecanismo de prevención y corrección.

Método de cuarta generación, consiste en protectores y correctores que incluyen todos los métodos anteriores de prevención y corrección, pero no descifrables por los constructores de virus.

El documento establece las siguientes medidas preventivas:

- Prevenir intercambio de diskettes o CD
- Prevenir On-Line services.
- Software protector de redes.
- Dedicar equipo.
- Usar varios preventivos y correctivos, y por último.
- Actualizar las listas o diccionarios de virus.

## **HOTELES INTELIGENTES**

### **(aplicación del concepto)**

Hotel: singularidad con respecto a otros edificios en general:

#### **Finalidad funcional**

Acoger clientes, usuarios muy diversos, facilitándoles el máximo confort y seguridad personaliza

#### **Economías**

- Aprovechamiento máximo de recursos, logrando su eficiencia
- Costos de funcionamiento crecientes en mayor proporción que los de inversión
- Control de costos e imputación es a clientes

#### **Condicionantes Generales**

- Funcionamiento 24 horas 7día -365 días/año
- Alto consumo energético
- Existencia del gran número de instalaciones diferentes
- Necesidad de efectuar el mantenimiento con el edificio en funcionamiento
- La seguridad es básica para la imagen de la empresa
- Diversidad de clientes y de sus necesidades

#### **Condicionantes en las Comunicaciones**

- Alto consumo energético
- Existencia de gran número de instalaciones diferentes
- Necesidad de efectuar el mantenimiento con el edificio en funcionamiento
- La seguridad es básica para la imagen de la empresa
- Diversidad de clientes y de sus necesidades

#### **Interrelación exterior**

- Necesidades crecientes de comunicaciones exterior en voz, datos e imágenes
- Posibilidades de gestión de energía y mantenimiento preventivo y correctivo compartido con otros centros telecontrol

#### **Objetivos del Hotel Inteligente**

##### **A. En los servicios generales del hotel**

- Gestión de las instalaciones
- Confort
- Seguridad

##### **B. En cada una de las habitaciones de los clientes**

- Seguridad
- Servicios añadidos

## C. Aplicación para cadenas hoteleras:

### Telecontrol

- Mantenimiento compartido
- Control centralizado
- Comparación de resultados

### Servicios generales

#### A1. Ahorro energético

- Uso optimo de las energías disponibles
- Controles zonales por horarios / nocturnos.
- Descarga automática de servicios energéticos

#### A2. Optimizar el mantenimiento

- Detección de averías
- Realización de mantenimiento preventivo en base

al uso real de equipos

- Programas previsores de mantenimiento
- Disminución de personal

#### A3. Optimizar comunicaciones

- Intercomunicación total voz-datos
- Facilitar incorporación de información
- Control gastos clientes facturación
- Central audio y vídeo
- Posibilitan uso de banco de datos propios
- Facilitar elaboración de estadísticas hoteleras
- Centralizar información procedente de operadores turísticos, espectáculos.

#### A4. Confort

- Climatización optima para cada usuario y situación
- Recepción centralizada de mensajería y distribución

mediante transporte neumático

- Ordenamiento a distancia de servicios energéticos, audiovisuales.

#### A5. Seguridad

- Respuesta integrada de las instalaciones a las alarmas

- Detectores con indicadores ópticos
- Extintores automáticos
- Compuertas cortafuegos de la instalación de aire acondicionado
- Puertas contra fuego
- Señalización, rutas de emergencia y evacuación
- Ventiladores y extractores
- Informaciones en medios audiovisuales

(Megafonía y T.V)

- Desconexión de acometida eléctrica y puesta de marcha

de grupos electrógenos general o sectorizado

- Inmovilización parcial de elevadores
- Seccionamiento de la instalación de transporte neumático

### Ejemplo

Edificio de 23.000 m2. alargado con dos núcleos de comunicaciones verticales, paramentos exteriores gruesos con gran inercia térmica,; distribuciones interiores en tabique de cartón y yeso revestido con aplacados de madera, falsos techos amplios y totalmente registrables, bloques sanitarios totalmente prefabricados.

### Instalaciones generales

- Electricidad :Potencia instalada 3.500 KW
- Climatización: Potencia calorífica instalada 3.000.000 Kcal/hora
- Fluidos: Redes de agua
- Deposito reserva de P.C.I . con 200 m3 de agua
- Otros:
- Detección y extinción de incendios
- Detección de monóxido de carbono en parking
- Transporte neumático
- Ascensores
- Depuración de aguas residuales
- Red de voz y datos
- Megafonía
- Buscapersonas
- Circuito cerrado televisión
- Recepción y distribución TV
- Red horaria centralizada
- Cámaras frigoríficas de cocina

### Control de energías y servicios

#### Estrategia técnica

- Control distribuido con centralistas para todo el edificio que controlan y monitorizan autonomía y multidisciplinariamente la totalidad de las instalaciones

- Bus de control recorriendo todas las centralistas mediante cable de 4 pares trenzados con protocolo **RS-485** y velocidad de **19,2 K**

#### Elementos controlados

- CGBT
- 105 Subcuadros
- 2 bombas de calor
- 1 enfriadora
- 1 amplificadora de señales de antena
- 6 Bombas sala de energías
- 35 Extractores
- 38 Climatizadores
- 250 Fancoils
- Compuertas contrafuegos
- Puertas contrafuegos
- 3 Calderas

- 12 Cuadros de gases médicos
- Central de gases médicos
- Ínter acumuladores
- 1 depuradora
- 1 Incinerador
- 2 Depósitos de **GAS-OIL**
- Grupo de presión **GAS-OIL**
- Aerotermos
- Grupo electrógeno
- Grupo presión agua sanitaria
- Control buscapersonas
- Central de incendios

### Señales Controladas

#### Distribución **Total 2309**

- Entradas analógicas	401
- Entradas Digitales	1,348
- Salidas analógicas	302
- Salidas Digitales	271

### Pantallas del sistema de visualización

- 65 Pantallas previas de preparación
- 65 Pantallas gráficas unitarias
- 104 Pantallas compuestas equivalentes a 400 simples

## COMUNICACIONES

### Estrategia técnica

- Sistema modular
- Topología estrella
- Estructuración con subsistemas vertical-troncal y horizontal
- Cableado estructural con doble fibra óptica redundante para el subsistema vertical de datos y cable de 4 pares para el resto
- Rosetas triples para voz, datos y reserva en cada punto de servicio
- Conectores RJ-45 para puestos de trabajo
- Acceso A X-25 mediante RED ETHERNET IEE 802.3 sistema operativo NOVELL.

### Componentes del sistema y sus características

- Sistema básico: MS 2.000 DE STAFETA
- Software básico MS 2.000 de ESTAFETA
- Modulo de control de comunicaciones de la red
- Controladores de habitaciones: 220 Unidades con interfase de comunicaciones del sistema central
- Centralistas de control distribuido: 30 unidades con interfaces con el modulo central cuatro tipo de interfaces RS en función del número de entradas y salidas analógicas y digitales que deben gestionar

- Terminal portátil con teclado y pantalla para conectar con el BUS en cualquier punto de la instalación

## OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL HOTEL

- Conocimiento de los costos reales de la energía consumida por cada cliente
- Conocer el estado exacto de la habitación, que podrá ser:
  - Usuario alojado
  - Habitación contratada y sucia, usuario alojado
  - Habitación no controlada y sucia
  - Habitación en curso de limpieza
  - Habitación contratada y limpia, usuarios no alojados
  - Habitación no contratada y limpia
- Facilidades del mando a distancia al usuario
- El huésped dispondrá en un mando a distancia que le permitirá:
  - Accionar persianas y cortinas
  - Variar el nivel lumínico
  - Poner en marcha la Radio, TV, Vídeo
  - Poner en marcha la unidad climática
  - Variar los puntos de consigna de la climatización de la habitación

### Facilidades de la pantalla TV para el usuario

El huésped, mediante pantalla táctil o teclado podrá efectuar las siguientes operaciones.

- Programar la climatización (horario y temperatura)
- Disponer del servicio de reloj programado
- Accionar persianas y cortinas
- Programar el llenado de la bañera hora y temperatura
- Variar el nivel lumínico
- Conocer si existe algún mensaje en consejería
- Poner en marcha la radio, TV, Vídeo programando su encendido y pagado
- Efectuar peticiones a la cafetería o restaurante
- Conocer el estado de su factura
- Solicitar se emita su factura final
- Efectuar pagos a cuenta con cargo a su tarjeta
- Conocer si hay alguna alarma activada en el baño (por ejemplo fuga de agua) o en zonas anexas a la habitación (incendios, intrusismo)
- Conectarse con una base de datos exteriores
- Acceder a bases de datos interior del hotel que podría contener:
  - Informaciones culturales (cine, teatro, museos.)
  - Informaciones generales
  - Actos deportivos

- Transportes públicos
- Poder reservar transporte público
  - Envíos de FAX
  - Disponer de pantalla para conexión de orden personal
  - Teletexto

**Nota:** todas estas funciones no deben entenderse que tengan que implementarse conjuntamente, si no como un menú de posibilidades del cual dispone inicialmente el promotor y posteriormente el huésped.

### **Conclusión**

**El Hotel Inteligente** debe proveer al huésped, de todos los servicios necesarios para que se encuentre cómodo, y no tenga que ir a buscar los servicios que este no pueda ofrecerle a otro lugar. Asegurándole, servicios, seguridad, y confort.

### **CASAS INTELIGENTES**

La casa inteligente se ocupa de todo, en ausencia de su propietario

TOKIO, 28 mar 2002(AFP) - Recibir las compras enviadas, llenar la bañera de agua caliente, darle de comer al gato, poner en marcha la lavadora o asar un pollo: La casa inteligente japonesa se ocupa de todo, en ausencia de su propietario.

Veinte grandes empresas de electrónica, de electrodomésticos y de computación participaron este mes en un experimento de tamaño natural patrocinado por la Asociación de Industrias Electrónicas JEITA y el ministerio japonés de Economía (METI).

Para ello, equiparon una casa en Tama (suburbio del oeste de Tokio) con 50 aparatos electrónicos, 70% de los cuales pueden comprarse en cualquier comercio, mientras que los otros saldrán al mercado en los próximos meses.

"Habitualmente, todo lo que es tecnología parece complicado par los consumidores, pero esta vez hemos mostrado aplicaciones sumamente simples", explicó a la AFP Yoshinori Sugihara, director general de la oficina de proyectos especiales de JEITA.

La casa se presenta como un condensado de utilidades, a menudo basadas en el control remoto a través del teléfono celular. El dispositivo permite regar el jardín mientras uno está en su lugar de trabajo, o distribuir comida al gato o al perro si uno se ausenta durante unos días.

Una caja de gran tamaño cerca de la entrada, accionable desde el teléfono celular, recibe los paquetes y entrega un recibo a la persona que los entregó. En la entrada, el portero eléctrico fotografía a las visitas que llaman a la puerta en ausencia del propietario.

Y, si llueve, desde el celular se puede ordenar al tendero eléctrico que se repliegue bajo un alero para evitar que la ropa tendida se moje.

Y al volver a la casa, basta poner un dedo en la cerradura, que reconoce las huellas dactilares, para que la puerta se abra.

En la cocina, una pantalla supervisa todo lo que puede encenderse, cocina, horno, pero también lámparas, aire acondicionado o apertura automática de las persianas, y se transforma cuando se le manda en pantalla de cine con lector

En un rincón, un "panel de comunicación" permite comunicarse con las habitaciones del primer piso y sirve también de teléfono. En la heladera, el compartimiento de bebidas señala cuando las reservas se están terminando y encarga automáticamente más al comercio que provee habitualmente a la familia. Lo mismo hace la despensa con el arroz.

El horno está conectado a Internet y puede memorizar miles de recetas.

A todo ello hay que añadirle los innumerables juegos electrónicos, desde consolas hasta robots, instalados en las habitación de los niños. Junto a ella, en la destinada al abuelito, hay una cama que controla su ritmo cardiaco mientras está durmiendo.

En total, la casa inteligente de Tama está equipada con aparatos por un valor de cinco millones de yenes (unos 38.000 dólares).

### **CONCLUSIÓN GENERAL**

El éxito de un proyecto inteligente dependerá en gran medida de la integración interdisciplinaria de todas las especialidades que conforman la realización de éste, y de los recursos humanos; responsable de obra, perito responsable de instalaciones, coordinador de proyectos e instalaciones, proyectistas electromecánicos, de telecomunicaciones, de sistemas de seguridad y de automatización de instalaciones.

Se deberá revisar cada una de las instalaciones para que cumplan adecuadamente con las exigencias de los objetivos planteados. Esto representa una labor ardua pero si selecciona el equipo de trabajo adecuado se incrementará la rentabilidad del inmueble. Si se logra unir a ambos se logrará un proyecto eficiente. en caso contrario se puede duplicar equipo, caer en omisiones o equivocaciones y poner en riesgo el éxito del proyecto.

Es importante mencionar que el concepto de **“Edificio Inteligente”** pronto hará surgir nuevos conceptos dentro de la arquitectura actual, por que en paralelo como va la carrera de las computadoras y la informática estará muy cerca la aplicación de ésta al hábitat del hombre.

## GLOSARIO

HVAC (Heat, Ventilation, air conditioner)

(Calefacción, Ventilación Y Aire Acondicionado)

D.O.S (Sistema Operativo Del Disco)

TIMER (Temporizador)

ON (Encendido)

OFF (Apagado)

AND (Compuerta Lógica “Y”)

OR (Compuerta Lógica “O”)

NOT (Compuerta Lógica “NO”)

DDC (Digital Direct Control) control digital directo

ASC control de aplicación directa

LAN red de área local.

I.M.E.I. : Instituto Mexicano del Edificio Inteligente

Virus: virus informático, programa que afecta las funciones de otros programas o archivos.



8

---

<sup>8</sup> World Trade Center México, de los primeros edificios inteligentes en la ciudad de México

## CAPITULO III ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

Este capítulo trata de explicar el concepto de “biointeligencia” a partir de la bioclimática, basándose en una metodología cibernética es decir se comparará al edificio como un ser vivo que puede pensar y reaccionar mediante estímulos del ambiente y dar una respuesta a los usuarios de este edificio, esto es seguridad, confort y servicio.

Dentro de la actualidad en la que vivimos, el desarrollo de tecnologías ha sido enorme y si de esta surgen ganancias económicas inmediatas esta tendrá un desarrollo increíble (como el de la computadora), beneficiando en alguna medida tanto a usuarios como a personas involucradas dentro de estas tecnologías.

Pero en la realidad comercial de la arquitectura se debe de vender, comercializar o explotar una idea o “concepto” para que el “producto” en este caso nuestras construcciones se pueda vender, para mencionar algunos de estos casos podemos mencionar el “hightech”, las construcciones “ecológicas” y actualmente los edificios “inteligentes”, pero esto no nos reduce a simples mercaderes de la arquitectura sino que aumentamos nuestros ingresos con un trabajo bajo una concepción diferente de trabajo y objetivos.

Caso concreto es este, desarrollar el concepto de “edificio biointeligente”, la conceptualización de este tema se basa en la idea de que un edificio ecológico puede ser autosuficiente, al hacerlo inteligente podemos optimizar y controlar estos recursos al máximo total posible haciendo

Una analogía a partir de un ser vivo, donde aprovecha de manera natural todos sus recursos a partir del control por parte de un cerebro, protegerse y controlar su temperatura por medio de una piel que le permita enfriarse o calentarse.

La concepción de sistemas de climatización híbrida (métodos naturales con mecánicos) no es nueva pero que pasaría si se desarrollan y se incluyen dentro de los grandes proyectos “inteligentes”; imagine se incorpora un sistema de climatización pasivo, su función será la

de enfriar, calentar o humedecer, pero ¿cómo saber cuánto y cuando detener ese procedimiento? Ahí es

donde intervienen los sistemas inteligentes, que su función será la de optimizar esos recursos que estamos obteniendo naturalmente y sin ningún costo únicamente poniendo un controlador que permita realizar estas funciones.

La utilización y el aprovechamiento del sol será la clave para este tipo de edificaciones por que de él podemos obtener toda la energía que necesitamos para los sistemas a utilizar esto a base de fotoceldas que se pueden incorporar arquitectónicamente al edificio ya sea en fachadas o azoteas y controlándolo podemos climatizar el inmueble ya sea enfriándolo o calentándolo.

Esta idea no es novedosa como podemos verla en el edificio del mundo árabe en París, Francia; en donde se desarrollo una celosía metálica que es una analogía del ojo humano que cuando la incidencia de la luz solar es muy fuerte se cierran esta celosía para impedir su paso y cuando es muy tenue se abre dejándola entrar controlando así la iluminación y el aire acondicionado del lugar.

Otro ejemplo es el de la “Torre Shanghai” en la provincia de Shanghai en China, donde esta torre con dobles fachadas hace una excelente analogía con la piel donde según la temporada del año se adecua la fachada para climatizar el interior utilizando ecotecnologías tan básicas como es la ventilación natural (simple mecánica de fluidos).

Construcciones como estas se realizan a partir de un nuevo punto de vista, una nueva conceptualización de lo que se quiere realizar para un proyecto ayudado de la tecnología actual y de los nuevos materiales que se desarrollan hoy en día, tales como: las resinas (impermeables y antisépticas) o los nanomateriales que nos han prometido en un futuro cercano (aceros más resistentes, cerámicas varias veces más resistentes)

Y que tal la idea de los cristales con propiedades donde se desarrolla el concepto de edificio como “filtro climático” en el cual existen controles solares como dispositivos de apantallamiento como los cristales especiales que pueden considerarse como filtros selectivos. Un ejemplo serían los cristales termoabsorbentes que poseen propiedades de absorción selectiva,

mientras que los cristales termorepelentes poseen una refractancia selectiva esto en cuestión de temperatura y en cuestión lumínica los vidrios que se polarizan al aumentar la cantidad de luz que pasa por ellos.

Partiendo de la idea de una adecuada climatización controlando humedad y temperatura además de una apropiada vegetación ya podemos incorporar la naturaleza a espacios donde el hombre no se lo permitía, visualice la idea de ver árboles frutales y una pequeña laguna con peces en el piso 30 de un edificio. Estas primeras instancias son para comenzar a desarrollar nuestra imaginación y no sólo contentarnos con diseñar sino de resolver problemas que ya pueden ser solucionados en nuestros días.

Y no hay porqué preocuparse si a los arquitectos del futuro serán a los que se les pida un piso de área verde por cada 15 de construcción.

Comenzaremos a delimitar las que elementos se deben de tomar en cuenta para poder desarrollar este concepto.

### **Zona de confort**

La llamada zona de confort es el rango de temperaturas de bulbo seco, de humedad y de velocidad del aire en que la mayoría de las personas se sienten a gusto.

En base a esto podemos definir los rangos de humedad y temperatura que necesitamos para el equipo de aire acondicionado inteligente, teniendo en cuenta las estrategias nuestro edificio será más confortable y gastaremos sólo lo necesario en equipo

### **ESTRATEGIAS DE DISEÑO**

#### **1.-Calentamiento y enfriamiento :**

Consiste en aumentar o disminuir la temperatura controlando la relación de pérdidas y ganancias térmicas en el espacio construido. Esto se podrá manejar a través de las orientaciones de las aberturas o dimensionamiento de los vanos así como la envolvente general del edificio.

#### **2.-Humidificación y deshumidificación**

Estrechamente relacionado con el anterior el contenido de humedad del aire se podrá

modificar a través del manejo del aire con superficies secas o húmedas a mayor o menor temperatura.

#### **3.-La inercia térmica y la Masividad**

Dependerá de los diferentes factores principalmente las oscilaciones térmicas y el contenido de humedad en el aire, esta se manifiesta en dos formas básicas: el retardo térmico y la oscilación térmica.

El retardo térmico es el número de horas que tardará la máxima y la mínima temperatura en pasar a través de un muro, la oscilación se verá reducida mientras mayor sea la masa del edificio.

#### **4.-Ventilación**

Puede ser una estrategia de climatización masiva de fácil utilización y muy bajo costo. Se deberá determinar los requisitos de ventilación medidos en cambios de aire por hora y velocidad del viento apartir de los análisis bioclimáticos, en algunos casos no será necesaria ninguna ventilación proporcionándose únicamente el mínimo de un cambio de aire por hora para mantener grados de confort en calidad del aire.

### **CALOR**

El calor se trasmite básicamente por :

#### **1.-Radiación**

Consiste en la incidencia directa o indirecta de partículas luminosas. Se recibe por exposición directa o reflejada de la fuente de calor.

#### **2.-Conducción**

Es el paso del calor a través de las moléculas de un material sólido. Los materiales tienen distinta resistencia al paso del calor, entre más duros y pesados transmiten más calor ; los más suaves o porosos oponen resistencia a su paso.

#### **3.-Convección**

Es el transporte del calor mediante el movimiento de un fluido: aire, agua.

El control de la suma de los 3 fenómenos mediante un diseño adecuado, dará como resultado la comodidad térmica o bioclimática. Por el

contrario, la falta de cuidado en el diseño de estos aspectos, motiva incomodidades que pueden afectar las actividades que se llevan a cabo en el interior de una construcción

Tipos de ganancias de calor:

### 1.-Ganancia directa

Es aquella que se obtiene mediante la incidencia directa de la radiación solar o incandescente.

Este tipo de ganancia se controla fácilmente mediante la interposición de un elemento opaco entre la fuente luminosa y el receptor.

### 2.-Ganancia indirecta

Es la que emiten los cuerpos calientes no incandescentes. Por ejemplo las personas.

### 3.-Ganancia aislada

Se recibe por medio de un elemento conector ubicado en el exterior de una construcción. A partir de éste se transmite al interior mediante convección natural o circulación forzada.

### Formas construidas y ganancias de calor:

La absorción de calor por radiación solar es mayor en las techumbres planas.

En las techumbres curvas las ganancias de calor por conducción es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un sólo punto.

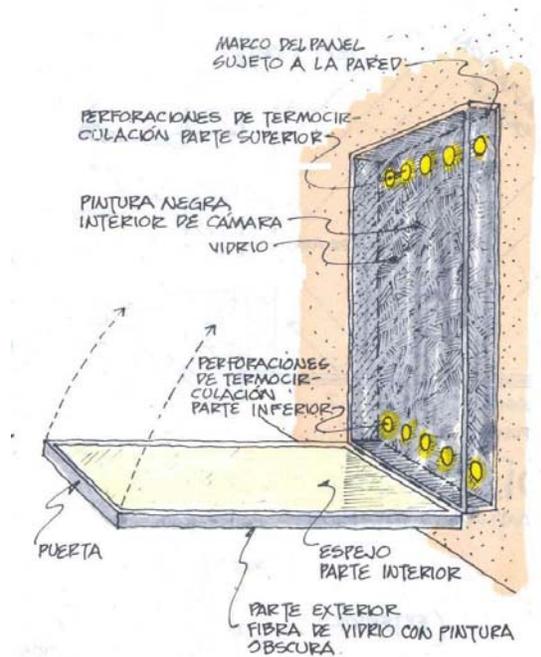


9

En los muros este efecto ocurre exactamente igual, los muros y la techumbre de una construcción son elementos que ganan y almacenan calor, además del tipo de material, su espesor y su orientación, la forma del elemento constructivo incide en el volumen de la ganancia de calor

### muro captor y acumulador de calor

Consiste en un panel de vidrio adosado a un muro de la casa, orientado preferentemente al sur o al poniente pintado de color oscuro la superficie del muro que queda contenida dentro de este panel de vidrio.



10

En un día soleado de invierno la temperatura del aire contenido en la cámara entre el muro y el vidrio llega a ser muy alta 60 °C, agregando perforaciones de termocirculación arriba y abajo, se obliga la circulación natural pasiva del aire caliente dentro de la casa.

El aire caliente sube por la cámara formada entre el panel y el muro y penetra dentro de la casa por los orificios superiores, y simultáneamente la cámara aspira el aire por las aberturas inferiores.

<sup>9</sup> andadores con techo curvo

<sup>10</sup> detalle de muro captor de calor \*

Este movimiento del aire puede continuar 2 o 3 horas después de la puesta de sol hasta que la superficie de la pared se ha enfriado.

Por la noche este proceso se puede invertir, ya que el aire se enfriaría dentro de la cámara, convirtiéndose en más pesado y descendiendo a la parte inferior y penetrando a la casa por los orificios de abajo, mientras que el aire más caliente dentro de la casa estaría saliendo por los orificios superiores.

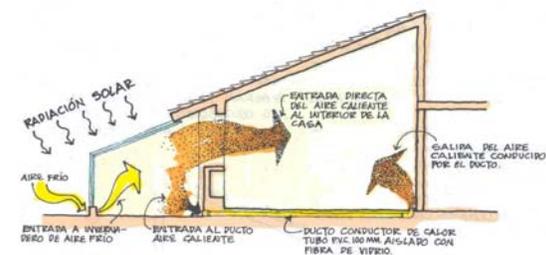
Para evitar este flujo invertido del aire deberán colocarse compuertas en ambos orificios, y la puerta exterior del panel que tiene un espejo en su parte inferior para lograr mayor ganancia deberá poder cerrarse por las noches.

Este muro también se puede utilizar como extractor de aire durante el verano. Esto se logra cerrando las perforaciones superiores hacia la casa y abriendo una pequeña ventana en la parte superior del cancel que permita la salida del aire al exterior.

Lo importante de este sistema es que se puede realizar en casas habitación y si se tiene un controlador que permita la entrada y salida de ese aire cuando sea necesario el único gasto de energía extra será en ese controlador sin tener un equipo muy complejo de aire acondicionado.

## INVERNADERO

La naturaleza compleja de los flujos térmicos y un invernadero adosado, como el que nos ocupa, hace difícil el dimensionamiento exacto del invernadero y la predicción del sistema de calefacción solar pero al incluir elementos inteligentes a esta técnica lo hace muy conveniente porque se puede obtener calor naturalmente sin tener que utilizar un equipo al 100%



11

<sup>11</sup> detalle de invernadero \*

## Recomendaciones :

Tratar siempre de extender el invernadero lo más que se pueda, a lo largo de la fachada sur junto a los locales que se quiera calentar.

La superficie vidriada captará energía durante los días despejados, suficiente para mantener el invernadero y el espacio anexo a una temperatura variable de 16°C a 22°C durante el invierno.

Cuando está apropiadamente dimensionado, el invernadero adosado, no solamente calienta su propio espacio sino también el espacio contiguo.

La cantidad de energía que proporcione el invernadero depende de diversas variables, desde luego, latitud y clima del lugar, el clima, la masa térmica de almacenamiento y el tamaño y las características de aislamiento del propio invernadero y del lugar que se acondicionó.

Dentro del invernadero debe colocarse una masa térmica suficiente como para absorber la radiación directa y amortiguar el descenso de la temperatura interior durante la noche.

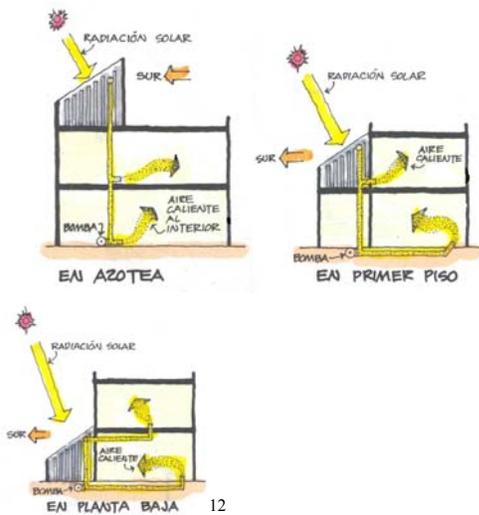
Los vidrios del invernadero pueden ser sustituidos por láminas de acrílico o fibra de vidrio o por tela plástica transparente.

El aire caliente puede ser también conducido en forma natural dentro de la casa por un ducto convenientemente aislado.

Se recomienda sembrar dentro del invernadero plantas aromáticas, menta, hierbabuena, cedro y albahaca para aromatizar la casa al dar paso al aire caliente almacenado dentro del invernadero.

## TRAMPA DE CALOR

Las trampas de calor consisten en un pequeño espacio orientado hacia el sur, con cubierta de cristal o acrílico transparente, de tal manera que capte la radiación solar y almacene el calor para ser usado durante la noche, bombeándolo a través de un tubo aislado, hasta el lugar que se desea climatizar.



Otra forma es llenando la trampa con piedras de color oscuro y suficiente masa térmica, como piedra braza, cantera, piedra de río o cualquier grava gruesa. El mayor rendimiento de estas trampas se obtiene cubriéndolas en la noche con tapaderas de material aislante para guardar el calor almacenado durante el mayor tiempo posible.



13

Para lograr la masa térmica suficiente para que el calor no se disipe en las primeras horas de la noche, se puede colocar dentro de la trampa de calor una serie de tubos de lámina galvanizada pintados exteriormente de negro mate y rellenos de arena.

### Disminución de ganancia de calor según la forma

- Plana: los rayos solares pueden ser perpendiculares a toda la superficie
- dos aguas: puede ser sólo la mitad
- x número de aguas: puede ser sólo una parte

<sup>12</sup> detalles de trampas de calor en distintos niveles de una construcción \*

<sup>13</sup> detalle constructivo de trampa de calor \*

- Bóveda de cañón: son perpendiculares, sólo una línea en cada bóveda
- Bóveda esférica: son perpendiculares sólo a un punto de la bóveda.

### Ganancia de calor según la inclinación de la cubierta.

Para una mayor ganancia de radiación solar a lugares donde se necesita la inclinación correcta de las cubiertas sería dado por el ángulo de la latitud con respecto al horizonte, esto basado con respecto a la incidencia de los rayos solares al planeta y la orientación predominante debe ser al sur.

Ejemplo :

Ciudad Juárez Chihuahua  
 latitud 31° 44 ‘  
 temperatura mínima -16°C



14

### ENFRIAMIENTO

El concepto de enfriamiento pasivo no es nuevo, es una tecnología antigua. El ser humano generalmente está consiente de la ganancia solar que mantiene la vida sobre la tierra ; sin embargo tiende a ignorar la pérdida de calor que puede producir enfriamiento y que ayuda a mantener el estado de equilibrio térmico.

De acuerdo a David Wright la identificación genérica de sistemas pasivos de enfriamiento, pueden ser clasificados en base a la localización del elemento donde ocurre la pérdida de calor. De acuerdo a ello se pueden identificar la siguiente clasificación.

- 1.- Control de la ganancia de calor
- 2.- Pérdida directa de calor hacia el espacio
- 3.- Pérdida indirecta de calor, de la superficie del cerramiento exterior del espacio

<sup>14</sup> Casa con inclinación de cubierta y paneles solares \*

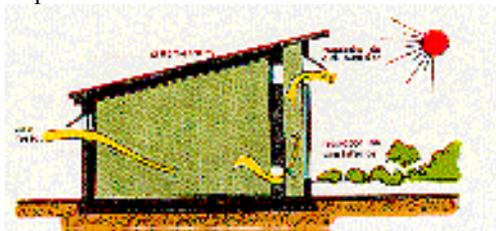
4.-Pérdida de calor, aislando de la superficie de cerramiento exterior.

Se puede concluir que es posible establecer una clasificación de sistemas de enfriamiento pasivo, basándose en los cuatro factores que afectan directamente el bienestar térmico del hombre, y que a su vez pueden ser controlados.

De esta forma tenemos que la clasificación de los sistemas pasivos de enfriamiento existentes, pueden ser agrupados de la forma siguiente:

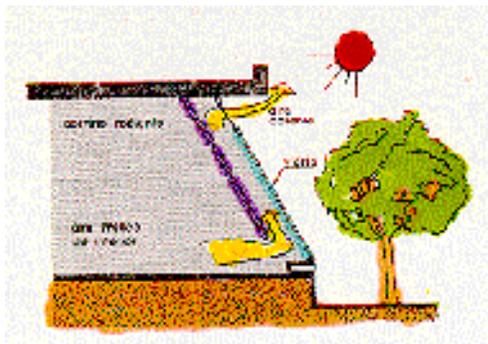
### MOVIMIENTO DEL AIRE

- 1.-extractores de aire
- 2.-claraboyas operables
- 3.-aberturas a nivel de piso y alero
- 4.-pared de trombe



15

- 5.-sistema de doble pared
- 6.-abertura en el techo
- 7.-chimeneas de aire, fijas y operables
- 8.-chimeneas solares
- 9.-ventilación solar inducida



16

- 10.-sistema Hill
- 11.-torres de viento
- 12.-respiraderos de aire

---

<sup>15</sup> detalle de muro trombe

<sup>16</sup> detalle de ventilación solar inducida

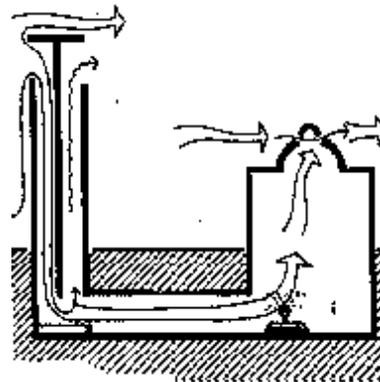
### TEMPERATURA DEL AIRE

1.-control de ganancias de calor

- a.- techos sombreados
- b.- protecciones solares
- c.- aislamiento en los muros
- d.- control de las condiciones microclimáticas exteriores de la edificación

2.-Sistemas de enfriamiento

- a.- ductos subterráneos
- b.- edificaciones integradas a la tierra
- c.- enfriamiento evaporativo
  - enfriador evaporativo en Egipto
  - sistema túnel, india
  - sistema chimenea
  - estanque de agua sombreada
  - enfriador regenerativo de lecho rocoso
  - torres de viento



17

3.-Humedad

- a.- sistema de lecho dual por deshumidificación de Moore, Cantrell y Willeke
- b.- sistema de climatización

4.-Radiación

- a.- estanque de agua en el techo de H. Hay
- b.- el living system de J. Hammond
- c.- radiación de techo con aislamiento móvil
- d.- la trampa de radiación de techo
- e.- sistema de enfriamiento por Pinney, Fonda-Bonardi y Ying

---

<sup>17</sup> detalle de torre de viento o torre eólica (bad gir)

Para lograr un sistema pasivo de refrigeración en verano, se deberán seguir las siguientes recomendaciones :

1.-Se abrirá la casa por la parte superior al exterior, con ventanas u orificios para ventilar y refrescar la masa térmica interior.

2.-Se dispondrán aberturas amplias de igual dimensión para entrada y salida de aire que permitan su paso.

La relación óptima es : entrada 1  
salida 1.25

salida  
----- = 1.25  
entrada

El enfriamiento por ventilación se logra abriendo entradas pequeñas en la parte inferior de los muros donde penetra el aire y grandes del lado donde sale.

3.-Cuando el flujo de aire es insuficiente para ventilar la casa, se puede establecer la corriente convectiva en el interior utilizando el efecto de chimenea o presión negativa en la techumbre de la casa.

4.-Las superficies vidriadas al sur, dimensionadas para captar la máxima radiación solar en invierno, también captarán energía en verano cuando no se necesita. Con un voladizo sobre el acristalamiento vertical al sur, puede controlarse efectivamente la radiación de verano.

#### Recomendación para volados :



18

Relación para diseño del volado

$A/B=1.7$

altura mínima antepecho 90cm

superficie mínima de iluminación 20% de la superficie del local

superficie mínima de ventilación 1/3 de la superficie de la ventana

5.-Los parteluces son efectivos para el control del sol en verano

6.-Ángulos de diseño 15° y 45°, para las orientaciones sur-poniente 15° y sur-oriente 45°. Los parteluces deberán diseñarse con los mismos ángulos de diseño para evitar calentamiento excesivo por radiación solar

7.-Sistema de inyección de aire fresco, consiste en un dispositivo a base de un tubo preferentemente metálico que va del exterior de la casa al interior de la misma.

Este tubo deberá ir enterrado en el suelo para que mantenga el aire frío en su interior, al que penetrar en la casa por diferencias de temperatura interior-exterior forma una corriente convectiva dentro de la casa.

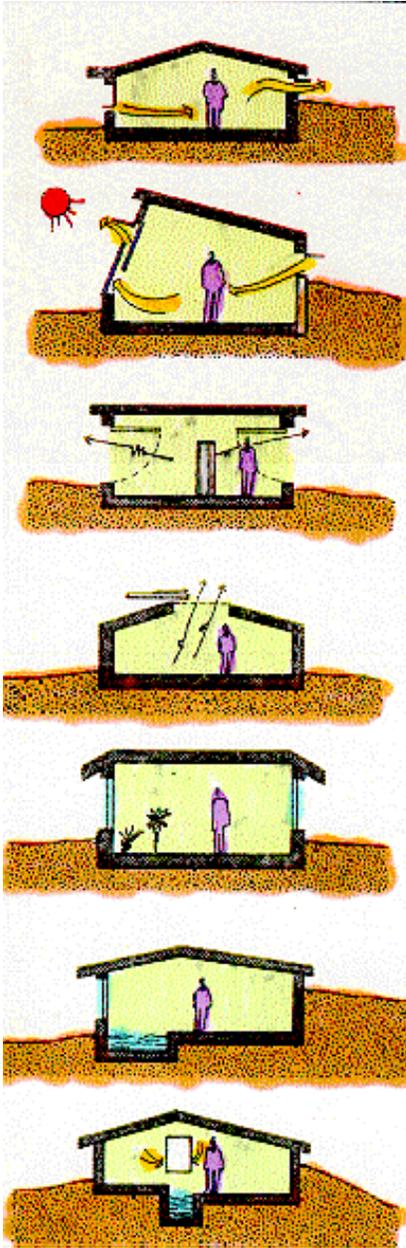
La toma de aire exterior debe colocarse preferentemente hacía el norte y en un lugar sombreado para poder succionar aire fresco.

Para poder dar ejemplos de enfriamiento la mejor opción es resaltar las pérdidas de calor que pueden ser :

#### Pérdida directa

---

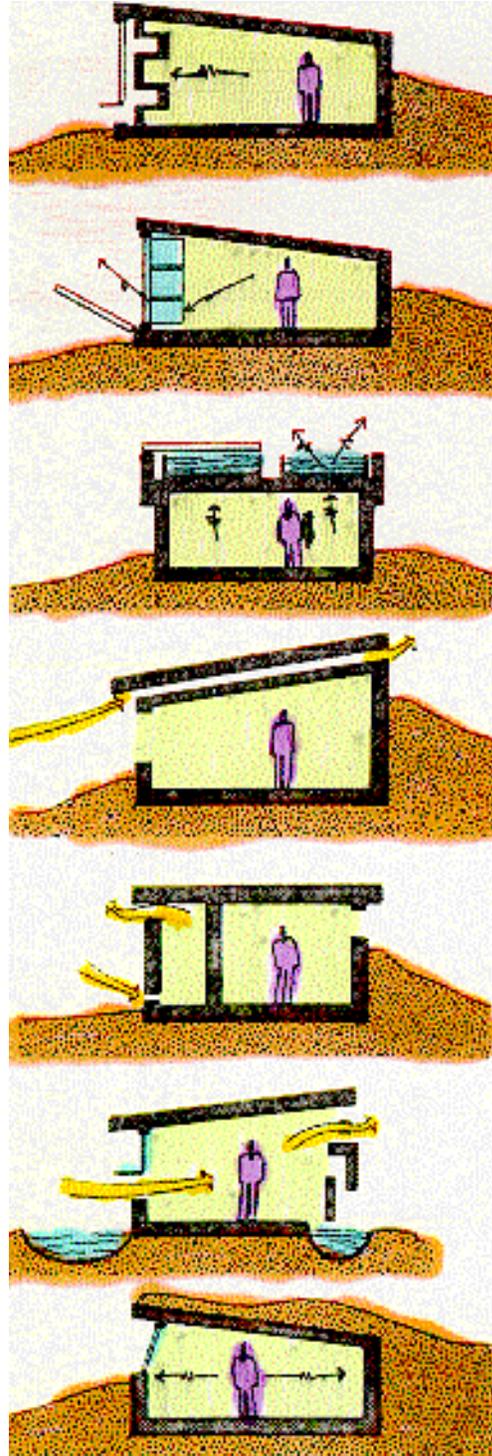
<sup>18</sup> vista exterior de ventanas con volados



19

- 1.- ventilación natural
- 2.- ventilación inducida
- 3.- paredes móviles
- 4.- techos móviles
- 5.- transpiración de plantas
- 6.- estanques interiores de agua
- 7.- masa desecante

**Pérdida indirecta**



20

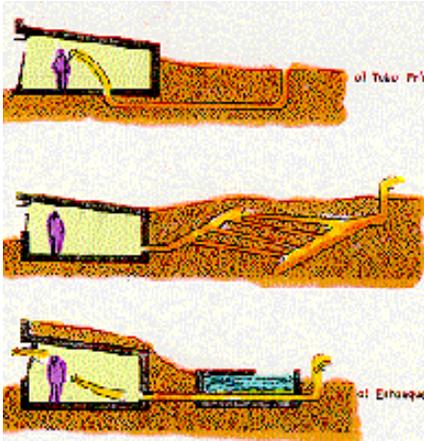
- 1.- pared de trombe
- 2.- pared de agua
- 3.- estanque en techos
- 4.- doble techo
- 5.- doble pared

<sup>19</sup> distintos ejemplos de pérdidas directas de calor

<sup>20</sup> distintos ejemplos de pérdidas de calor por medios indirectos

- 6.- estanques evaporativos
- 7.-integración a la tierra.

**Pérdida por aislamiento :**



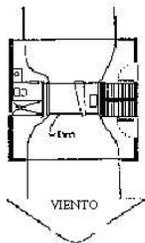
21

- 1.- tubo frío
- 2.- campo frío
- 3.- estanque de enfriamiento

**VENTILACION**

**Efecto Venturi**

Implicito en muchas maneras del comportamiento del viento, consiste principalmente en el aumento de la velocidad que sufre el viento al ser comprimido en su paso. Si se encausa al viento y se hace pasar por un área más reducida que por donde fluía, se incrementará su velocidad, precisamente donde el área sea menor; por el contrario, disminuirá su velocidad si se hace pasar por un área más amplia.



22

De esta forma se puede utilizar el efecto Venturi para aumentar o disminuir la velocidad del viento tanto en espacios urbanos como en espacios arquitectónicos exteriores o interiores, según convenga a los requerimientos básicos del confort.

Formula :

$$v = \frac{q}{r \times a}$$

- v = velocidad del viento
- q = cantidad de aire
- r = relación de abertura (.5971108)
- a = área de abertura (sección)

ejemplo :

Para una cantidad constante de aire de 1m<sup>3</sup>/s tendremos :

$$v = \frac{1 \text{ m}^3/\text{seg}}{.5971108 \times A}$$

para A = 1 metro

$$v = 1,67473 \text{ m/seg}$$

La utilización de la vegetación dentro del diseño de un sistema de ventilación es muy importante; causa distintos efectos en los patrones del flujo del aire y en la velocidad del viento.

Con el diseño de elementos vegetales como árboles, arbustos, setos. pueden crearse zonas de alta o baja presión también incluyéndose las celosías, cercas. alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas.

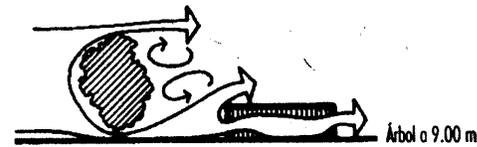
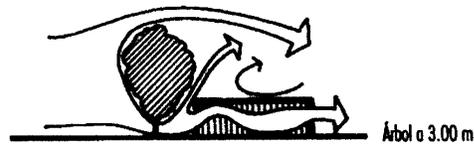
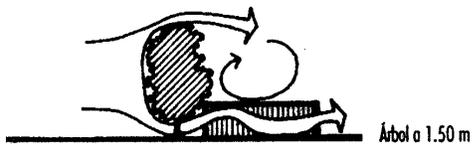
La vegetación puede ayudar a obstruir y deflectar el paso del viento o a canalizarlo e inducirlo dentro de la habitación cuando así convenga.

En algunas ocasiones, según las condiciones bioclimáticas del lugar, se debe obstruir el paso del viento en lugar de canalizarlo, esto puede suceder cuando :

- el viento es muy frío
- el viento es muy caliente
- el viento esta contaminado

<sup>21</sup> perdidas de calor por aislamientos

<sup>22</sup> ejemplo de efecto Venturi, estrategia de diseño bioclima tico recomendable en zonas tropicales (cálido-húmedas)



23

- a.- árbol a 1.5 mts.
- b.- árbol a 3.0 mts.
- c.- árbol a 9 mts.

En estos casos es conveniente crear barreras contra el viento y darle un tratamiento especial antes de inducirlo a la vivienda :

- calentarlo
- enfriarlo
- humidificarlo
- deshumidificarlo
- purificarlo

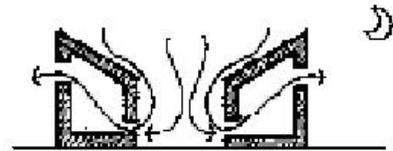
La vegetación es muy útil para enfriar, humidificar o purificar el viento y canalizarlo, pero también puede servir eficientemente para bloquearlo y obstruirlo cuando así se requiere.

### Estrategias de diseño para ventilación

En el clima cálido húmedo son muy necesarias las estrategias de ventilación, la construcción debe ser abierta y "transparente" al viento, y el área de abertura debe ocupar prácticamente la totalidad del muro a través de celosías, persianas o enrejados.

En los climas cálidos, secos o fríos generalmente hay que restringir las infiltraciones y minimizar la ventilación, pues los vientos son muy cálidos o muy fríos, en estos casos el área de las aberturas debe ser pequeña, aunque nunca menor a 1/10 con respecto al área del muro.

<sup>23</sup> efectos del viento contra elementos vegetales



24

A pesar de todas estas variantes y condicionantes específicas de diseño intentaremos describir el sistema de ventilación ideal para una habitación en donde el flujo interior del aire es deseable :

- 1.- Debe buscarse sobre todo, la ventilación cruzada.
- 2.-La orientación más adecuada es a 45° con respecto al viento, cuando la ventilación se da en muros opuestos y a 90° cuando se da en muros adyacentes.
- 3.-La forma de abertura debe ser horizontal.
- 4.-La abertura de entrada debe localizarse asimétricamente y en la parte inferior del muro, con el fin de inducir el flujo de aire sobre la zona habitable.
- 5.-La abertura de salida debe localizarse en la parte superior del muro con el fin de facilitar la extracción del aire caliente y viciado acumulado en la parte superior de la habitación y la formación del efecto stack (chimenea) en días sin viento.

Cuando se requiere mucha ventilación, conviene poner dos aberturas de entrada y dos de salida, una en la parte superior que elimine el aire caliente y viciado y otra en la parte inferior que garantice un flujo constante de aire sobre los habitantes, proporcionándoles el confort necesario.

- 6.-Entre mayor es el área de las aberturas, tanto de entrada como de salida, mayor es la ventilación.
- 7.-Con el fin de incrementar la velocidad promedio interior del aire, conviene que la abertura de salida sea de mayor tamaño que la de entrada (la

<sup>24</sup> patrones típicos de las corrientes de aire en patios con edificios con aberturas

proporción recomendada por Harris Sobin es de 1 : 1.25)

8.-Debe evitarse que dispositivos de ventana con fines no aerodinámicos interfieran con el sistema de ventilación y disminuyan su eficiencia.

9.-Debe evitarse que los muros interiores y el mobiliario obstaculicen con el flujo interior del viento.

10.-Las aberturas deben contar con dispositivos o mecanismos operables que permitan el control del paso del viento.

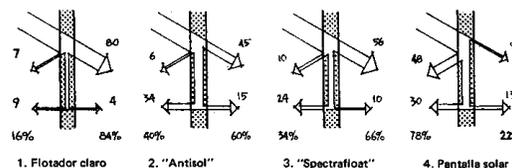
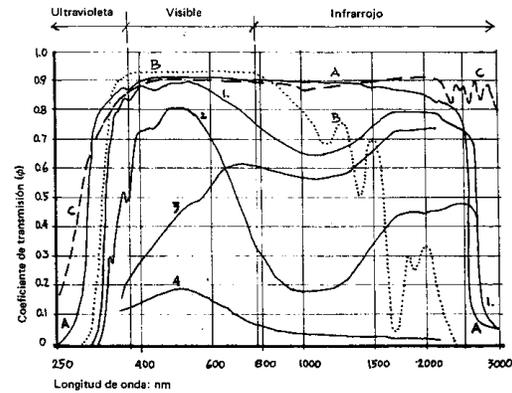
Al diseñar el tipo de ventanas se debe pensar también en un control solar adecuado, control de lluvia, arena, polvo y demás elementos contaminantes, y control de la privacidad visual, protección contra insectos. orientando todas las acciones hacia un diseño integral.

## ACRISTALAMIENTOS

También se pueden utilizar cristales especiales para el control solar. Los cristales termoabsorbentes poseen propiedades de absorción selectiva, mientras que los cristales termorepelentes poseen una refractancia selectiva. La figura muestra las características de transmisión espectral de algunos cristales y una representación diagramática de los procesos reflexión/transmisión/absorción/reemisión. Se incluye, para comparar, una curva para un cristal de flotación transparente ordinario y las curvas de transmisión de un cristal sin hierro reflejan la transmisión máxima que puede obtenerse con cualquier cristal. Las curvas de transmisión para algunos materiales plásticos transparentes también se muestran con fines comparativos.

Estos cristales especiales reducirán la transmisión de calor radiante, pero una vez instalados actuarán de controles durante todo el tiempo, y no distinguen entre verano e invierno.

El concepto de edificio como “filtro climático” ha sido ya avanzado por diversos autores. Para llevar el símil más allá debería ser un filtro selectivo, que admitiera las influencias ambientales que sean deseables y excluyera las indeseables.



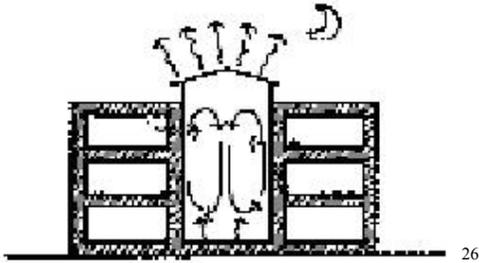
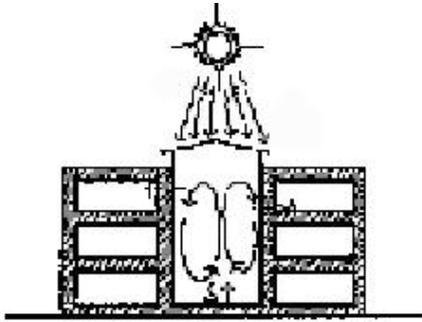
A Cristal contenido de 0.02 Fe, O<sub>2</sub>, 6 mm  
B Plancha de polimetil-metacrilato, 6 mm  
C Película PVC, 0.035 mm

25

Los controles solares, tanto los dispositivos de apantallamiento como los cristales especiales, pueden considerarse filtros selectivos. No obstante, su rendimiento no puede considerarse aisladamente. Estarán térmicamente interrelacionados con la totalidad del edificio y sus funciones de uso. El comportamiento térmico del edificio quedará determinado por los factores antes comentados :

- tamaño y dirección de las ventanas
- tipo de cristales y cualquier dispositivo de apantallamiento
- cualidades superficiales, tamaño y disposición de los segmentos sólidos.
- el aislamiento térmico de los elementos envolventes
- la capacidad térmica de la obra del edificio
- la posición relativa de aislamiento y capacidad
- ventilación y su variabilidad.

<sup>25</sup> características de transmisión espectral de diversos materiales de envidriado



26 Todos estos factores deber ser considerados en relación con el uso del edificio, el calor generado por la iluminación, las personas y procesos y la periodicidad de los mismos.

En algunas situaciones, los medios arriba indicados, es decir, los controles térmicos pasivos pueden lograr condiciones interiores satisfactorias. Pero incluso si no se puede asegurar una comodidad con estos medios solamente, el buen diseño del proyecto reducirá mucho la tarea de los controles activos, es decir, las instalaciones que utilicen algún tipo de consumo energético, como por ejemplo la calefacción o el aire acondicionado.

### HUMIDIFICACION, DESHUMIDIFICACION



27

<sup>26</sup> atrio contemporáneo para calentamiento de edificios, se muestra la convención que ocurre a causa de los cambios térmicos diarios

<sup>27</sup> patio estilo árabe

### COLOCACION DE BARRERAS ANTIVAPOR PARA CONTROLAR LOS MOVIMIENTOS DE LA HUMEDAD.

Al revés de la evaporación que crea un efecto de enfriamiento al absorber calor, por ejemplo de la superficie del edificio, la condensación devuelve el calor latente del vapor de agua contenido en el aire cuando este fenómeno se produce. La condensación es perjudicial casi siempre para los materiales que componen la envoltura de un edificio.

Los problemas de condensación se agravan conforme el edificio es más estanco. El control de las infiltraciones de aire obstaculiza paralelamente la evacuación de la humedad producida en el interior por actividades como la cocción de alimentos, el lavado de ropa, los baños y duchas. En invierno, un fuerte aumento de humedad relativa dentro de un edificio implica automáticamente condensaciones en las superficies de la envoltura con temperaturas inferiores al punto de rocío (temperatura de saturación del aire). La permeabilidad de la envoltura del aire (luego, al vapor de agua verdadero gas y no conjunto de minúsculas gotas de agua, como es la niebla) traslada el peligro de condensación al propio interior de los materiales que integran la envoltura. Este fenómeno es también nocivo para la madera o productos celulósicos, a los que puede pudrir, para los metales, que puede corroer e, incluso, para la fábrica de ladrillo, susceptible de deterioros si hay riesgo de heladas. Los materiales aislantes, como la fibra de vidrio, corren el peligro de degradarse o, al menos, de perder resistencia térmica, pues el aire húmedo es mejor conductor del calor que el aire seco.

La solución más usual para los problemas de condensación consiste en detener el movimiento de la humedad en las cercanías de la superficie interior del muro de la envoltura con objeto de que no alcance las capas internas del mismo que estarían a temperaturas iguales o aún inferiores al punto de rocío. El control de la humedad se logra gracias a barreras antivapor (o corta vapor) es decir, por medio de materiales impermeables al vapor de agua. Suele utilizarse una película de polietileno sola o asociada a algún material aislante. Idéntico cometido pueden desempeñar ciertos materiales de acabado interior.

El sistema internacional de medida de la *permeabilidad* de los materiales de construcción o de su instalación en la envoltura, pone en juego la masa de agua (kg) por superficie de pared (m<sup>2</sup>) por unidad de tiempo (seg) y por diferencia de presión de aire a cada lado de la pared (Pa), o sea :

$$\text{kg/m}^2 \times \text{seg} \times \text{Pa}.$$

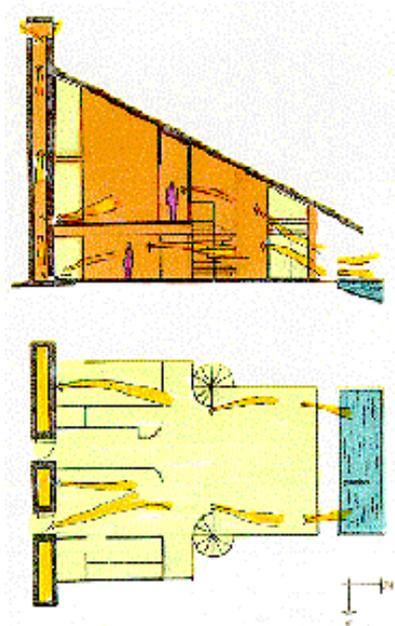
La permeabilidad de las barreras antivapor medida in situ acostumbra a no sujetarse a la del material en cuanto a tal, debido a que la instalación de la +membrana es defectuosa. Se advertirán puntos mal sellados, discontinuidades en la colocación y perforaciones, frecuentes cuando la instalación es un procedimiento eléctrico. Un reciente informe publicado por el Consejo Nacional de Investigación del Canadá fija lo siguiente :

“Las fugas de aire son origen de la mayor parte de los problemas de condensación en muros y cubiertas. Será correcto prescindir de barreras antivapor cuando el edificio sea estanco a las fugas de aire. Pero si la envoltura del mismo tiene aberturas que permitan el paso del aire de un lado caliente al lado frío del aislamiento, será del todo inútil colocar una barrera antivapor (aunque sea de permeabilidad nula) que no resuelva el problema de las fugas de aire.”

Se concluye la imperiosa necesidad de adoptar un cuidado extremo en el manejo y colocación de la película antivapor, actitud que se hace extensiva a la elección y aplicación de materiales de recubrimiento en el exterior del aislamiento. En efecto, si estos materiales, por inadvertencia, crean una segunda barrera, la humedad quedará aprisionada en el aislamiento o en la cubierta. Por ejemplo, en el caso de una cubierta provista de material asfáltico es esencial la ventilación del espacio que contiene el aislamiento para que la humedad pueda evacuarse, la regla general señala que la barrera debe colocarse siempre en el lado caliente del aislamiento.

Se recomienda por norma, instalar barrera antivapor bajo los forjados que estén encima del terreno y en la parte inferior de los vacíos sanitarios, precauciones que reducen el ascenso de la humedad del suelo al edificio. En los vacíos sanitarios sin ventilar y sin barrera se pudo medir que las aportaciones diarias de agua alcanzaban 50 litros por cada 100 m<sup>2</sup> de forjado, cantidad de agua que incrementaba considerablemente la humedad

del aire interior. Parte de esa humedad se detiene con una simple película plástica dispuesta en el fondo del vacío sanitario.



28

## CONDUCTIVIDAD TERMICA

Es la propiedad que tienen los materiales de transmitir el calor intermolecularmente, por la diferencia de temperaturas en dos caras opuestas.

Para determinar la cantidad de calor que pasa a través de un elemento arquitectónico se utiliza la siguiente expresión :

$$CT = U \times S \times (AT)$$

CT = calor que pasa por una superficie

U = coeficiente de transmisión de calor

S = superficie

AT = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior

Cuando los elementos constructivos se componen de diversos materiales se emplea la siguiente expresión para determinar el coeficiente de transmisión de calor :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{1}{h_n}}$$

<sup>28</sup> circulación de aire húmedo, residencia en Okereke, Nigeria arq. J. Lambeth 1977.

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{fe} + \frac{e}{k1} + \frac{1}{fi}$$

$$U = \frac{1}{RT}$$

U = coeficiente de transmisión de calor  
 fe = coeficiente de convección exterior  
 fi = coeficiente de convección interior  
 e = espesor de los materiales  
 k = coeficiente de conductividad térmica  
 RT = resistencia al paso del calor.

### COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR

Entre un medio que está a una temperatura determinada (T1) y otro que está a una temperatura inferior (T2), separados ambos por una pared material (muro, tabique, tejado.) de superficie (S) m2, se produce cada hora un flujo de calor (Q cal.) expresado por la fórmula siguiente

$$CT = U \times S \times (T1 - T2)$$

El coeficiente "U" es el "coeficiente de transmisión de calor" de la pared considerada

### COEFICIENTES DE CAMBIO DE CALOR

Si ahora a una pared determinada (muro, techo.) de coeficiente de transmisión de calor determinado "U" añadimos un espesor (e) de un aislante de coeficiente de conductividad (K) obtenemos una nueva pared compuesta, cuyo coeficiente de transmisión de calor (RT) se podrá calcular con la fórmula.

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{fe} + \frac{e}{K1} + \frac{1}{fi}$$

En la tabla #29 se indican los coeficientes Fe y Fi de varios tipos de muros, techos, cubiertas, puertas y ventanas. Se indica, asimismo el consumo de carbón necesario para compensar la pérdida de calor correspondiente a cada pared, calculando para una superficie de 100 m2 y una diferencia de temperatura de 10°C entre el interior y el exterior del local y por temporada de noviembre a marzo (3600 horas).

Durante las horas en que la calefacción no funciona, el edificio sigue, igualmente, perdiendo

calorías ; pierde la que se han acumulado durante el día y que habrá de renovar el día siguiente.

### VALOR "U" DE UNA PARED

El valor U de una pared depende de la conductividad térmica de las diversas capas de materiales que constituyen la pared conjuntamente con el coeficiente de transmisión de calor límite en cualquier superficie de contacto sólido / aire de la pared.

	A/C ondulado Acolchamiento de lana mineral 50 mm Cartulina T&G 13 mm	U = 0.55 (W/m² °C)
	Baldosa de arcilla Fieltro bituminoso Cabrios Viguetas del cielo raso poliestireno 50 mm Cartón-yeso 10 mm	U = 0.55
	Fieltro bituminoso de 3 capas Retazo medio 38 mm Losa RC de 100 mm Losas delgadas de lana mineral 75 mm Cartón-yeso 10 mm	U = 0.55
	Fieltro bituminoso de 3 capas Tablas de 25 mm Plancha de fibra de vidrio 50 mm Cartón-yeso 10 mm	U = 0.57
	Paredes de ladrillos 115 + 50 + 115 Corcho 25 mm Yeso en listón de cartón fibra	U = 0.85
	Losa de lana de madera 50 mm Enyesado 10 mm	U = 0.85
	Poliestireno 25 mm Cartón-yeso 13 mm	U = 0.75

29

La resistividad térmica de un material es el recíproco de la conductividad térmica y puede definirse como la resistencia al paso de calor que se ofrece a través de un cubo de longitud de 1 pie (304 mm) perpendicularmente a dos caras opuestas, como puede verse en la tabla #29 las conductividades térmicas varían enormemente. Las conductividades térmicas mayores son la de los metales. Los materiales estructurales sólidos tienen conductividades intermedias, mientras que los materiales aislantes altamente porosos tienen con mucho los valores más bajos.

29 ejemplos de "U" satisfactorios en distintos tipos de pared

La conductividad térmica del aire completamente quieto es mucho más baja que la de cualquier material sólido. Este es el rasgo dominante de cualquiera de los materiales aislantes de alto vacío donde la resistencia térmica del componente sólido puede despreciarse en comparación con la resistencia térmica de las pequeñas bolsas de aire que están atrapadas en la sustancia fibrosa, de este modo los materiales aislantes de alto vacío tales como el poliestireno expandido, la espuma de formaldehído de urea y la fibra de vidrio tienden todos a tener valores ( K ) alrededor de .02 (.029). Este es ligeramente superior al valor ideal .016 (.023) del aire completamente quieto debido a ciertas microconvecciones en el interior del material fibroso. Cuando el material está suelto, esta microconvección es mayor cuando, como en el caso del poliestireno expandido, las celdas están totalmente cerradas. El agua tiene una conductividad térmica .035 (.519) y de este modo los materiales aislantes húmedos tienen una calidad de aislamiento muy inferior a los materiales secos.

Debe señalarse que los valores ( K ) reales de cualquier fluido como el agua o el aire, cuando se presentan en masa no son en ningún caso aproximadamente los mismos que los dados en la tabla # la razón de ello es que la calefacción produce cambios en la densidad de los fluidos mencionados y éstos producen corrientes de convección que incrementa la transmisión de calor enormemente.

#### **COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA**

La principal cualidad que debe reunir todo material aislante térmico es que realmente aisle, es decir, que tenga un coeficiente de conductividad térmica tan bajo como sea posible. No es suficiente que un material aislante determinado tenga un coeficiente de conductividad térmicamente bajo, sino que es necesario que lo conserve a través del tiempo y durante su colocación definitiva. Existen materiales que son aislantes pero que, con el transcurso del tiempo, van absorbiendo humedad, aumentando de este modo su coeficiente de conductividad térmica, valor que aumenta en un 7 por 100 por cada 1 por 100 de humedad que contiene. Todo material aislante no debe ser higroscópico y debe conservar íntegras eternamente sus propiedades y, por consiguiente mantener indefinidamente igual coeficiente de conductividad.

El coeficiente de conductividad ( K ) de un material cualquiera es la cantidad de calorías que pasa durante una hora por 1 m<sup>2</sup> de un muro de 1 metro de espesor constituido por dicho material, cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras del muro es 1°C. Así, pues, el coeficiente de conductividad térmica determina el poder de transmisión de calor, a través del cuerpo.

La pérdida de calorías es proporcional al coeficiente ( K ), y por ello los materiales aislantes deben tener este coeficiente ( K ) tan pequeño como sea posible.

A continuación se indican en la tabla # el coeficiente de conductividad térmica de los materiales más corrientes empleados en la construcción.

#### **TRANSMISION DE CALOR EN LA CAPA LIMITE**

En cualquier caso la transmisión de calor de un lado a otro de una pared, el papel desempeñado por las superficies de contacto sólido/aire es uno de los más importantes. Una capa de aire próxima al sólido esta virtualmente estática y el calor se transmite de la superficie a la capa de aire turbulento de atrás por 3 acciones :

1.- Por convección libre, que es debida al movimiento natural del aire en contacto con las superficies a causa de los cambios de densidad.

Si la superficie de un sólido está a una temperatura diferente de la del ambiente que le rodea, el calor se transmite por convección libre

2.- Por convección forzada, que es debida a los movimientos del viento u otras corrientes de aire.

La convección forzada tiene lugar cuando el aire pasa a lo largo de la superficie de la pared en cuestión, sea bajo la influencia del viento o, como sucede frecuentemente con las cámaras de aire, porque hay tiro de ventilación. La convección forzada incluso a velocidades de aire bastante bajas, motiva un valor H mucho mayor y eclipsa completamente las pérdidas debidas a la convección libre, este es un punto que a menudo no es plenamente comprendido por los constructores quienes aceptan un valor K fijo de .3 (1.46) para una pared exterior de ladrillo de cámara de aire de 11” (28 cm) sin tener en consideración si

la pared en cuestión está expuesta a fuertes vientos o está bien protegida de las corrientes de aire.

3.- Por radiación : la radiación es el calor o frío emitido por los cuerpos dotados de cierta temperatura . Distinto a la conducción a la convección nada se precisa para transmitir calor radiado, de hecho, el intercambio de calor por radiación tiene lugar con mayor facilidad en el vacío.

### **PUENTES TERMICOS**

La transmisión total de calor a través de una pared aumenta muy considerablemente cuando incluso pequeñas secciones de la pared están menos correctamente aisladas que el resto de ella. Estos pequeños puntos o regiones se llaman “puentes térmicos” o “puentes fríos”.

Típicos ejemplos de estos son las juntas entre las paredes exteriores e interiores, en las que el material para el aislamiento térmico está en el interior, losas de balcón, que están en el voladizo de un edificio, ligaduras metálicas para las paredes, esquinas de edificios.

Los puentes térmicos son la causa principal de muestras de polvo, causan pérdidas de calor aumentadas mucho mayores de lo que se esperaría y ocasionalmente pueden causar un punto frío que produzca la condensación dentro del edificio.

La distribución de temperatura cuando están implicados puentes térmicos es trio-bidimensional y puede estudiarse utilizando la ecuación diferencial de Laplace.

Los puentes térmicos son la causa de manchas de suciedad , como las partículas de polvo siempre tienden a emigrar a la parte más fría de la pared, el aislamiento térmico de la pared reduce la deposición de polvo.

### **SELECCIONAR LOS MATERIALES AISLANTES PARA CONTROLAR LAS PERDIDAS DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLTURA DEL EDIFICIO.**

Todos los materiales constructivos poseen cierta capacidad térmica por ofrecer resistencia al paso de calor, los materiales estructurales, en cambio, no son lo bastante aislantes para garantizar el calentamiento

económico de un edificio en los climas fríos. Así pues, será preciso integrar en la envoltura materiales cuya función sea específicamente el aislamiento térmico.

### **MISION DEL AISLAMIENTO**

El aislamiento térmico de la envoltura cumplirá su misión desde el instante en que la temperatura exterior se sitúa fuera de la zona de confort, o, dicho de otro modo, desde que sea necesario calentar o climatizar el espacio interior. Se asocia de ordinario el aislamiento térmico con la calefacción de invierno, pero no conviene perder de vista que actúa en los dos sentidos y que interviene también en el confort de verano. El aislamiento térmico presenta una ventaja adicional ; en invierno por ejemplo la temperatura de la superficie interior de la envoltura será menos fría que si no estuviera aislado el muro ; así se procura un confort interior mejor y se evitan condensaciones de agua. El problema de las condensaciones se observa igualmente en verano en los muros del sótano, remediándose gracias al aislamiento térmico.

El aislamiento térmico combinado con materiales de alta capacidad térmica permite influir sobre la duración del desfase de aportaciones cíclicas de calor como son las ganancias solares. Esta aplicación no es corriente y el efecto resultante dependerá de la posición del aislante en el muro.

### **POSICION DEL AISLAMIENTO**

El aislamiento térmico se instalará allí donde el calor puede circular. La figura muestra los principales itinerarios que sigue el calor en la envoltura de la casa. Según las estaciones, estas transferencias de calor se llevan a cabo en los dos sentidos, desde el interior hacia el exterior y viceversa. A nivel de sótano, las pérdidas térmicas se producen generalmente hacia el exterior a lo largo de todo el año, excepto en la zona periférica que genera una transferencia en verano hacia el interior.



## CANTIDAD DE AISLAMIENTO

La transferencia de calor que exista en las diferentes partes de la envoltura del edificio se subordina no sólo a los materiales en uso, sino a la exposición al sol, al viento y al contacto con el suelo. Por tales razones, las recomendaciones respecto a los factores de aislamiento, para un determinado clima, no pueden ser las mismas para los muros, la cubierta o la cimentación.

La cantidad de combustible económicamente rentable aumenta proporcionalmente con el coste del combustible. El método para determinar las cantidades óptimas de aislamiento se basa en un análisis del coste total. El principio de estos procedimientos de cálculo consiste en evaluar :

- los gastos de calefacción
- los gastos de amortización del aislamiento para cantidades varias del mismo.

La solución óptima es la que da un mínimo en la suma de los dos, bien que los resultados variarán mucho con arreglo al periodo de amortización que se considere. La referencia ni facilita los pormenores de un método de cálculo aplicable a edificios residenciales.

De un tiempo a esta parte, ha crecido el interés por el edificio *super aislado* planteamiento orientado a poner en práctica normas muy rígidas de aislamiento en los diferentes elementos de la envoltura. Las pérdidas por conducción pueden entonces reducirse bastante para que las necesidades internas de calefacción se satisfagan mediante ganancias internas de calor :

- la iluminación natural
- los aparatos de uso doméstico
- los inquilinos

El super aislamiento reclama coeficiente de resistencia térmica del orden de  $7 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  en muros y  $10 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  en cubiertas.

De forma generalizada puede decirse que un buen aislamiento de la envoltura requiere buenos detalles constructivos y una esmerada ejecución a fin de reducir al máximo todos los puentes térmicos que se presenten.

---

<sup>30</sup> ejemplo de colocación de aislamiento en una pared

## SELECCIONAR MATERIALES DE GRAN CAPACIDAD TERMICA PARA CONTROLAR LAS TRANSFERENCIAS DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLTURA

La capacidad térmica de los diversos materiales de construcción permite crear desfases en las ganancias de calor. La composición de los muros y la cubierta de un edificio puede determinarse en función de su orientación solar para conseguir las respuestas térmicas deseadas.

La figura indica la cantidad de calor que durante el día recibe la cubierta y los cuatro muros de una casa orientada según los puntos cardinales, partiendo del supuesto de que todas las superficies tienen el mismo coeficiente de absorción e idénticas características térmicas (capacidad y conductividad) las curvas de la figura también representan la variación relativa de la temperatura en dichas superficies (prescindiendo del efecto debido a la radiación térmica del aire exterior). Si la envoltura de la casa fuera de materiales de capacidad térmica despreciable, la ganancia de calor se transmitiría al interior casi instantáneamente. La curva de la temperatura estaría en este caso muy cerca de la curva total, que representaría la suma de toda la energía recibida en el día por los distintos parámetros. El resultado es de índole teórica, pues en realidad la temperatura máxima se daría en torno a las 16 hrs. Por el aumento de la temperatura del aire exterior si el cielo se mantiene despejado.

Pero si algunos muros o la cubierta de la casa o edificio están dotados de una correcta masa térmica, se constataría un descenso de los máximos de temperatura en el interior de la casa y un registro de las ganancias de calor en la noche. La incorrecta disposición de masa térmicas conduce, empero, al ascenso de las puntas de temperatura. Algo parecido ocurre si se reorienta la planta de la casa en que las masas térmicas de las paredes se hayan repartido en función de una orientación concreta. En la figura se verá que el muro este carece de inercia térmica (desfase 0 hrs.) para no contribuir a un sobrecalentamiento en el curso de una jornada de mucho sol.

El desfase depende de la capacidad térmica de la conductividad térmica y del espesor (es decir de la masa) del material, la tabla # proporciona los valores de desfase calculados para

distintos tipos de materiales homogéneos bajo la forma de pared de 30 cm. Cuando se trata de paredes homogéneas, el desfase se calcula con facilidad, por ser directamente proporcional al espesor.

El valor de desfase plantea mayor dificultad en las paredes compuestas, por cuanto la localización del aislamiento térmico o los huecos juegan un papel esencial. Las características térmicas y el valor de desfase para paredes compuestas se encuentra en la tabla #.

La masa térmica de los materiales se ha empleado mucho en la construcción tradicional de fábrica maciza de ladrillo. Resulta ser una técnica de economizar energía sencilla y apenas costosa que por lo general se olvida en la construcción moderna. A este respecto, los fabricantes de materiales de albañilería podrían rendir información de mucha utilidad.

El desfase se calcula según la siguiente fórmula :

$$H = 1.4 \times m \times \frac{\text{capacidad}}{\text{conductancia}}$$

H = desfase  
m = grueso del muro (mts)

### COEFICIENTES DE CONVECCION

SUPERFICIE AL AIRE EXTERIOR	
velocidad del viento m/seg. 12 km/h o menos (3.33 m/seg o menos)	23.3
velocidad del viento 5 m/seg 18 km/h o menos (5 m/seg)	29.1
velocidad del viento 24 km/h o menos (6.67 m/seg o menos)	9.3

### SUPERFICIE VERTICAL INTERIOR 9.3

SUPERFICIE HORIZONTAL INTERIOR	"K" WATTS/M2 °C M
flujo hacia abajo	7.0
SUPERFICIE HORIZONTAL INTERIOR	
flujo hacia arriba	10.5

### COEFICIENTES DE TRANSMISION

PUERTAS	KG/M3	"U" WATTS/M2 °C/1 M (ESP)
de acero en exteriores		6.4
de acero en interiores		3.49
de madera maciza de 2 a 6.5 cm		2.91
de madera de tambor		1.86
<b>VENTANAS Y TRAGALUCES</b>		
sencillos		6.4
dobles		3.49
triples		1.63
block de cristal de 20 x 20 x10	2000	
al exterior		2.79
al interior		2.33

	KG/M3	"K" WATTS/M2 °C M
tabique rojo al exterior	1500	.87
tabique rojo al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	1500	.77
tabique interior	1500	.70
tabique comprimido vidriado para acabado aparente exterior	1800	1.28
tabique ligero con huecos	800	.58
tabique ligero con recubrimiento impermeable por fuera	950	.52
tabique ligero al exterior	900	.81
tejado de asbesto	1800	.22
placas de asbesto cemento	1800	.58
siporex al exterior con recubrimiento	660	.21
siporex al interior	660	.19

en espacio seco		
concreto armado	2400	1.74
concreto pobre al exterior	2200	1.28
concreto ligero al exterior	1250	.70
concreto ligero al interior	1250	.58
tepetate o arenisca calcárea al exterior	1100	1.05
tepetate o arenisca calcárea al interior	1100	.93
adobe al exterior	1400	.93
adobe al interior	1400	.58
embarro (paja y carrizo)	1200	.47
granito, basalto	2600	3.49
pedras de cal, mármol	2600	2.44
pedras porosas como arenisca y la caliza blanda o arenosa	1800	
agua	1000	.58
aluminio	7800	46.52
bronce	2675	210.75
hierro galvanizado	1500	46.52
plomo		33.96

### RELLENOS Y AISLAMIENTOS

tezonle como relleno o terrado seco	1300	.19
relleno de tierra, arena o grava expuestos a la lluvia	1700	2.33
terrado seco en azotea	1200	.58
arena seca, limpia	1600	.41
senica de carbón seco	700	.23
siporex despedazado seco	400	.15
escoria seca	150	.09
aserrín relleno seco	120	.12
aserrín relleno empacado seco	200	.08
bolas de plástico celular, empacado seco	10.20	.06
virutas como relleno		.08
masa de magnesia, seca	190	.06
fibra de vidrio 6 micras	15.10	.05
fibra de vidrio 20 micras	4.20	.05
lana de escoria	35.20	.05
lana mineral	3.20	.05
plástico celular de poliestireno	15.30	.04
cartón ruboide con brea	1200	.23

cartón ruboide como aislamiento		.16
cartón corrugado seco	40	.05
piso de corcho comprimido	500	.08
placa de corcho expandido seco	210	.05
placa de paja comprimida seca	300	.09
celotex	350	.08
fibracel duro seco	350	.08
fibracel poroso	600	.08
hulespuma	20	.04
perlita	65	.04
poliestireno placa	15	.04
poliuretano espuma	30	.03
poliuretano placa rígida	30	.02
vermiculita	100	.07
algodón seco		.05
viruta prensada	400	.16
aire espacio mayor a 10 cm	1.2	9.3

### ACABADOS

azulejos y mosaicos	2000	1.05
aplanados con mortero de cemento al exterior	2000	.87
aplanado de cal al interior	1500	.70
terrazos y pisos de mortero de cemento	2000	1.74
yeso	1500	.70
mortero con vermiculita	500	.18
encalado	1800	.81
tablaroca (yeso cartón)	950	.16
linoleo	1200	.19
cloruro de polivinilo expandido	25	.04
plexiglas	1200	.20

Aislamiento térmico y acústico de los edificios, R.M.E. Diamant Editorial Blume

### NOTAS :

1.- Los coeficientes de conductividad "K" están expresados en watts por metro cuadrado y por grado centígrado de diferencia de temperatura, para un material de un metro de espesor.

2.- Los coeficientes de transmisión "U" y los de convección "F" están dados en watts por metro cuadrado y por grado centígrado de diferencia de temperatura.

3.- Para convertir de watts a Kcal/hr, habrá que dividir los watts entre 1.163, siendo que un kelvin es igual a un grado celcius °C

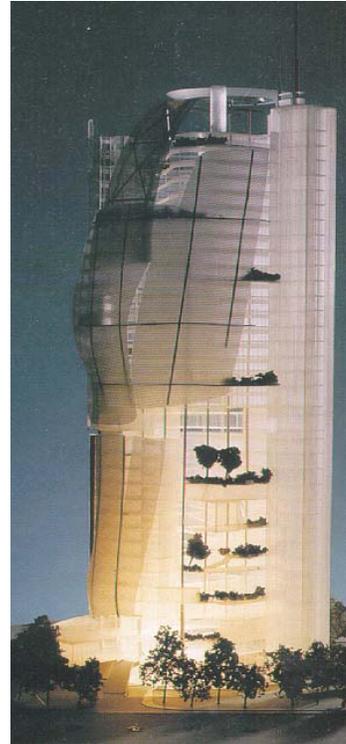
4.- El coeficiente de conductividad “K” expresado en watts/m<sup>2</sup> hr, °C M dividiendo el coeficiente “K” entre .144 se obtiene BTU/pie<sup>2</sup> hr °F Plg

5.- El coeficiente de transmisión “U” y los de convección “F” que estén en watts/m hr °C para convertirlos a BTU/pie<sup>2</sup> hr °F, habrá que dividirlos entre 5.678

### TORRE ARMOURY, SHANGAI, CHINA

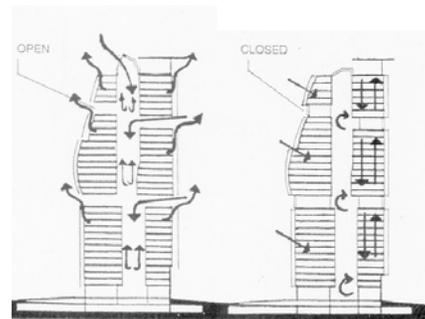
Un prototipo para poner en alto el despertar de los edificios ecológicos, es la Torre de usos mixtos en Shanghai, sugiere los caminos de unión en los que la naturaleza refiere con la viabilidad comercial.

Kenneth Yeang es bien conocido por sus experimentos con torres propiamente ecológicas, 93 y 94 de entonces a ahora no ha construido nada más alto que 15 pisos pero en esta nueva propuesta para Shanghai tiene 36 pisos y más allá de la altitud contiene estas ideas bioclimáticas fomentándolas más que antes, ambas en escala y complejidad esto sugiere la extrapolación de las ideas a las altas estructuras pensadas por muchos que son imposibles de realizar sin la totalidad del aire acondicionado en ellas. Yeang no sugiere que el aire acondicionado sea quitado por completo pero para este propósito suavizaremos la necesidad de ello y de aquí reduciremos el uso de combustibles y la producción de dióxido de carbono; la Torre con cuartos de hotel coronado por oficinas, con un salón de exhibiciones y auditorio para 300 personas entrando en los niveles 17 y 18. Es este uno de los pilares en edificios urbanos en cuyas funciones son concentrar uno sobre otro la clase que acostumbra dar a Hong Kong su vitalidad.



31

Shanghai tiene un clima marítimo con tranquilos inviernos fríos y veranos calientes, el cambio de temperatura puede ser controlable por el sistema mecánico de ventilación para minimizar la pérdida de energía en exhaustivos periodos extremos.



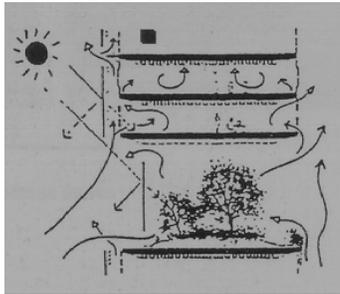
32

Masividad e insolación serán usados para explotar las espirales térmicas. Una doble fachada con persianas horizontales movibles entre capas que moderarán el clima interno proveídas de insolación por una cubierta de acero en invierno y un efecto aislante en verano en la que sus ventanas podrán ser abiertas (la piel exterior actúa como un modificador solar) en verano, primavera y otoño el

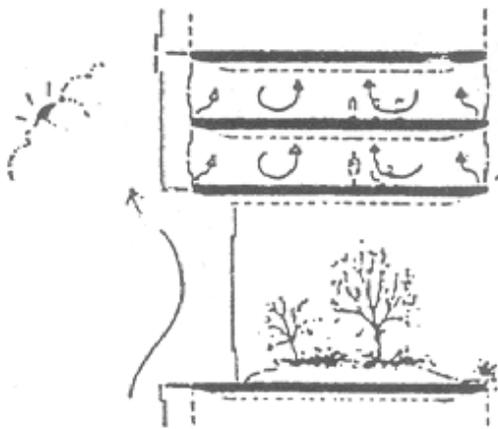
<sup>31</sup> maqueta de torre Armoury, Shanghai China

<sup>32</sup> circulación de aire dentro del edificio

atrio vertical central arbolado (de aquí oxigena todo el edificio) las cortinas de cielo que proveerán el control de energía ambiental, actuando así como una chimenea térmica asistida por el efecto Venturi y aunado a la ventilación cruzada en el corredor del hotel y oficinas. Un gran rompevientos externo desviará los vientos fríos del noroeste en invierno y en esta estación la piel del edificio prevendrá el comienzo de la pérdida de temperatura.



33



34

La Torre Armoury esta diseñada a hacer una evocativa remembranza de la armadura tradicional militar china, por momentos las pantallas metálicas refieren una armadura, los paneles solares en lo alto un casco y Yeang piensa “las escaleras están planeadas para sugerir un arma, el edificio dice, es un intento de crear un icono moderno urbano para que los clientes marchen progresiva y valientemente hacia el siglo XXI”.

## CONCLUSIONES

Podemos concluir que los sistemas pasivos de climatización son de gran ayuda para mejorar el ambiente que nos rodea, de manera natural e inteligente ya que por su sencillez nos

permite entender la naturaleza y aprovecharla estando en un ambiente más ecológico aunado a esto con sistemas inteligentes que nos permitan medir exactamente las condiciones de humedad y temperatura, accionando los componentes de apertura y cierre.

Con los sistemas pasivos de climatización si no se puede satisfacer las necesidades de confort de un lugar ayudan grandemente a bajar los costos de acondicionamiento de aire (calefacción, aire acondicionado.) y gastando menos energéticos (luz, gas, petróleo.) pero si le agregamos los sistemas inteligentes (que lo único que trabajarán será esa diferencia que faltaría de confort) se llegaría a un ideal: el gasto justo de energéticos.

Podemos decir que en la mayoría de los climas en México debido a que son climas agradables los sistemas pasivos no son muy conocidos por los arquitectos mexicanos pero estos sistemas si son reflejados por la arquitectura vernácula del país y si podemos hacer edificios “biointeligentes” una nueva opción tendremos en puerta.

La tecnología avanza a pasos agigantados propiciando grandes cambios en todos los aspectos y la arquitectura no esta fuera de este contexto, el “edificio biointeligente” por su concepción ofrece una nueva visión y por ende nuevas necesidades de construcción dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Factor innovación
- Expresión plástica
- Respuesta al contexto
- Percepción espacial
- Arquitectura ecológica y sustentable
- Relación usuario edificio
- Actualización de reglamentos locales e internacionales
- Originalidad y creatividad
- Entorno y ubicación
- Espacios y flexibilidad
- Visión prospectiva

El factor innovación estará dado por la actualización constante que le demos a los sistemas que intervendrán dentro de nuestro espacio inteligente.

La expresión plástica que se le otorgue al edificio es infinita porque con los nuevos materiales, los sistemas, la flexibilidad de espacios; el espacio interno se puede modificar las veces que uno quiera en el menor tiempo al más bajo costo.

<sup>33</sup> circulación de aire en el verano

<sup>34</sup> circulación de aire en el invierno

La respuesta al contexto será el reto que tendrá que afrontar el arquitecto porque dentro de las aportaciones fundamentales, formales y tecnológicas que ofrece el edificio lo tendrá que ubicar en su entorno y darle importancia en su contexto histórico.

Las percepciones espaciales tendrán que ser explotadas al máximo por ser un producto de tecnología, la volumetría, el color, materiales deben de estar de acuerdo a la respuesta que se quiere dar; sin olvidar las proporciones modulares que se necesitan para poder ser flexible.

de construcciones al arquitecto hoy en día debido a las nuevas opciones de elementos a conjugar con la seguridad de que las respuestas arquitectónicas ofrecerán una nueva alternativa en el mercado de la construcción.

Su entorno por tanto debe de estar en función de este mercado al que se quiere conquistar dándole espacios flexibles de adaptabilidad a cualquier usuario a bajos costos y al menor tiempo posible, debido a lo dicho con anterioridad; esto como conclusión nos enfrenta a un futuro interesante lleno de retos pero con mayores beneficios.

El edificio tiene que estar planeado con la naturaleza y no contra ella, acercarse a ella y no rechazarla sus impactos ambientales, visuales y psicológicos deben de ser mínimos. Y por ende estar diseñado para el usuario que será el que haga uso de él.

Originalidad y creatividad ofrece este tipo

## CAPITULO IV ARQUITECTURA SUBTERRÁNEA

### La Caverna

"Y arrastrado por un ardiente deseo, e impaciente por ver la gran cantidad de formas diversas y raras creadas por la habilidosa naturaleza, estuve un buen rato dando vueltas entre las sombrías rocas, hasta que me encontré en la boca de una gran caverna ante la que me quedé un tanto confuso, pues ignoraba de qué pudiera tratarse, y allí permanecí con la cintura arqueada, la mano izquierda apoyada en la rodilla y la derecha a modo de pantalla ante las fruncidas cejas, y volviéndome varias veces a uno y otro lado para ver si allá adentro podía vislumbrar algo, lo que me impedía la grande oscuridad que allá adentro reinaba. Estuve algún tiempo hasta que de pronto surgieron dos cosas a la vez; temor y deseo; temor por lo amenazador y oscuro de la gruta, y deseo de ver si allá dentro había alguna cosa maravillosa".

Leonardo Da Vinci

### ARQUITECTURA TROGLODITA

Las cavernas constituyeron el punto de partida de la Historia de la Arquitectura; después de todo, se trata de los primeros refugios del ser humano. Sin embargo, las moradas cavernícolas resultaban de un proceso de creación natural, los hombres primitivos efectuaban muy pocas modificaciones a las formaciones permanentes. El siguiente eslabón de la cadena nos permitirá vislumbrar el verdadero arranque del proceso transformador: la Arquitectura Troglodita. La caverna, más que hogar o morada, se utilizaba como una guarida. De hecho, las ocupaba esencialmente en invierno y cuando se le presentaban fenómenos climáticos adversos. La aparición de la vivienda como hábitat cotidiano es ulterior. Para esto, se requirió del desarrollo de la agricultura.

La arquitectura troglodita fue la primera respuesta al problema de la morada dentro de los nuevos parámetros de la vida sedentaria, determinada por la organización social del trabajo que impone la agricultura. Conforman el hábitat troglodítico un conjunto de viviendas: se trata de una arquitectura de comunidad. Esta etapa histórica de la arquitectura se caracteriza por la edificación

subterránea. Sería correcto decir que el hombre, apoyado en la agricultura y en la domesticación de los animales, emergió de las cavernas para construir sus casas bajo tierra; con la salvedad de que las viviendas trogloditas resultan del aprovechamiento de cavidades naturales o de una excavación voluntaria. El hombre crea, transforma y altera el medio físico para procurarse bienestar. La gran diferencia entre la guarida cavernícola y la morada de los trogloditas salta a la vista: en las segundas, el hombre se acoplaba, sí pero también modificaba, creaba al perforar las entrañas de la tierra. Cuando el Hombre de Cro-Magnon habitaba una caverna, simplemente la ocupaba; cuando los primeros hombres sedentarios excavaban sus moradas, al habitarlas establecieron una relación simbiótica con el medio.



35

Las razones que impulsaron al hombre a desarrollar la técnica de la vivienda enterrada se intuyen con facilidad. En primer lugar, tenemos el factor clima: las construcciones trogloditas ofrecen una extraordinaria respuesta a las zonas de climas extremos, gracias a la masa térmica (tierra) que

---

<sup>35</sup> Cuevas esculpidas en roca

forma la propia edificación; la temperatura favorable para el hombre se mantiene relativamente constante. En segundo lugar, la morada subterránea segura un excelente refugio, estratégicamente hablando. Hasta aquí, los motivos que tuvo el hombre para excavar la tierra fueron los mismos que hace que algunos animales cavén sus guaridas, como por ejemplo las hormigas, los topos, conejos. Por último, hay que tomar en cuenta razones de índole estructural y religioso, así como la inercia biológica a refugiarse bajo tierra.

Bernard Rudofsky afirma que el más claro imponente modelo de arquitectura troglodita es el de la antigua colonia de monjes y religiosas de Capadocia, en las montañas de Turquía. Este paisaje se produjo por la erupción de dos volcanes, cuya lava, al endurecerse, formó una piedra porosa llamada tufa. Al paso de los años, el viento y el agua fueron erosionando la tufa hasta crear las formas fantásticas que aprovecharon los monjes para excavar sus viviendas.

Se puede decir que las viviendas de Capadocia son de una sola pieza; para ello, sus moradores moldearon en la piedra, no sólo las habitaciones, sino los muebles y ornamentos de las mismas. A principios del siglo VIII cuando la colonia de Capadocia comenzó a esculpirse, los árabes avanzaban hacia Occidente, de ahí que los religiosos cristianos buscaran protegerse de la furia de la Guerra Santa, internándose bajo tierra y esculpiendo lo que el propio Rudofsky llamó rascasuelos. Por ejemplo, en Derinkuyo y Raymakli, estos rascasuelos llegaron a tener hasta diez niveles bajo tierra.

Vale la pena señalar la mina de sal de Weiliczka, en el territorio de lo que hoy es Polonia, en donde un laberinto de túneles de cerca de cien kilómetros y treinta metros de profundidad, albergó una ciudad forrada por pilares, arcos y bóvedas de roca calcárea dura y brillante como el cristal.

En el norte de China, particularmente en las provincias de Shensi, Shansi, Kansu y Honann, se han construido ciudades completas bajo tierra. Los chinos encontraron en las viviendas enterradas la solución a la escasez de tierras de cultivo. La lógica resulta sencilla: si falta tierra para la agricultura, no conviene ocupar la disponible en construcción de viviendas; los valles y planicies se dedicaron únicamente a la labranza, los

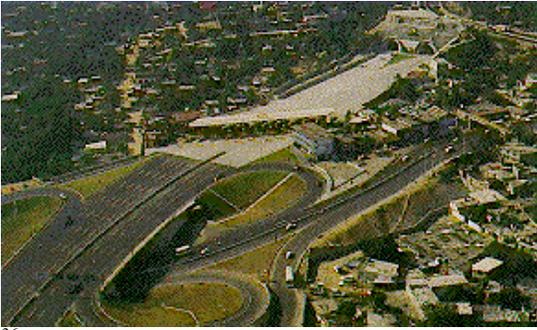
campesinos excavaron sus moradas. Así, aldeas enteras pasarían desapercibidas, si no fuera porque uno ve salir humo de los cultivos, y al acercarse se distinguen las chimeneas, los patios abiertos y las escaleras.

Los patios abiertos poseen gran importancia, el sol prácticamente no alcanza el fondo y se goza de una temperatura fresca, igual a la que presenta a esas profundidades. En ese patio se cocina, se come, se trabaja y se recolecta el agua en aljibes. Actualmente, en algunos lugares la misma (lógica ha impulsado a la construcción bajo tierra. Encontramos un ejemplo en la Costa Azul, donde lo costoso del terreno determina la construcción subterránea, para lo cual generalmente se cava un tiro profundo que opera como el centro de la vivienda. Otra ventaja de este tipo de construcciones consiste en que la morada no rompe con el paisaje natural. La arquitectura camuflada presenta ventajas como el cambio de fachadas según la estación del año.

Imaginémonos ciudades completas subterráneas; fábricas, tiendas, cines, oficinas, edificios públicos, viviendas...; en pocas palabras, metrópolis modernas. Ahora bien, si contemplamos el alarmante problema demográfico y ecológico actual, estas ciudades se presentan no sólo como curiosidad arquitectónica, sino probablemente como soluciones más viables al problema de la habitación en el futuro.

## **EL TUNEL INTERURBANO DE ACCESO A ACAPULCO**

El planteamiento fue realizado por el Gobierno del Estado de Guerrero, el municipio de Acapulco, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes e Ingenieros Civiles Asociados (ICA), con la finalidad de dar solución a la compleja problemática vial de llegada a este puerto, difícil por su orografía y sus cadenas de montañas, por constante crecimiento poblaciones y por el intercambio de bienes y servicios para el desarrollo de las actividades económicas de la región.



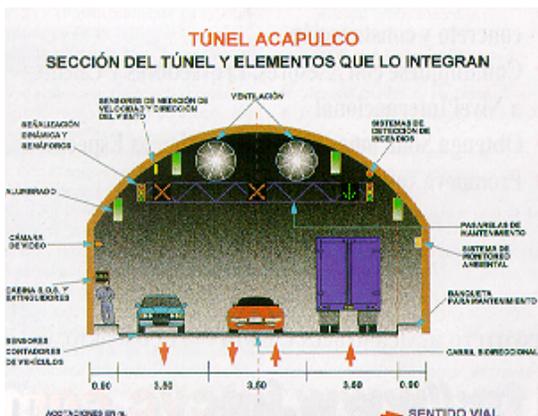
36

El proyecto integral contempla la construcción de túneles gemelos, de sección portal con tres carriles de circulación cada uno. Desde noviembre de 1996 está en operación la primera etapa, consistente de uno de los túneles, así como las vialidades y entronques

correspondientes. En el futuro, cuando el aforo lo justifique, se realizará el segundo.

Con este túnel, ejecutado en su totalidad con tecnología 100% mexicana desarrollada por ICA, se han generado muchos beneficios a los guerrerenses y a la propia ciudad de Acapulco, lo cual se ha reflejado en la gran afluencia de visitantes nacionales e internacionales a sus playas e instalaciones recreativas.

El túnel facilita el acceso de vehículos locales y foráneos, con un ahorro en tiempo mayor a los 15 minutos, y en recorrido de más de 5 kilómetros.



37

Aspectos generales: El túnel interurbano tiene una longitud de 2947 mts., y fue excavado en roca ígnea y metamórfica. Esta diseñado con una sección de tipo herradura con una base de 12.30 mts. y 5.50 mts de altura libre, y fue revestido en su totalidad con un acabado de concreto hidráulico para garantizar mayor estabilidad y, por ende, seguridad.

Los accesos y entronques en ambos lados del túnel totalizan 5000 mts. de vialidad e incluyen 6 puentes en el lado Farallón y 2 en “Las Cruces”. La llegada de los vehículos procedentes de las carreteras libre y de cuota, así como de los propios habitantes de la colonia Renacimiento, se agiliza mediante un entronque tipo trébol de tres gasas.

Durante los trabajos de construcción, la excavación en la zona de los portales se soportó provisionalmente con marcos metálicos, así como en el resto del túnel se resolvió con anclas de fricción y concreto lanzado.

Los procedimientos para incrementar los rendimientos, tanto en la excavación como en el revestimiento del túnel, fueron característicos de este proyecto. Los tiempos de avance para la excavación se mejoraron con la ayuda de máquinas jumbo hidroeléctricas equipadas con tres brazos, únicas en Latinoamérica. Asimismo, se utilizó equipo Robojet para el lanzado del concreto por vía húmeda en el proceso del tuneleo.

Una de las etapas críticas se superó por medio de la sustitución de malla electrosoldada (difícil de maniobrar) por fibra metálica que sirve como refuerzo para el concreto, en las cavidades que dejaba la voladura.

Otro aspecto innovador fue el revestimiento por medio de un sistema de cimbras Brasform, que permitió colar todo el túnel a través de 3 frentes de trabajo en tan solo 18 semanas.

En el campo del trabajo topográfico se emplearon dos distanciómetros electrónicos y un perfilógrafo, apoyados con equipo de computo. Con ello los trazos se realizaban oportunamente y con mayor precisión. Asimismo, se usó una estación topográfica semimovible, equipada con rayo láser, a partir de la cual se trazaba la cuña en el frente de barrenación, que representaba el punto de partida para la distribución de todos los barrenos del frente de excavación.

36 vista aérea del maxitunnel en Acapulco.

37 sección del túnel y elementos que lo integran

La ejecución de los trabajos de construcción corresponde a los parámetros establecidos por la ISO 9000, con lo cual además de reducirse la necesidad de supervisión externa, se asegura la calidad del proyecto.

Impacto ambiental: La construcción del túnel se realizó en 2 años, y durante este tiempo se incorporaron al proyecto los principales criterios ambientales, con la finalidad de reducir los posibles perjuicios al entorno.

El seguimiento y el cumplimiento de las condicionantes establecidas por el Instituto Nacional de Ecología (INE), de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), se hizo con base en la Manifestación de Impacto Ambiental del Túnel, así como en la propia resolución emitida en su oportunidad por el INE. Asimismo, se tomaron en cuenta los ordenamientos legales vigentes en materia ecológica, tales como las Normas Oficiales Mexicanas y otras disposiciones de orden local.

Fueron instalados en obra diversos métodos y tecnologías aplicables a la prevención y el control de la contaminación, por ejemplo, en materia de descargas de aguas residuales, reuso del agua, emisiones a la atmósfera, control de ruido y vibraciones, ambiente laboral, movimiento de tierras y manejo integral de los residuos sólidos y peligrosos.

En el ámbito socioeconómico los impactos han sido positivos e irreversibles. Entre otros aspectos, la construcción generó 3500 empleos directos y 1500 indirectos durante 2 años, aunado a los cien locales que están ligados a la operación del túnel durante su periodo de concesión, con los consecuentes beneficios a la región.

Operación y mantenimiento: En conjunto, las instalaciones y servicios que garantizan seguridad y confort a los usuarios están resumidos a continuación:

- Circuito cerrado de t.v. para el monitoreo del usuario desde su entrada hasta su salida del maxitúnel
  - Señalamiento dinámico con señales de tránsito
  - Sensores de movimiento vehicular
  - Sistema de iluminación
  - Sistema de ventilación
  - Equipo de emergencias
- Teléfonos S.O.S.

Sistemas contraincendio

Equipo de rescate

Servicio de grúas las 24 hrs.

- Sensores de nivel de contaminantes
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Sistema de cobro mediante tarjeta electrónica, con lectura
- Sistema de registro vehicular
- Sensores metálicos para el control de peaje en casetas.

El señalamiento dinámico está apoyado por el sistema de circuito cerrado, que funciona de acuerdo con las condiciones del tránsito en el interior del túnel, incluso si hay alguna eventualidad. A los usuarios se les ofrecen indicaciones claras y precisas con relación a los carriles por donde deben circular, la velocidad permitida y los servicios de emergencia. Este sistema se apoya en los sensores de movimiento vehicular, con los cuales se determina la cantidad del flujo y así se puede orientar el tránsito a los carriles de menor circulación.

El sistema de iluminación artificial funciona con lámparas de vapor de sodio. La intensidad de las luces varía durante el recorrido, con el propósito de que los ojos del usuario se adapten gradualmente al cambio de luminosidad. Se mantiene mediante cuatro estaciones y cuatro subestaciones eléctricas.

La ventilación inducida se controla mediante 24 ventiladores tipo turbina de flujo reversible, colocados cada 500 mts. para la renovación del aire. Para ello, existe un monitoreo permanente de las concentraciones de monóxido de carbono (CO), con lo cual se garantiza mantener una buena calidad del aire, con base en los parámetros preestablecidos. El sistema contra incendios se localiza en nichos cada 300 mts, conformado con hidrantes, palancas de alarma y extinguidores. El suministro de agua es mediante una cisterna colocada en la cima de la montaña.

Asimismo, fueron considerados los principales aspectos ambientales para este tipo de proyectos, se instalaron equipos de medición de temperatura, la dirección del viento y las partículas suspendidas totales para medir la visibilidad. Tales equipos ofrecen nuevos criterios para llevar a cabo la operación y el mantenimiento del túnel, propician ahorros importantes en términos de energía y garantizan al personal de la empresa la seguridad durante las actividades de

mantenimiento. El proyecto se incorpora a la modernidad a través del reto del desarrollo sustentable.

**Aportaciones y beneficios:** Son muchos los beneficios que la construcción, la operación y el mantenimiento del Maxitúnel de Acapulco ha proporcionado al país, pero principalmente a la población de Guerrero de entre las cuales podemos mencionar:

- El 93% de los empleos generados son para habitantes de la localidad y el 7% restante por personas de otros estados

- El traslado de personas desde una zona dormitorio hacia el centro laboral turístico de Acapulco, se hace de manera expedita, segura y eficiente. Esto se debe a que la mayor parte de la mano de obra de Acapulco, que a diario trabaja en las actividades turísticas, vive en la colonia Renacimiento y ahora llega más rápido.

- Se ha reducido la problemática vial del área

- La distribución vial es más eficiente

- Ha mejorado la imagen urbana de Acapulco con su correspondiente trascendencia en el nivel mundial, favoreciendo el turismo nacional e internacional.

- Son considerables el ahorro en tiempo y el menor desgaste de los vehículos

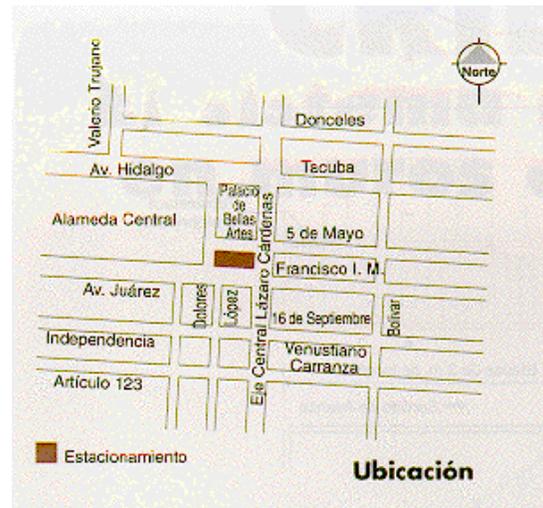
- Se fomenta el desarrollo profesional y tecnológico, mediante la capacitación del personal y el empleo de metodologías limpias y avanzadas.

## ESTACIONAMIENTOS SUBTERRANEOS

El Centro Histórico de la Ciudad de México concentra actividades políticas, económicas, comerciales, culturales y religiosas que provocan una gran concurrencia. En un buen porcentaje los visitantes realizan su viaje en automóvil particular, lo cual demanda áreas para estacionar. Sin embargo todos conocemos las vicisitudes enfrentadas por el conductor para “aparcar” tranquilamente su vehículo.

Por ello, el DDF propuso crear una infraestructura que propiciara el mejor funcionamiento de la ciudad y concursó públicamente la concesión de una serie de estacionamientos subterráneos. Hay dos de gran importancia en el Centro Histórico: el del Palacio de las Bellas Artes, entre la av. Juárez, el eje Lázaro Cárdenas y la calle Angela Peralta, y el otro, en el mismo eje Central, entre las calles de

Rep. de Honduras y Rep. de Perú, bajo la conocida Plaza Garibaldi.



38

Para la realización de ambos proyectos se requirió de estudios profundos sobre los aforos y los accesos y salidas posibles en cada uno de ellos, respetando las arterias viales principales, así como su circulación. La obra de Bellas Artes, de tres niveles, permitió adicionalmente el rescate del diseño original de la plaza concebida por el Arq. Adam Boari e inició sus operaciones en nov. de 1994. Por su parte, Plaza Garibaldi contribuyó a la regeneración urbana de la zona; se inauguró en nov. 1995.

**Plaza Bellas Artes:** El proyecto con 11055 m2 construidos y capacidad para 405 autos- está conformado por medios niveles comunicados entre sí por rampas localizadas en los extremos. Esta solución evitó las columnas intermedias que pudieran obstaculizar el libre paso, con un mayor aprovechamiento del espacio.

Dadas la profundidad y el entorno del estacionamiento, la excavación se hizo dentro de una estructura de contención -a manera de cajón- cimentada sobre una losa de fondo para resistir la presión de contacto y la supresión ejercida por el manto freático.

<sup>38</sup> ubicación del estacionamiento en la ciudad de México

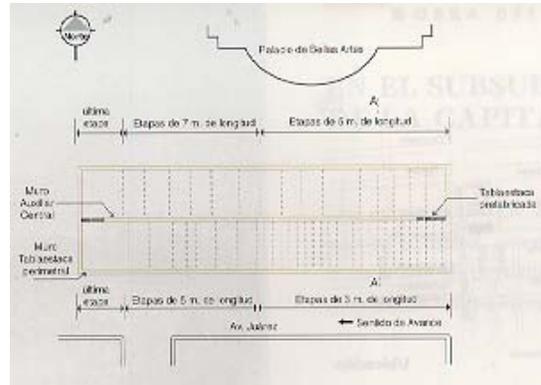


39

El gran cajón de 105 mts de longitud, 32.50 mts de ancho, 14 de máxima profundidad, se confinó mediante muros tablaestaca perimetrales de 60 cm. de espesor colados en sitio.

Durante el diseño geotécnico se llevaron a cabo los análisis de empujes de tierra correspondientes, considerando el comportamiento de dicha estructura durante el proceso constructivo y a futuro. Asimismo, se efectuaron estudios de compensación de la estructura tomando en cuenta las características de cimentación y de la superestructura de las edificaciones existentes, a partir de los cuales se definieron los espesores de los elementos estructurales.

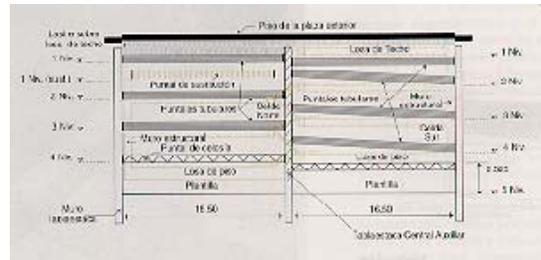
El procedimiento constructivo posibilitó la excavación de dos grandes franjas o núcleos, y facilitó los trabajos en etapas de diferentes medidas. La división de dichos núcleos se logró mediante un muro tablaestaca central longitudinal que, además de funcionar como estructura de contención durante la excavación, se utilizó en la estructura definitiva como apoyo de las losas de entrapiso y techo.



40

Los extremos del muro central longitudinal interferían en la comunicación entre ambas franjas en las zonas de las rampas, por lo que se optó por demoler una pequeña sección en cada extremo.

La losa de fondo es de concreto macizo, con un espesor de 1.60 mts; las de entrapiso son de 65 cm. y fueron construidas en dos fases: en la primera, se colocó una sección doble "T" invertida prefabricada y en la segunda se coló in situ un firme de compresión hasta obtener el espesor diseñado.



41

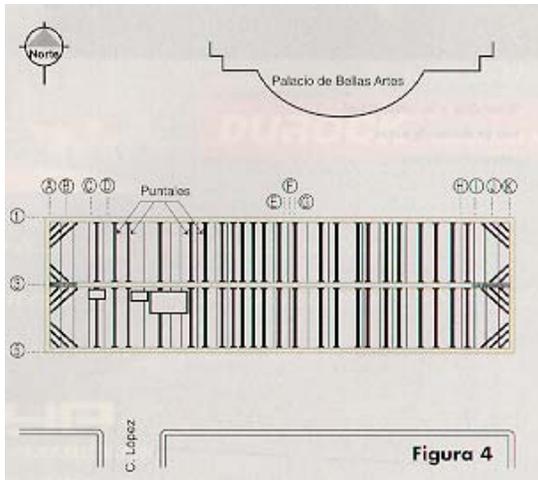
La construcción de los muros de tablaestaca contempló la realización de brocales a manera de guía para la excavación de la zanja en donde se alojaron los muros y para evitar caídas del relleno superficial; la excavación de la zanja del muro mediante la utilización de equipo guiado con lodo bentonítico como ademe temporal; la colocación del armado dentro de la zanja para muros colados en el sitio o del muro prefabricado y el colado del muro prefabricado y el colado del muro tablaestaca, introduciendo el concreto mediante tubo "tremie". El lodo bentonítico usado en la construcción fue una mezcla estable - bentonita sódica y agua- con propiedades controladas.

39 señalamiento de la ubicación del estacionamiento subterráneo

40 sección esquemática en planta

41 sección esquemática en corte

La excavación del estacionamiento se realizó conformando taludes con etapas de 3, 5 y 7 mts. de longitud por el ancho de la celda 16.50 mts. y con el apuntalamiento correspondiente - puntales horizontales a lo largo de las dos celdas y puntales en pata de gallo colineales en los extremos- entre los muros tablaestaca. la estabilidad de dichos taludes se logro mediante una geometría como la mostrada en la figura.



42

El procedimiento generó diferentes condiciones y solicitaciones de estructuración, por lo que el dimensionamiento de la sección transversal se realizó tomando en cuenta cada una de las dos grandes etapas de construcción: el núcleo sur y el norte.

Dichas etapas condujeron a considerar las secciones transversales. La primera de ellas muestra el núcleo sur en donde el muro longitudinal central esta sujeto a empujes laterales de un suelo aún sin excavar y sin la restricción que representan las losas que se debían construir en el núcleo norte, en la figura B se expone la sección completa, pero ahora con la estructura y solicitaciones de ambos núcleos. Los dos modelos de análisis generan la envolvente de diseño de cada elemento.

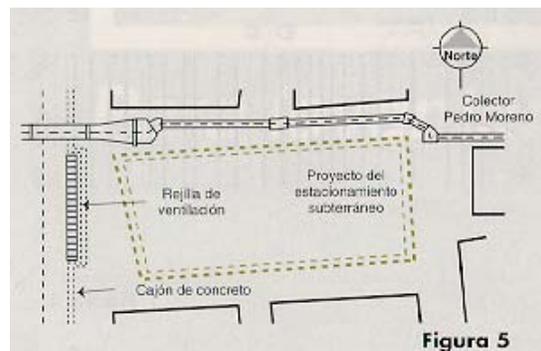
**Plaza Garibaldi:** Este estacionamiento es una estructura subterránea de un nivel, desplazado a una profundidad máxima promedio de 5.85 mts. a partir del plano de piso terminado del lugar. En planta tiene una superficie aproximada de 5600 m<sup>2</sup> -50 x 112 mts- con una capacidad para 299 cajones.

<sup>42</sup> esquema de los apuntalamientos



43

Cuenta con rampas de acceso y salida vehicular, escaleras peatonales, un área de servicio al usuario, una Subestación eléctrica y un cárcamo de bombeo. A la altura de la plaza se ubica un estructura para la estancia y concentración de los músicos y mariachis y una zona con estatuas, la rotonda de las celebridades.



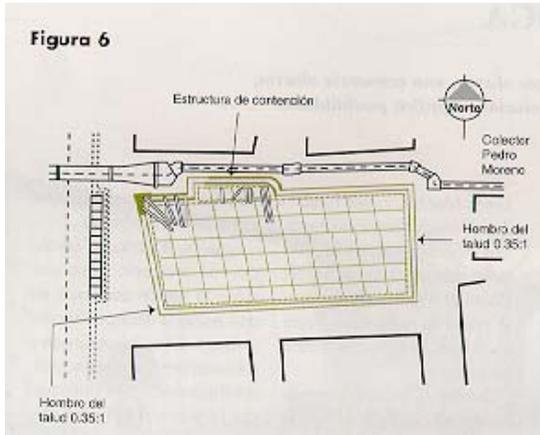
44

Estructuralmente está constituido por un cajón estanco de concreto, con una losa de fondo de 1.33 y 1.45 mts de espesor, de acuerdo con el caso, una losa de techo de .80 m., muros perimetrales de 0.60 m de grosor y columnas interiores de sección rectangular.

Debido a la cercanía de la línea 8 del metro - específicamente un cajón de concreto y una rejilla de ventilación del tramo Bellas Artes- Garibaldi- y del colector Pedro Moreno, de 1.83m de diámetro interior - el cual cruza perpendicular el Eje Central-, se revisó concienzudamente el proyecto para así garantizar la estabilidad y operación correcta de las edificaciones adyacentes.

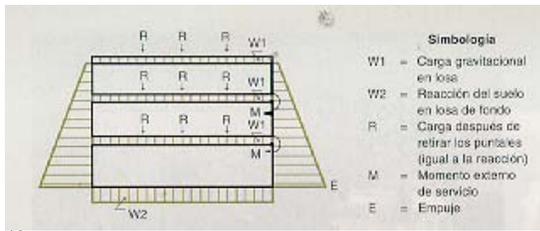
<sup>43</sup> croquis de ubicación en la Ciudad de México

<sup>44</sup> sección de la excavación a realizar



45

La excavación que alojó la estructura del estacionamiento se realizó a cielo abierto y esta conformada por taludes con inclinación 0.35:1 (horizontal a vertical) en la mayor parte de su perímetro, y por una estructura de contención en ciertas zonas donde la proximidad del paño exterior con los paramentos de las construcciones cercanas y el colector Pedro Moreno así lo requirieron. Los trabajos fueron hechos por etapas sucesivas, a partir de los requerimientos de las actividades de la plaza, la cual siempre permaneció activa.



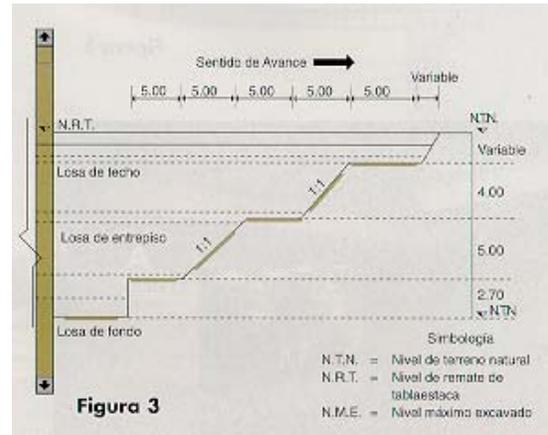
46

Con el fin de evaluar la respuesta y comportamiento del suelo y las construcciones adyacentes - algunas de ellas catalogadas como patrimonio cultural e histórico de la ciudad de México- y, en su caso tomar las medidas preventivas correspondientes, en ambas obras se instalaron diversos controles.

En la Plaza Bellas Artes se ubicaron algunas referencias superficiales sobre el pavimento alrededor de la excavación. También, se colocaron palomas para el control de movimientos verticales y medición de desplomes en los edificios próximos al estacionamiento, sobre la avenida Juárez y el Eje Central.

45 colocación de estructuras de contención  
46 esquema de reacción de cargas

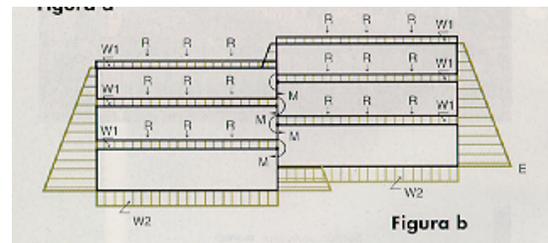
Asimismo, se emplazaron dos estaciones piezométricas y dos inclinómetros en los muros de las celdas, en los costados del estacionamiento, para medir los desplazamientos horizontales y asociarlos a los movimientos que se pudieran presentar en la superficie.



47

En Plaza Garibaldi, el control de los posibles movimientos verticales de la losa de fondo, debida a la respuesta elástica del subsuelo excavado, se realizó topográficamente mediante la nivelación de 4 puntos ubicados en las esquinas de la losa durante la etapa de excavación.

Las deformaciones máximas promedio registradas fueron de 5 a 6 cm de asentamiento, lo cual se atribuye a la recuperación de la expansión elástica del suelo.



48

adicionalmente se colocó una estación piezométrica a una profundidad de 8.80 mts y se perforó un pozo de observación del nivel freático.

El control de movimientos verticales en paramentos se efectuó mediante la ubicación de puntos fijos en los parámetros de los edificios próximos (marcas de pintura o palomas) a 1.50 de

47 corte esquemático de terreno  
48 esquema de reacción de cargas

altura desde la banqueta. Dichos puntos así mismo, fueron nivelados periódicamente con aparatos topográficos de precisión para conocer, en todo momento, la posible variación en su elevación.

Para verificar las posibles deformaciones del suelo y su afectación a las edificaciones colindantes, se colocó una placa metálica a manera de ménsula en la parte más alta de la estructura. Periódicamente se medía el desplazamiento horizontal de su proyección en el suelo respecto de la vertical. Las variaciones en este rubro oscilaron entre 0.5 y 1.0 cm. en sentido positivo y negativo respectivamente, lo cual indicó el efecto nulo de la excavación y construcción del estacionamiento sobre los inmuebles aledaños.



49

Las instalaciones cuentan con sistemas automáticos, entre los cuales podemos mencionar : expendedores de boletos, cajas de cobro, control de motores para la extracción de aire, bombeo y cisterna, sistema de iluminación con detectores de falla, sanitarios de acceso controlado y muebles de baño con detectores de presencia, detectores de monóxido de carbono, circuito cerrado de tv y música ambiental.

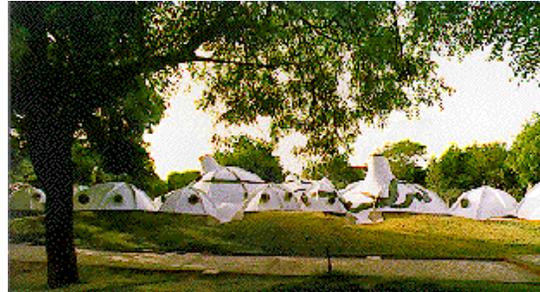
### **CONSTRUCCIÓN DE CASAS SUBTERRÁNEAS Y SEMIENTERRADAS**

Para alcanzar la mencionada continuidad fue necesario utilizar un material moldeable que permitiera jugar con él, como se hizo anteriormente con la plastilina en las maquetas. Aunado a este requisito de plasticidad, era evidente que, al tratarse de una casa, el material debía cumplir con requerimientos que lo llevaran más allá de la masa escultórica. La pesquisa se inició y al poco tiempo no quedaba la menor duda: el ferrocemento era la respuesta adecuada. Este

---

49 vista exterior del estacionamiento

material -origen del concreto armado y por largo tiempo olvidado prometía una estructura monolítica, resistente, moldeable y de gran elasticidad.



50

Continuando con la construcción de la casa, se empezó a colocar el armado del ferrocemento sobre la plantilla similar a una pista para patinetas, conformando un esqueleto metálico (envolvente), en el cual las varillas se dispusieron en forma de anillos, cambiando la altura de acuerdo al espacio. A continuación las varillas se fueron enrollando en espiral.

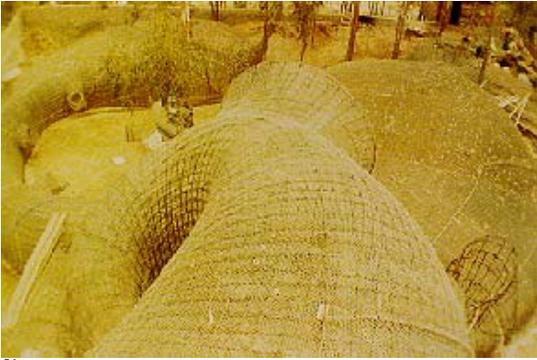
Terminado el armazón, se le fijaron dos" mallas de gallinero trenzadas entre sí, para después lanzar el concreto pobre en agua.

El concreto lanzado a modo de mortero se transporta a través de una manguera flexible, mediante aire a presión, y se proyecta neumáticamente con gran fuerza sobre la superficie, en este caso sobre la malla. La fuerza de chorro hace que el impacto del material lo compacte; aumentando su resistencia aproximadamente un 30%, y logrando de esta manera un cascarón de aproximadamente 4 centímetros de espesor, resistente gracias a su forma, impermeable y fácil de construir.

Posteriormente la cubierta se recubrió con una capa de 3/4 de pulgada de poliuretano esreado, que sirve como aislante e impermeabilizante.

---

50 vista general de casas subterráneas



51

Concluida la obra negra, se pasó a enterrar la vivienda. La idea era que el jardín cubriera la casa, por tanto, se necesitaba tierra fértil. Apoyado en el principio de los bonsáis o árboles enanos (a menos profundidad de tierra fértil, menor crecimiento) se decidió que la capa de tierra fluctuara entre los 15 y 20 centímetros de espesor. De esta manera, el pasto crecería menos y más lentamente, reduciendo así los gastos de jardinería.

La tierra y el pasto protegen la membrana del sol, viento, granizo y del ciclo húmedo-seco, evitando de esta forma las dilataciones causantes de fisuras y por consiguiente de humedad.

La duna verde es la envolvente del volumen interior, el cual es casi invisible. Desde el exterior sólo vemos pasto, arbustos, árboles y flores. Caminar sobre el jardín es caminar sobre el techo mismo de la casa sin darse cuenta.

## MICROCLIMA

Obtener el bienestar psicológico y físico implica considerar un control bioclimático. Para crear o conservar un microclima en beneficio del ser humano, conviene empezar por el exterior, para después seguir con las áreas privadas de la vivienda.

Las barreras vegetales de árboles y arbustos, así como la topografía del lugar, se pueden aprovechar para filtrar e impedir el paso de los rayos solares, proyectando sombras que protegen del calor en verano; también a modo de barreras contra el polvo y el ruido; o para refrescar el ambiente con la evaporación y transpiración de la misma vegetación. Al transpirar el pasto, aumenta la humedad absoluta y relativa del aire cercano a la superficie, lo que produce un

<sup>51</sup> esqueleto metálico cubierto con mallas de gallinero

enfriamiento conductivo. Por eso son preferibles los prados, árboles y arbustos a cualquier tipo de pavimentos, ya que los primeros ayudan a mantener el equilibrio térmico del medio ambiente.



52

Debe entenderse que, las características térmicas en la superficie de las ciudades son totalmente distintas a la de los entornos puramente naturales; la penetración, reflexión y absorción de la luz es diferente.

En las ciudades las formas de edificios, autos, pavimentos..., refraccionan el calor, la luz y el ruido de manera distinta que en el campo. Es importante destacar que la tierra y el sol trabajan juntos para mantener la temperatura estable en el interior de la casa, donde la tierra abraiga y el sol alumbra y calienta.

Las ventanas de la casa se orientaron hacia las mejores vistas, buscando preferentemente el sur para que no falte el sol en invierno; se trata de buscar la luz al igual que lo hace la flor.

Este tipo de casas subterráneas pueden ser más iluminadas y soleadas que una convencional, ya que sus ventanas pueden dirigirse hacia cualquier orientación, y los domos permiten la entrada de la luz y el sol desde arriba. La ventilación se facilita gracias a las formas aerodinámicas de la morada, la cual permite la libre circulación del aire.

Así como la temperatura interna de nuestro cuerpo permanece estable, aunque la temperatura exterior cambie, en las casas enterradas sucede lo mismo. La tierra actúa como moderador en las variaciones de la temperatura,

<sup>52</sup> vista exterior ya terminada

propiciando que los efectos de enfriamiento y calentamiento sobre la tierra no fluyan de manera inmediata hacia la casa, sino hasta estaciones encontradas; esto significa que la tierra que está alrededor de la casa llegará a calentarse cuando llegue el invierno y enfriará al nacer el verano, razones por las que la casa mantiene una temperatura constante de 18° a 23° centígrados durante todo el año; por tanto, es caliente en invierno y fresca en verano. La evotranspiración del pasto, plantas y árboles le añaden frescura y oxigenación al ambiente de la casa; así pues, evitan la resequeidad, la filtración del polvo así como la contaminación.



53

En este microclima se conserva tanto en verano como en invierno una humedad relativa promedio entre 40% y 70%, evitando trastornos y enfermedades respiratorias de los moradores.

## INTERIOR DE LA VIVIENDA

El acceso a la vivienda se realiza por la boca de un caracol, en donde se ubicó un periscopio que permite ver desde la cocina a la persona que toca la campana. Al abrir la puerta, se encuentra un nicho para dejar los zapatos al estilo oriental.

El suelo de la casa está cubierto por una alfombra de color arena, con la idea de identificar la morada con la tierra. Este mismo color se le dio a los muros y al techo a fin de lograr una continuidad cromática.

Al interior de la morada se accede bajando por el caracol que conduce al túnel; de ahí al espacio de estar, comer y cocinar, o al más alejado, que es el área de dormir.

En el estar la ventana curva aumenta la perspectiva visual y tiene un copete encima que sirve como protección de los niños en el jardín, también funciona como un arco o trabe estructural y equivale a las pestañas de los ojos que sirven para protegerse del sol, polvo, viento y lluvia.

Se analizó el origen y la esencia de nuestras necesidades cotidianas y de acuerdo a eso se integró el mobiliario de toda la casa; en la cocina quemadores, tarja, nichos para la despensa; en la recámara más nichos para el guardado de la ropa, mientras que en el baño, los grifos de lavabo y regadera se sustituyeron por sendas cascadas.

En el estar una prolongación de la alfombra sobre un relleno de pequeñas esferas de poliuretano, se amolda al cuerpo de la persona que se sienta.

## LA PRIVACÍA

Al referirnos a la privacidad se puede destacar que este tipo de casas son refugios de distintas clases. Al tener la casa formas libres y estar enterrada ofrece poca resistencia al viento; asimismo se constituye en un refugio antisísmico, que puede ser ejemplificado de la siguiente manera: imaginemos como se comportaría la casa durante un temblor, sería como si llenáramos una caja de zapatos de arena y se le colocara un huevo en el interior, después de tajarla, la movemos bruscamente hacia todos lados, simulando el peor terremoto de la historia. Al sacar el huevo nos daríamos cuenta que su estructura ha quedado intacta, aunque en su interior quizás clara y yema estén revueltas.

Inclusive si un árbol alto y pesado llegara a caer sobre la casa subterránea, no la afectaría en su estructura, ya que la tierra amortiguaría el impacto. También el pasto y la tierra protegen a esta guarida de incendios en el exterior, y en el interior la estructura de ferrocemento es prácticamente incombustible. Asimismo, la tierra es un magnífico aislante acústico, pues reduce en el interior el ruido de aviones y automóviles.

## ECONOMÍA

Por último, observamos algunas de las ventajas económicas que le son propias a este tipo de construcciones, pensando que la arquitectura orgánica puede ser una respuesta viable al grave problema de la falta de vivienda.

---

53 vista exterior en construcción

Comparativamente hablando, la estructura de ferrocemento con doble curvatura (cascarón), necesita únicamente una tercera parte del material de construcción empleado en una casa convencional, la cual requiere de unos 15 centímetros de espesor en muros, pisos y techos, mientras que la de ferrocemento sólo requiere de 4 centímetros y el mortero aplicado puede considerarse como el acabado base para la pintura, mientras que en el sistema tradicional hay que recubrir los tabiques y losa con el mismo mortero o yeso.

Además, encontramos un ahorro sustancial en la cimentación (generalmente, la cimentación cuesta aproximadamente el 30% del total de la estructura). El cascarón de ferrocemento trabaja repartiendo todos los esfuerzos sobre el terreno, por lo que la cimentación en sí equivale al firme armado de una construcción convencional, con la ventaja de tener una mayor capacidad de transmisión de las cargas, tanto por su forma como por ser una estructura monolítica.

Por otro lado, tampoco se requiere de cimbra para colar. Podemos valorar la importancia de esto si recordamos que los cascarones de concreto armado se dejaron de construir a finales del siglo XX en parte por el alto costo de la cimbra -material y mano de obra-, que representaba cerca del 50% del costo total de la obra.

Señalemos también que este tipo de formas incrementan la superficie utilizable, si se equipara con el mismo perímetro de una casa ortogonal. Tomemos el círculo y la esfera; estas formas aportan un espacio interior máximo con un exterior mínimo (aproximadamente el 27% más de superficie y volumen) en relación al cuadrado y al cubo respectivamente.

Además, si quisiéramos contar con un jardín de las dimensiones que la construcción semienterrada permite, en una casa tradicional tendríamos que disponer de otro terreno con todos los gastos que ello implica; costo del terreno, escrituras, bardeado, y el constante pago del impuesto predial.

Hay que decir que el microclima generado además de las ventajas implícitas ya señaladas, representa en lugares de climas extremos un ahorro importante de energéticos, calefacción y aire acondicionado, aspectos poco apreciados

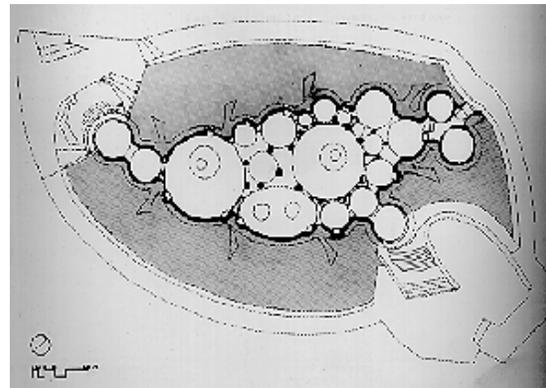
generalmente, pero que en ciudades como Mexicali, Baja California, llegan a implicar que las gentes que perciben un salario mínimo, inviertan cerca de la mitad de su salario en acondicionar climáticamente su vivienda.



54

En el interior de la vivienda, la ausencia de puertas, aunado al hecho de prescindir de los muebles, evita erogaciones importantes. Pero lo más importante, como consecuencia directa de las ventajas anteriores, es que el usuario puede sentirse mejor física y anímicamente.

## PROYECTO LA GUFA



55

Es una galería de arte del notable artista M. F. Hussain, la gufa está localizada en el campus del centro de plantación y tecnología en Ahmedabad, es uno de los primeros trabajos, de acuerdo con Doshi, el diseño emerge del resultado de un sueño que inspiró a crearlo en un ambiente sin uniones, el interior del edificio tiene espacios circulares y elípticos formados bajo tierra que recuerdan los muros de una caverna.

<sup>54</sup> montaje de estructuras prefabricadas para casas subterráneas

<sup>55</sup> planta general, proyecto la Gufa



56

### CONCLUSIONES:

Podemos concluir que la arquitectura subterránea apenas está siendo explorada y por lo tanto nos falta todavía reconocer sus potenciales y que dentro de la industria serán mucho más explotados.

La arquitectura aún está muy lejos de alcanzar a la ingeniería en este campo de las construcciones subterráneas porque suponíamos que en lo subterráneo no entraría la arquitectura.

Sin embargo en esta sociedad donde la falta de espacio ya comienza a ser una constante dentro de las ciudades esta solución conceptual de construcciones subterráneas ha sido un éxito por lo que el camino de este tipo de arquitectura tiene un

camino largo por recorrer y muchas soluciones técnicas que resolver y perfeccionar.

Se ha comprobado que las construcciones subterráneas tienen un subclima mucho más estable que las hace atractivas para lugares con climas extremos, esto puede ser una solución para edificaciones que gastan mayormente sus recursos en la climatización de sus espacios.

También se ha visto que los servicios urbanos subterráneos han sido una buena ayuda para la vista urbana de las ciudades donde la transportación masiva y los estacionamientos no ocupan grandes áreas que pueden ser ahora ocupadas por otras actividades que hacen más dinámica la ciudad.

---

<sup>56</sup> interior del proyecto de galería de arte "La Gufa"

## CAPITULO V

### ARQUITECTURA MARINA Y SUBMARINA

En este capítulo se abordará el tema de la arquitectura que está ligada al mar, y de cómo la cultura del mar ha sido olvidada o poco tomada en cuenta y se mostrará de cómo se pueden resolver proyectos dentro de un ambiente marítimo.

#### **Kenzo Tange, plan de la bahía de Tokio 1960.**

Fue diseñada como antídoto a la explosión demográfica de Tokio y proponía la abolición de la estructura urbana concéntrica según la cual el centro de la ciudad está gradualmente envuelta por anillos de desarrollo suburbano, en esta plaza modelo, Tange previó un plan urbano lineal, basado en un eje que atravesaba la bahía, el eje tendría red de caminos y una estación de ferrocarril subacuática, los servicios de la ciudad estarían localizados en diferentes niveles del eje con plazas peatonales y para estacionamiento a un nivel, en tanto que los edificios de oficinas estarían suspendidos en la parte superior.

Todo el eje estaría planeado con zonas o esferas diferenciando que albergarían diferentes actividades cívicas desde oficinas hasta edificios gubernamentales y centros comerciales en las terrazas situadas en los brazos perpendiculares ramales del eje principal, se localizarían casas habitación,

guarderías integradas, escuelas, estaciones de monoriel convenientemente conectadas.

La ciudad megaestructural de Tange es un de los muchos proyectos modernos japoneses que tratan de utilizar el agua más que la tierra para el desarrollo futuro.

#### **Kiyonori Kikutake, Acúapolis, Okinagua Japón 1973.**

Hacia finales de los años 50 la obsesión del Arq. Kikutake fue la proyección de estructuras flotantes en el agua pero no fue hasta la Expo 73 de Okinawa cuando tuvo la posibilidad de poner en práctica sus ideas visionarias. El gobierno japonés apoyó su exposición "Acúapolis" (basada en un

proyecto de 1973) al presentarla como ciudad prototipo del futuro.

Acuapolis recuerda otro proyecto realizado por el grupo metabolista japonés no solo en cuanto a la confianza de grupos cilíndricos que proporcionan el apoyo estructural y de servicio sino también en la configuración de una plataforma similar a las instalaciones de extracción de petróleo en mar adentro, era una ciudad autosuficiente que abarcaba 2 acres y media de terreno, generaba su propia energía y tenía un sistema de drenaje y de tratamiento de agua de mar, en virtud de que la tierra era escasa en las islas de Japón, la promesa de aprovechamiento de los recursos marinos atrajo a los arquitectos y urbanistas a proyectos enfocados al mar.



57

Esta opción de construir ciudades en el mar. De hecho no es nueva, como hemos visto en 1958, el japonés Kiyonori Kikutake diseñó Marina City; en 1960, el proyecto Movandah pretendía crear una isla flotante de 2750 hectáreas para 400000 habitantes, y en 1968 se diseñó Triton City, una isla para 6500 habitantes. Incluso se podrían construir países enteros, como el Atlantis Project, que está proyectando Sean Padraic Kane, de la universidad de Alaska, Estados Unidos, frente a las costas de Panamá.

Según los expertos en países como japon - en la zona entre Tokio y Yokoyama- y Holanda, se están desarrollando algunos de los proyectos más

<sup>57</sup> Desarrollo costero de "Johor Bahru" en Malasia por Arthur Erickson, maqueta 1993

importantes, pues disponen de los recursos materiales y, por cuestión de espacio, tienen la necesidad de hacerlo. Para ello “se necesitan aguas poco profundas y que tengan pocas corrientes”, advierte el arquitecto Iñaki Ávalos. Teniendo en cuenta todas estas características, podrían existir en el futuro tres tipos de islas artificiales:

La primera sería para vacacionar: serían ciudades para pasar las vacaciones y podrían albergar hasta 2000 personas.

La segunda serían tecnociudades: tendrían la capacidad para 20000 habitantes y dispondrían de industrias y universidades.

La tercera sería “La gran urbe”: podría otorgar alojamiento hasta 100000 personas y tendría además, un aeropuerto incorporado.

Sin embargo, debido a que más de un tercio de la población mundial habita cerca de la costa, “es más factible que las ciudades costeras se extiendan hacia el mar que construir islas artificiales” afirma el arquitecto Alejandro Zaera.

El arquitecto Felipe Pérez Somarriba apunta que los únicos problemas para hacer realidad estos proyectos serían la cimentación y el posible hundimiento. “de hecho, la isla artificial sobre la que se asienta el aeropuerto de Osaka desciende unos pocos centímetros al año”, asegura. Por eso es necesario un sistema que lo evite, así como materiales impermeables para eludir la elevación de las aguas. Se utilizarían concretos impermeables y siloxano (especie de silicona que se adhiere a materiales pétreos o semipétreos, como el concreto y actúa como repelente al agua), así como vidrios, elastómeros (materiales elásticos, como el caucho, su origen puede ser natural o sintético), acero y cables de kevlar o aramida (fibra sintética que posee gran resistencia a las altas temperaturas.) para sujetar las estructuras y evitar que se hundan.

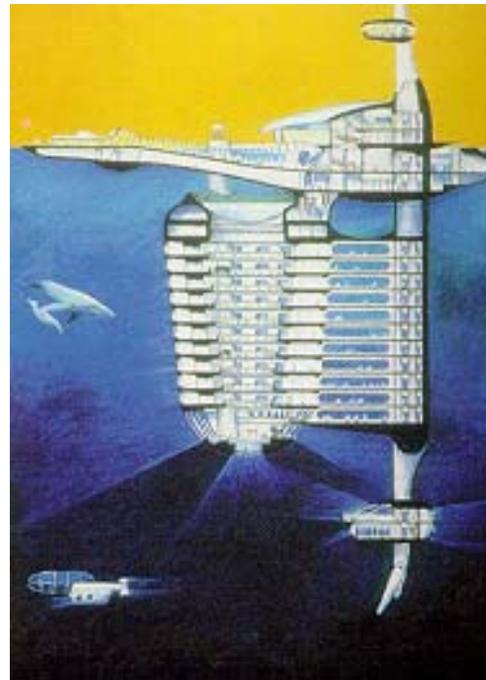
Aeropuerto de Osaka: el arquitecto Renzo Piano realizó el aeropuerto flotante de Osaka en Japón, una estructura de 1.7 kilómetros de longitud sobre una isla artificial de 4.4 kilómetros de largo y 1.3 de ancho, para crearla se necesitaron 180 metros cúbicos de tierra y la ayuda de 900 pilares para ajustar la altura.



58

Isla de lujo: en la capital de los Emiratos Arabes, Dbai, se está terminando la construcción de un hotel sobre una isla artificial. Su estructura tendrá una altura de 312 metros de alto y 26 pisos, además de su forma –una vela de dhow, el barco tradicional del país- y de que constará de 200 suites de casi 550 metros cuadrados, su particularidad es que está siendo construido sobre una isla artificial con playa privada. El transporte hasta la costa lo realizara un barco de alta velocidad.

Hotel submarino: unos estudiantes norteamericanos han ideado este hotel submarino que no se hundiría gracias a un sistema de flotación similar al de las medusas. De hecho, en cayo largo, Florida, por 270 dólares al día ya se puede disfrutar de una suite a nueve metros bajo el agua.



59

58 aeropuerto de Osaka

59 conceptualización del hotel Submarino

## PUENTES TUNEL

### HISTORIA DE LOS PROYECTOS DEL CANAL DE LA MANCHA

Una inmensa perforadora avanza a través de capas arcillosas durante la construcción del túnel del canal de la Mancha, de 51 km de largo, que empezó a funcionar en mayo de 1994. Costó más de 10.000 millones de libras, y es el mayor proyecto de construcción emprendido nunca en Europa. Permite a los trenes de pasajeros y mercancías, y a los automóviles, viajar de París a Londres en unas 3 horas.

El ingeniero de minas Albert Mathieu-Favier, de nacionalidad francesa, fue el primero en sugerir la construcción de un túnel bajo el canal de la Mancha en 1802. Desde entonces se han realizado numerosos proyectos. En 1875 la compañía Channel Tunnel creada por el ingeniero británico John Hawkshaw obtuvo la autorización de los gobiernos británico y francés para construir un túnel. En 1881 un nuevo Acta dio poderes a un proyecto competidor promovido por el colega anterior de Hawkshaw, William Low.

La construcción del túnel comenzó, pero pronto se interrumpió por asuntos de defensa militar. Entre 1882 y 1950 el Parlamento Británico rechazó 10 proyectos de Ley del Canal de la Mancha, la mayoría por razones de seguridad nacional. La construcción del túnel se reinició en 1922, pero se abandonó de nuevo.



reuters/the bettmann archive<sup>60</sup>

El actual túnel está basado en un proyecto cuyo coste se estimó en 112 millones de libras elaborado por el Channel Tunnel Study Group, alianza entre compañías británicas y francesas, Technical Studies, Inc., de los Estados Unidos y la Suez Canal Company. En 1966 los gobiernos británico y francés anunciaron que se perforarían los túneles a un coste de 365 millones de libras. Pero el proyecto falló a causa de la inconstante política británica de principios de la década de 1970 y a la preocupación por el desembolso de 373 millones de libras que el estado británico destinaba a la construcción del enlace con Londres. Los trabajos se paralizaron en enero de 1975 después de haber cavado dos túneles de acceso de 740 m de longitud.

En la década de 1980, la compañía constructora Tarmac sustituyó a RTZ como promotora del proyecto. En noviembre de 1984 ambos gobiernos decidieron apoyar la reanudación y en abril de 1985 se solicitó a los promotores posibles presentar los proyectos. Otras propuestas incluían un puente, pero en enero de 1986 fue aprobado el proyecto de la compañía Transmanche Link (TML), designado por Mott Hay AND Anderson. TML era un consorcio de las firmas constructoras británicas Tarmac, Wimpey, Costain, Balfour Beatty y Taylor Woodrow (Translink Contractors) con las firmas francesas Bouygues, Dumez, Spie Batignolles, SAE y SGE (Transmanche Construction). En octubre de 1987 Eurotunnel, compañía creada por TML y sus bancos, comenzó a cotizar en bolsa. Eurotunnel se convirtió en el cliente y TML en su contratista.

La construcción del túnel comenzó en 1987. Las máquinas perforadoras comenzaron el trabajo desde las costas francesa y británica, hacia las terminales y al mar. Las dos secciones del túnel de servicio fueron las primeras que se unieron, en diciembre de 1990. Las compañías que realizaron estos trabajos fueron Graham Fagg de Reino Unido y Philippe Cozette de Francia, y lograron perforar 426 m en una semana. Se movieron un total de 7 millones de toneladas de escombros. En los momentos de máxima actividad, se emplearon hasta 15.000 trabajadores en la obra.

El coste original proyectado para la construcción del túnel ascendía a 4.800 millones de libras, pero el coste real fue de 10.500 millones de

---

2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<sup>60</sup>"Perforación del túnel del canal de la Mancha." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-

libras, a cargo de una fundación privada. Se inauguró oficialmente el 6 de mayo de 1994, un año más tarde de lo previsto, pero problemas iniciales retrasaron su pleno funcionamiento hasta diciembre de 1994



61

La entrada británica al Túnel del Canal, en la imagen, está en Cheriton, cerca de Folkestone, en Kent. Uno de los más grandes proyectos de ingeniería civil del siglo XX, el túnel (50,4 km de longitud) sale a la superficie en Coquelle, cerca de Calais, Francia, y por él pueden circular hasta 600 trenes en ambas direcciones cada día. Aunque excedió sus presupuestos originales en casi un 120% y se abrió de forma oficial con un año de retraso, en mayo de 1994, se consiguió un servicio de pasajeros y de automóviles casi completo para la temporada de verano de 1995, cuando la compañía gestora consiguió los primeros beneficios. El viaje a través del túnel se prolonga durante 35 minutos, y el viaje completo de Londres a París dura 3 horas.

**Túnel del Canal de la Mancha**, túnel formado por tres galerías y sus accesos que dan una longitud total de 50,4 km, cuyo trayecto cubre el canal de la Mancha entre Cheriton cerca de Folkestone, en el condado de Kent, y Coquelles cerca de Calais.

<sup>61</sup>"Túnel del Canal de la Mancha." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Este túnel, uno de los grandes proyectos de ingeniería del siglo XX, tiene una capacidad para 600 trenes diarios en ambos sentidos. Es un servicio regular de trenes-lanzadera (*véase Ferrocarril*) gestionado por la compañía Eurotunnel, que transporta además automóviles y camiones. El trayecto tiene una duración de 35 minutos. Cada tren alcanza una velocidad de 130 km/h **debajo del mar**, tiene una longitud de 800 metros y puede transportar hasta 180 automóviles o 120 autobuses y 12 autobuses. Los trenes de mercancías pueden transportar 28 camiones.

En realidad son tres túneles paralelos: los trenes pasan por dos túneles de 7,6 m de ancho, uno a cada lado de un túnel de servicio, que tiene una anchura de 4,8 m. La sección bajo el mar es de 39 km de longitud. En total hay 195 km de recorrido incluyendo los 45 km de la terminal británica y los 50 km de la terminal francesa. Los servicios de mantenimiento y emergencia utilizan el túnel central y, si fuera necesario, los pasajeros podrían salir a pie por ese túnel.

### PUENTE TUNEL DE LA BAHIA DE CHESAPEAKE.

En la bahía de Chesapeake existe una construcción sorprendente. El enlace de 28,2 km entre Norfolk y el cabo Charles, en el estado de Virginia, empieza como un puente pero desaparece en el agua a mitad de camino. El puente-túnel combina dos puentes con dos túneles que transcurren por debajo de importantes rutas de navegación.



62

### MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

La construcción o perforación de un túnel se realiza abriendo con explosivos o taladrando y

<sup>62</sup> Vista general del puente tunel de Chesapeake

excavando corredores. Los túneles submarinos y los que atraviesan montañas se suelen empezar por los dos extremos a la vez. Cuando se construyen túneles muy largos, es necesario excavar conductos verticales a ciertos intervalos para perforar el túnel desde más de dos puntos. La mejora de la maquinaria para taladrar y perforar permite construir un túnel de cuatro a cinco veces más rápido que con las técnicas antiguas.

La taladradora de aire comprimido es el avance que más ha acelerado el proceso de construcción de túneles en los últimos años. Se suelen montar varias perforadoras en unos vehículos móviles llamados ‘jumbos’, que avanzan hacia la pared de roca y abren huecos en sitios predeterminados. Estos huecos se rellenan con cargas explosivas, se despeja la zona y se hacen detonar. Después se eliminan los trozos de roca y se repite el proceso.

Otro desarrollo reciente de la maquinaria perforadora es el topo. Es una máquina alargada con una cabeza circular cortante que gira y avanza mediante energía hidráulica. En la cabeza cortadora hay unos discos de acero que arrancan la roca de la pared según gira el conjunto. Estas máquinas presentan ventajas considerables sobre la utilización de explosivos. El túnel se puede abrir exactamente del tamaño deseado y con paredes lisas, lo que es difícil de conseguir con explosivos, que con frecuencia abren huecos mayores que el precisado. También se eliminan los riesgos de accidentes por explosiones y el ruido; los trabajadores no están expuestos a humos y gases nocivos y pueden transportar los trozos de roca sin tener que parar para realizar explosiones. Un topo puede avanzar unos 76 m por día, según sea el diámetro del túnel y el tipo de roca en el que se excava.

A pesar de estas ventajas, los topes también presentan inconvenientes. Son muy costosos y la cabeza cortadora ha de fabricarse a la medida del túnel; no se pueden utilizar en suelos blandos, lodo o barro, ya que en vez de avanzar se hunden. Hasta hace pocos años, durante los cuales se han desarrollado materiales especiales para las superficies cortadoras, los discos se desgastaban rápidamente en zonas de piedras especialmente duras.

Además de taladrar y de utilizar explosivos, hay otros métodos para construir túneles. El método de corte y relleno consiste en excavar zanjas, construir las paredes, techo y suelo

con hormigón o instalar secciones de túnel prefabricadas, y rellenar después la zanja por encima del túnel. Este método no se suele emplear en superficies urbanas. En zonas húmedas o de suelo blando se introducen grandes cilindros, como tuberías, mediante sistemas de aire comprimido. Los trabajadores quitan la tierra para que el cilindro avance. Los tubos de los túneles submarinos se van montando por tramos cortos en una zanja excavada en el lecho del río o en el fondo del mar. Cada sección se sumerge, se acopla a la sección anterior y se asegura con unas paredes gruesas de hormigón.

Otro método de construcción submarina es el empleo de los escudos, que son cámaras herméticas realizadas con madera, hormigón y acero. El escudo actúa como un caparazón, en el interior del cual se construyen los cimientos. Hay tres tipos de escudo: de caja, abierto y neumático. La elección de uno u otro depende de la consistencia del terreno y de las circunstancias de la construcción. En condiciones adversas se suele emplear el escudo neumático, que utiliza aire comprimido para evacuar el agua que entre en la cámara de trabajo

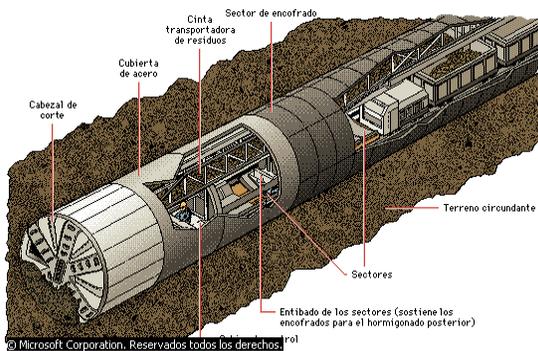
## **RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES**

Las nuevas técnicas de perforación no han eliminado todos los peligros que implica la excavación de túneles. El agua puede irrumpir en el interior del túnel si éste no está recubierto con hormigón o selladores plásticos, a un ritmo de 72.000 litros por minuto. El agua tiene que bombearse al exterior porque retrasa la excavación, molesta a los trabajadores, puede derrumbar las paredes y el techo del túnel y daña los equipos. En los proyectos más recientes, se ha intentado congelar la zona del túnel donde se trabaja para prevenir las inundaciones que se pudieran producir antes de entibar y sellar las paredes. A excepción de algunos túneles de transporte de agua y residuos, en los que las filtraciones no son un inconveniente, los túneles se entiban de modo permanente con maderas, hormigón o acero, o una combinación de los tres.

El polvo que generan las explosiones es otro problema, ya que retrasa la excavación y puede producir enfermedades a los trabajadores. Se ha utilizado en fechas recientes una máquina que pulveriza una fina cortina de agua que asienta el polvo después de la explosión. A pesar de las medidas de seguridad que se adoptan, se siguen

produciendo accidentes, como el que tuvo lugar en Japón en 1960, en el que una explosión mató a 22 trabajadores.

**Las perforadoras de túneles** taladran la roca con un cabezal de corte. El cabezal giratorio, que puede tener más de 5,5 m de diámetro, está dotado de varias cuchillas en forma de disco. A medida que la máquina va perforando la roca, unas cintas transportadoras alejan los fragmentos del cabezal. Según avanza la perforadora se construyen nuevos segmentos de hormigón para revestir y sostener el túnel. Los segmentos ofrecen además una superficie firme para que se apoye la perforadora, que a veces avanza a más de 5 m por hora.



63

## REUTILIZACIÓN DE PLATAFORMAS PETROLERAS MARÍTIMAS.

Es importante mencionar que las plataformas petroleras tienen mayor uso de lo que nos podemos imaginar por ejemplo es un hecho que la mayor parte de las reservas de los hidrocarburos y minerales se encuentran bajo los mares y océanos.

Por lo que en el futuro no solo podrán extraer petróleo sino también minerales y que los mineros del futuro también serán buzos, pero ¿será esto posible?, la destilación de los metales disueltos aun no es rentable por lo que esta opción aun queda lejos, pero algunos yacimientos de minerales proceden de trozos de la placa oceánica emergida a causa de la actividad tectónica, suelen encontrarse muy cerca de la costa, por lo que se pueden explotar abriendo galerías desde tierra firme de hecho existen minas, como ésta que se internan en el subsuelo marino.

<sup>63</sup> despiece de perforadora de túneles



64

Por lo que la idea de que las plataformas marinas se conviertan en pequeñas ciudades marinas para los trabajadores de estas minas submarinas, aunque el trabajo será algo peligroso realmente debido a las condiciones marinas y mas aun a las condiciones subterráneas.



65

<sup>64</sup> plataforma marítima

<sup>65</sup> mina submarina

Pero veamos otra aplicación a esta idea de reutilización de las plataformas petroleras, por ejemplo una adecuación para convertirla en base de despegue de satélites.

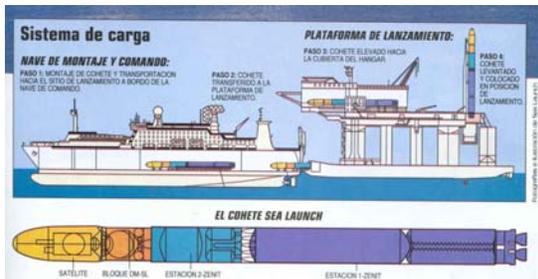
## PROYECTO SEA LAUNCH

Se trata de lanzamientos de satélites artificiales desde una plataforma marina autopropulsada de 132 x 65 mts., transformada de una plataforma petrolera ubicada en el ecuador.

Es una empresa privada que pone en órbita satélites comerciales de telecomunicación a 37,500 km. de altura donde se podrán emitir programas de televisión y aplicaciones de Internet.

Para alcanzar tal área de estacionamiento. Sea Launch hace exactamente lo que su nombre sugiere: **lanza cargas comerciales desde el mar hacia el espacio**. Dada la complejidad que implica transportar, acomodar y llenar de combustible un cohete de 454.000 kilos. no parece una mala idea. Basta con recordar que la Tierra es redonda.

Por la misma razón que una mancha de polvo en el borde de un disco se mueve más rápido que una que está cerca del centro. una ubicación en el ecuador provee un impulso que ahorra combustible. "Nuestra zona de lanzamiento en el ecuador ofrece una ruta más directa hacia la órbita geostacionaria". explica Allen B. Ashby (presidente de Sea Launch). Para aprovechar las leyes de la física. Sea Launch opera a 2.25'3 kilómetros al sureste de Hawai. a una longitud de 154 grados oeste sobre el ecuador.



66

Sin embargo. el mayor ahorro para Sea Launch proviene de recurrir a la automatización y

<sup>66</sup> esquema general del proyecto "Sea Launch"

no al personal. "Nuestras operaciones marítimas reducen la infraestructura de lanzamiento. minimizando los costos de operación" Sea Launch no pretende comprometerse de forma similar con sus rivales de servicios de lanzamiento basados en tierra. Su estrategia básica es la de trabajar a menor precio con respecto a la competencia gracias a la automatización. Ya se han automatizado casi todas las etapas relacionadas con la preparación de un lanzamiento. "Sea Launch recibe satélites en su instalación portuaria de Long Beach". Explica un ejecutivo de la compañía. Una vez que se han completado el abastecimiento de combustible y la encapsulación en las instalaciones para procesamiento de carga.

El cohete es transferido a la nave de ensamblaje y mando Sea Launch Commander. El Odyssey recibe el cohete 27 horas antes del lanzamiento y levanta a la posición apropiada. El enfriamiento de propulsores comienza cuatro horas y 20 minutos antes del lanzamiento. Los trabajadores abandonan la plataforma al comenzar el surtido automatizado de combustible. Diecisiete minutos antes del despegue. se retira el brazo del transportador que enderezó al cohete sobre su plataforma. Durante las últimas cinco horas y en el viaje de una hora al espacio. la tripulación observa a distancia.



67

## PROYECTO FREEDOM

Apartir de la idea de los grandes trasatlánticos que simulan ya por su grandeza pequeñas ciudades dentro del mar y de ahí viene la idea, porque no crear un barco tan grande como una ciudad flotante.

Imagine un sitio perfecto para vivir, hacer negocios o pasar las vacaciones; una comunidad segura con grandes espacios verdes, zonas de ocio

<sup>67</sup> vista general proyecto "Sea Launch"

y sin delincuencia. Suponga que en esa ciudad no hubiera que pagar impuestos locales, personales o aduaneros. Por último, imagínesse que esa comunidad se moviera alrededor del mundo haciendo escalas en las regiones más hermosas y turísticas del planeta. Si lo hace, empezará a entender el concepto del Freedom Ship (Barco de la libertad, en inglés), un monstruo tecnológico, a mitad de camino entre crucero gigantesco e isla paradisíaca de alta tecnología que, si todo sale según lo previsto, empezará a construirse en breve en una bahía de Honduras y estará finalizado para 2003.

El mayor objeto móvil construido por el hombre Aunque suene a ciencia-ficción o a la locura de un diseñador naval megalómano, gracias al tesón de un grupo de ingenieros de Florida (EE.UU.), el proyecto ya está avanzado. Con más de 1,300 metros de largo -cinco veces el tamaño de la mayor nave que existe en la actualidad-, 240 metros de ancho y una altura de 100 metros desde el nivel del agua -equivalente a un rascacielos de 25 pisos-, será el mayor objeto móvil jamás construido por el hombre.



68

Más que un barco, se convertirá en una verdadera y completa ciudad-embarcación con 80,000 habitantes -de los que más de la mitad serán residentes que se alojarán en más de 20,000 apartamentos-, tres hoteles, restaurantes,

<sup>68</sup> conceptualización proyecto "Freedom"

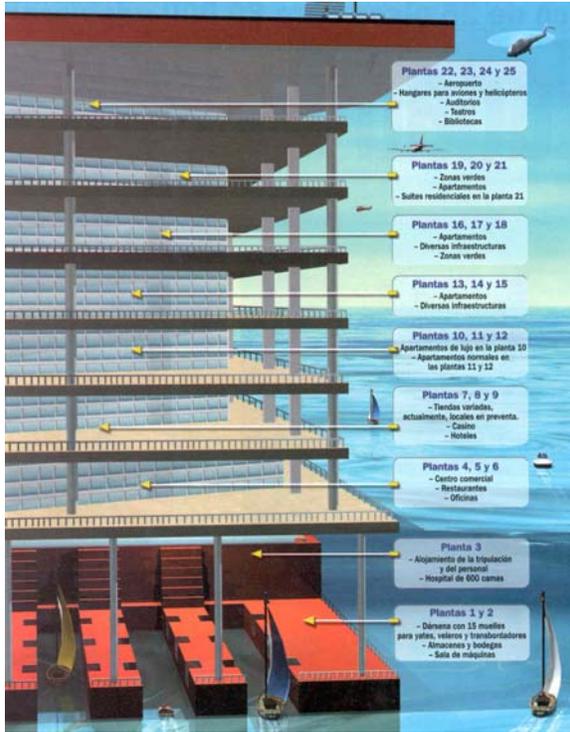
instalaciones deportivas, supermercados, centros comerciales, jardines y cascadas, discotecas, cines, teatros, un hospital con 600 camas, un metro que trasladará a empleados, pasajeros y visitantes por el barco... Tendrá incluso una infraestructura educativa completa, desde la guardería hasta la universidad. La larga cubierta superior servirá de pista de aterrizaje para helicópteros y aviones de hasta 40 pasajeros, que trasladarán a los residentes más acomodados entre el barco y la tierra. Los demás tendrán a su disposición transbordadores rápidos y catamaranes para acercarse hasta la costa, porque el ingenio estará en movimiento sólo el 30 por 100 del tiempo. El resto permanecerá anclado a 300 metros de los puertos turísticos más importantes del orbe. De esa manera, en permanente viaje por los mares tropicales, dará la vuelta al planeta cada dos años.

El proyecto nació de la imaginación del millonario ingeniero estadounidense Norman Nixon, cuyo sueño inicial era crear una nuevo Hong Kong en una Isla del archipiélago de las Bahamas. Sin embargo, los problemas con los que se topó para hacerse con los permisos necesarios le hicieron replantearse la idea. Entonces, Nixon se puso en contacto con expertos en diversos campos, desde ingenieros hasta legalistas, desde diseñadores a doctores en medicina. Así nació Freedom Ship International Inc., una compañía que, tras seis años de trabajo, al fin tiene listos los planos de la nueva ciudad flotante. Construirlo costará 2 mil millones de dólares.

Después de realizar varios estudios en diversas partes del mundo para encontrar un lugar con las condiciones necesarias para llevar la idea del papel a la realidad, Norman Nixon ha firmado un acuerdo con las autoridades hondureñas para alquilar más de 30 hectáreas en el mar, cerca de la costa, para empezar el trabajo. y su constructora ya está cerrando las negociaciones con un grupo de inversionistas interesados en aportar los más de dos mil millones de dólares que hacen falta para financiar el Barco de la libertad.

La elección del lugar recayó al fin en la bahía de Trujillo, un hermoso rincón de la costa caribeña de Honduras, 250 kilómetros al norte de Tegucigalpa. "El lugar tiene mucho que ofrecer a nuestro proyecto", asegura Nixon. "Es una de las bahías protegidas más grandes de la Tierra, está relativamente cerca de nuestra casa en Florida, la profundidad de las aguas es la ideal y las condiciones para el astillero son inmejorables. El Único puerto cercano apenas recibe cuatro o cinco

barcos a la semana, así que el tráfico no interferirá en nuestro trabajo. Además, es un sitio precioso para vivir y trabajar". Y, por si fuera poco, la mano de obra es abundante y barata y la nave se construirá en zona franca, es decir, no tendrán que pagar ni un centavo de impuestos.



69

Como un rompecabezas con piezas de más de 100 metros La negociación con el Gobierno hondureño no fue fácil, pero parece que al fin les convenció la promesa de una inversión multimillonaria y de empleo para miles de ciudadanos. Según los datos de Freedom Ship International, durante los próximos cuatro años se crearán entre 10,000 y 15,000 empleos directos y 20,000 indirectos. El viceministro de Comercio hondureño ha afirmado que "al final será un producto fabricado en Honduras, con mano de obra nacional, por lo que quedará personal capacitado y con experiencia", La construcción constará de dos fases, primero se fabricarán varios módulos de 90 por 120 metros y después se ensamblarán como piezas de Lego 300 metros mar adentro.

En vista del tamaño del Freedom, los 24 diseñadores y consultores que trabajan para la

<sup>69</sup> corte esquemático del proyecto "Freedom"

compañía piensan más como arquitectos o planificadores urbanísticos que como ingenieros navales. Muchos clientes potenciales ya se han puesto al acecho para hacerse con un apartamento en la nave. Hasta la fecha, ya está vendido o reservado más del 20 por 100 de los bloques, con precios que oscilan entre los 147 mil dólares para los camarotes pequeños e interiores y los más de 4 millones que cuestan los más grandes y lujosos con vistas al mar. El mayor interés por el barco lo han demostrado personas de la jet set y millonarios, probablemente atraídos por su estatus de paraíso fiscal. Hasta ahora, se han reservado muchas más cabinas de lujo que de las más económicas, hasta el punto de que Norman Nixon acaba de incrementar el precio de los mejores departamentos al tiempo que ha añadido una nueva oferta de alojamiento barato para equilibrar la demanda. Sin embargo, también empiezan a aparecer clientes que quieren escapar de los agobios de la vida urbana y creen que en el barco de la libertad hallarán una sociedad libre y sin delincuencia.

### El proyecto "Ciudad - Puerto" de Saint Nazaire

La construcción de una base submarina por los alemanes durante la segunda guerra mundial cambia completamente el destino de la ciudad de Saint-Nazaire la cual será casi totalmente destruida. Con una barrera de hormigón de 300 metros de largo, 130 metros de ancho y 18 metros de altura, la base, edificada en la periferia a 500 metros del centro urbano de Saint-Nazaire, corta totalmente la ciudad de su puerto de origen. Al filo de los años vendrán a incorporarse en torno a ella pequeñas empresas de poca relevancia que van a contribuir a la estructuración de un sector abandonado por la reconstrucción.

En los años 1980 se emprende progresivamente un inicio de revalorización con la realización de ordenaciones en la zona más cercana al Petit Maroc, la creación del Ecomuseo dedicado al patrimonio marítimo e industrial de Saint-Nazaire, la acogida del submarino alemán Espadon, la organización de manifestaciones musicales y náuticas, el alumbrado de las instalaciones portuarias por Yann Kersalé.

La apuesta y el desafío del Alcalde de la ciudad, Joël Batteux, y de sus colaboradores ha sido colocar la base submarina en el centro de una política de reconquista encaminada a dotar a Saint-Nazaire de un nuevo atractivo económico, turístico y urbano para la región.

El concurso urbano lanzado en 1995 tenía por objetivo proponer una nueva estructura urbana a escala del lugar y una estrategia de implantación de equipos. Galardonado en este concurso, el arquitecto Manuel de Solà Morales se basa en una opción de conjunto por la cual se ha de cambiar totalmente, en primer lugar, la orientación de la ciudad devolviéndole su eje histórico que la hacia descender de forma natural hacia su puerto. La reorganización de los espacios públicos entre el centro ciudad y las dársenas, la apertura de algunos alvéolos de la base devolviéndole una transparencia, la construcción de una pasarela de acceso a su techo y la vista que procura sobre la ciudad, el puerto o el estuario son ilustración de ello.

El proyecto "Ciudad-Puerto" también crea las condiciones de acogida para nuevas actividades o equipos en las 15 hectáreas de terrenos disponibles en la actualidad:

- comerciales y artesanales: principalmente la apertura en las proximidades inmediatas de la pasarela del "*Très Grand Supermarché*" (enorme supermercado) que viene a completar la oferta del centro urbano;
- tecnologías: implantación de actividades tecnológicas y de servicios relacionados con el sector audiovisual;
- ocio: apertura en noviembre de 2000 del complejo "Cinéville" que ofrece 9 salas de cine y más de 2000 plazas;
- programas inmobiliarios, públicos y privados, de viviendas y oficinas en la continuidad del tejido urbano existente: se construirán 400 nuevas viviendas de alquiler o de acceso a la propiedad, públicas y privadas. Por otra parte, se han entregado varias operaciones y otras están programadas (una residencia para ancianos, una residencia hotelera con 133 apartamentos, o, entre otras cosas, un hotel de 3 estrellas).



70

La base submarina, tratada deliberadamente como un monumento en sí, se ha concebido como el corazón del nuevo destino turístico, cultural y lúdico de Saint-Nazaire y de su región:

- un conjunto de equipos de ocio (restaurantes, juegos...) se implantarán allí en 5000 m<sup>2</sup>;
- se ha creado un espacio de paseo abriendo 4 alvéolos;
- "Escal'Atlantique", (Escala Atlántico) inaugurado en abril de 2000, es el equipo "relevante". Situado en dos alvéolos en 3500 m<sup>2</sup>, "Escal'Atlantique", verdadero museo viviente, es una exposición-espectáculo activa y participativa sobre el descubrimiento de los paquebotes y su leyenda. Se encargaron la realización y la escenografía al equipo reunido en torno a François Confino y François Seigneur.

Todo el potencial de atractivo de estos equipos y la voluntad de hacer del sitio un destino turístico y cultural se han confirmado por un número de visitantes en constante aumento (217367 visitantes en los 7 primeros meses del año 2001, es decir + 19% con respecto al año 2000).

## HOTEL HIDROPOLIS

El emirato de Dubai, uno de los siete que componen la federación de los Emiratos Árabes Unidos (EAU), construirá el primer hotel submarino del mundo en las cálidas aguas indicas del Golfo Pérsico.

<sup>70</sup> vista general proyecto "Ciudad Puerto" en Saint-Nazaire

El artífice del proyecto, el arquitecto alemán Joaquim Hauzer, indicó que el complejo, que llevará el nombre de Hidrópolis, será construido a veinte metros de profundidad, aunque su parte superior sobresaldrá de la superficie marina, a unos 300 metros de la costa de Dubai.



71

Hauzer puntualizó que la inversión requerida para su realización alcanzará los 500 millones de dólares (unos 443 millones de euros), hallándose programada su inauguración para el año 2006.

"Los turistas serán trasladados al hotel mediante coches eléctricos que se desplazarán a través de un conducto que conectará la recepción -situada en la costa- con el hotel", precisó.

De esta forma los huéspedes podrán disfrutar de todos los servicios y comodidades de los mejores hoteles del mundo.

Por su parte, el director adjunto del departamento de Inversión y Desarrollo del emirato, Salem Bin Desmal, puntualizó que Dubai sufragará el 20 por ciento del proyecto, mientras que el resto lo harán inversores extranjeros.

"Nuestra organización contribuyó a facilitar la construcción del hotel en Dubai, ya que éste sin duda desarrollará aún más la actividad turística y hotelera de Dubai, que ya es uno de los principales centros del turismo mundial", señaló Bin Desmal.

No es, sin embargo, el primer proyecto de envergadura que el departamento de Inversión y Desarrollo desarrolla, ya que intervino en la instalación de una isla artificial con forma de palmera que se llenará con hoteles y viviendas de lujo.

<sup>71</sup> vista de los cuartos en el hotel "Joules Undersea Lodge"



Rabih Moghrabi / AFP

72

Las medidas propiciadas se hayan orientadas a que el turismo sustituya a la industria petrolífera como principal fuente de ingresos del país.

Sin embargo hay que aclarar que Hidrópolis no será el primer hotel submarino del mundo, ya que el Jules' Undersea Lodge, situado en el Parque Submarino de Cayo Largo, en Florida es el que tiene ese mérito, aunque si será el primer hotel de lujo submarino.



73

<sup>72</sup> conceptualización Hotel Hidrópolis

<sup>73</sup> vista bajo el mar en el hotel "Joules Undersea Lodge"

## CONCLUSIÓN

Podemos concluir en este capítulo que las construcciones marinas en sí, tendrían que ser una especialidad que desarrollar ampliamente dentro de la arquitectura debido al retraso que existe se ha demostrado que los proyectos marinos y submarinos son factibles hoy en día no solo para entretenimiento o industria sino también para vivienda y esto da un nuevo punto de vista no contemplado antes: el sentido de pertenencia, esto es, ¿como se considerarían las personas que vivan posiblemente en aguas internacionales?, esta nueva idea de gente que realmente pertenece al mar como será tomada por las autoridades correspondientes como afectará a las sociedades del futuro.



74

El potencial del mar es inmenso y solo conocemos una pequeña parte, debemos crear una cultura que no explote los recursos del mar indiscriminadamente sino que pueda realizar una cultura autosuficiente para este ambiente, los proyectos pueden ser recreación, vivienda, explotación, transformación, extracción. Pero con este fin ser autónomos y autosuficientes sin perjudicar el medio marino donde se encuentren.

---

<sup>74</sup> Acuario X-cared, Quintana Roo, México

## CAPITULO VI ARQUITECTURA ESPACIAL

### ANTECEDENTES

Este capítulo trata de abarcar los conceptos nuevos que se tienen para el desarrollo de una arquitectura espacial, donde únicamente, por ahora, se planean estaciones espaciales las cuales serán la pauta para posteriormente colonizar planetas en el futuro.



73

Al parecer, por algunos siglos la evolución de las ciudades seguirá causas similares a los hasta ahora vistos, pero los graves problemas ecológicos y el crecimiento de la especie algún día exigirán respuestas más radicales. Quizá el hombre tenga que encontrar un nuevo hábitat. En este sentido, las miradas se dirigen hacia el espacio como un lugar donde el hombre pueda volver a empezar, con cierta ventaja sobre el fondo marino y los emplazamientos subterráneos permanentes que aíslan al hombre de lo que se considera será su fuente de energía más importante en el futuro: el sol.

Los primeros en estudiar la posibilidad de que el hombre habitará por periodos prolongados en el espacio fueron los soviéticos, con sus estaciones “Salyut” y con la unidad “Soyuz”, desde los primeros años de la década de los años 70. Luego los norteamericanos lanzarían el “Skylab” para dar inicio a una época en que las dos principales potencias desarrollarían continuamente experimentos con seres en el espacio durante periodos prolongados. Para la década de los 80, Ronald Reagan sorprendió al mundo en 1984 con un discurso en el que anunciaba el inicio de los trabajos de una estación espacial que emulara a la

soviética “Mir”, y de un ambicioso programa espacial (la guerra de las galaxias). Las perspectivas del mundo con respecto a los alcances espaciales crecieron desproporcionadamente. Las estimaciones de entonces decían que en 1992 ya se había demostrado en laboratorio la viabilidad de extraer minerales de algunos asteroides. Pero los cambios políticos rompieron abruptamente el panorama. Para el comienzo de los noventa, la experiencia en estaciones espaciales más importante fue la permanencia de un astronauta enviado por los soviéticos a la estación “Mir” que tuvo que esperar a que el nuevo gobierno ruso colectara fondos para traerlo de regreso.

Originalmente se tenía la idea que el hombre no podría sobrevivir más de 6 días en estado de ingravidez, este fantasma se desvaneció el 27 de agosto de 1965. ¿Cuántas veces se ha atravesado el umbral de lo desconocido en los viajes espaciales? ¿cuántas veces se tuvieron que corregir las previsiones?. En 1964, por ejemplo, el prestigioso médico Belga Marcel Florkin llegó a la conclusión de que “el hombre no tiene por que ir a la luna, pues llegaría muerto”. También se decía que un alunizaje sería imposible porque tanto la nave como sus tripulantes se hundirían en una capa de polvo de varios metros de espesor. Como sabemos hoy, nada de eso es cierto.

Una vez más se abre ante nosotros la puerta de la aventura, de los territorios inexplorados. Y nuevamente nos salta el temor: ¿será capaz de soportarlo el hombre? ¿dónde se encuentra el límite crítico para la vida en el espacio?.

Hace ya 40 años, mucho antes que el hombre fuera lanzado al espacio, el científico germano- estadounidense Wernher von Braun sólo veía una solución a este problema: reproducir artificialmente las condiciones de gravedad terrestre. Su propuesta futurista consistía en una gigantesca estación espacial en forma de anillo, que giraría permanentemente en el espacio sobre un eje central, como un carrusel de feria. El proyecto del pionero de los cohetes habría costado billones de dólares, algo fuera del alcance de cualquier presupuesto estatal.

---

<sup>73</sup> Caminata espacial en la luna (nasa)

Algo importante de mencionar es la adaptación del hombre a su entorno y esto también es válido para el espacio donde el astronauta Romanenko apenas si tuvo problemas de adaptación ya en su tercer vuelo. “es una característica humana muy especial -explica la investigadora Angela D. Frederici- que seamos capaces de amoldarnos casi perfectamente a lo que nunca habíamos experimentado en el curso de la evolución” Esta capacidad de adaptación, sin embargo fracasa ante otro efecto de los viajes espaciales: la exposición a los rayos cósmicos. “Cuanto más alto y más tiempo volemos -advierte el portavoz soviético para asuntos de navegación espacial Anatoly Y. Grigoriev- más urgente se hace la cuestión de si debemos instalar escudos especiales contra la radiación”.

En una cápsula acorazada se pueden evitar las lluvias de partículas, pero contra otros enemigos invisibles del espacio no sirve ni el más grueso blindaje. Nos referimos a los gérmenes patógenos, frente a los cuales los astronautas se muestran especialmente sensibles. La ingravidez puede debilitar de forma considerable el sistema inmunológico humano. No se trata de una simple teoría: a finales de 1985, los soviéticos tuvieron que interrumpir un vuelo espacial porque el comandante Vladimir Wasjutin no conseguía reponerse de una simple gripe.

La causa fue descubierta, mediante un experimento realizado en el espacio, por el citobiólogo suizo Augusto Cogoli, bajo condiciones normales, es decir, en la tierra, los glóbulos blancos reaccionan ante los agentes externos con una aceleración de su ritmo de división celular. En cambio, en un ambiente de gravedad cero, esta reacción del organismo queda como paralizada.

La situación de la comida ha sido resuelta pero las instalaciones sanitarias aún dejan bastante que desear. A pesar de los millones que se han gastado en el desarrollo de la mejor letrina abordo, el sistema todavía no es perfecto. Los dos métodos de arrastre de heces inventados, con ventilador y con aire comprimido, fallan sistemáticamente. Lo que se encuentra en estudio es una combinación de ambos.

Pero el problema sanitario no quedará definitivamente resuelto hasta que deje de ser necesario transportar todos los desperdicios de vuelta a la tierra, y puedan ser reciclados por medios biológicos. Para ello, a largo plazo, las

granjas espaciales serán el mejor sistema: a cambio de fertilizantes ganados a partir de los residuos orgánicos y del anhídrido carbónico producido por la respiración de los astronautas, el huerto dará alimentos, agua fresca y oxígeno respirable.



74

La necesidad de construir en el futuro granjas a bordo, aunque sólo sea para obtener alimentos, está fuera de toda duda. Dentro de poco, los responsables de los vuelos tendrán que empezar estudios comparativos, para ver según la misión en concreto, si sale más rentable producir los alimentos en el espacio o llevárselos de casa. Así por ejemplo, una expedición a Marte de tres personas necesitaría embarcar 4.5 toneladas de comida y 17 de agua, este enorme lastre, para un viaje de tres años, muestra que el reciclaje biológico no solamente es rentable sino también imprescindible para colonizar el espacio.

Pero, ¿es posible cultivar legumbres y hortalizas en estaciones o naves espaciales? ¿cómo influye la ingravidez en el crecimiento de las plantas? la respuesta parece desconcertante: algunas especies vegetales apenas se ven afectadas, mientras que a otras les cuesta mucho florecer. Lo que está claro es que las raíces crecen hacia el suelo también en ausencia de gravedad, en este caso hacia la solución nutritiva. Un inconveniente: los rabanitos no maduran, “aunque saben también como en casa”, aseguran los cosmonautas soviéticos que ya han experimentado en órbita con ese tubérculo.

74 Simulador del baño de ducha, que estará dentro del módulo habitacional, para su uso tendrá que estar cerrada (nasa)

El aspecto que tendrán las huertas de las estaciones espaciales ya se pueden ver en algunos laboratorios experimentales soviéticos y estadounidenses. Estos prototipos son todos muy parecidos. Consisten en una placa de vidrio o plástico duro en la que se han practicado pequeños agujeros a espacios regulares, donde se insertan las plantas. A un lado de la placa, focos luminosos reproducen los ciclos de día y noche y aportan calor para que las hojas realicen su función fotosintética. Al otro lado, las raíces cuelgan libremente y reciben, a través de unas espitas de aspersión controladas por ordenador, las soluciones nutritivas más adecuadas a su estado de desarrollo. El resultado son cosechas récord en un espacio mínimo. Como objetivo, los científicos pretenden conseguir que una tripulación de 4 personas se pueda alimentar de los productos cultivados en una parcela de sólo treinta metros cuadrados. Este cuestión es esta estudiando con el proyecto "Biosfera 2" que más adelante se tratará.

En la particular evolución de esta nueva especie de Homo Sapiens no todo transcurre con la misma facilidad. La necesidad de adaptarse al cuerpo ingravido en un recinto pequeño compartido con otras personas, junto con la sensación de ser vigilado constantemente desde la base en la Tierra, es una dura prueba que llega a alterar el equilibrio psíquico. Así lo demostró Gerald Carr, el comandante del Skylab IV desde noviembre de 1973 hasta febrero de 1974, quién realizó la primera huelga espacial. En un arrebató desconecto 24 hrs. todas las comunicaciones, porque le dominaba el estrés social: el continuo contacto con sus compañeros se le había hecho insoportable.

Para la salud mental, tan importante como la conversación privada con los familiares, es importante disponer de una pequeña esfera privada a bordo. En los primeros tiempos de la aventura espacial, los astronautas iban hacinados en la cápsula como sardinas en lata. Actualmente, cada cual dispone de un pequeño habitáculo, un territorio personal que le corresponde en exclusiva. Un dato curioso: en las paredes se pueden proyectar paisajes, que producen la ilusión de una mayor profundidad. Las personas se sienten mejor cuando pueden dejar vagar la vista. Y aparentemente, el panorama brutal de millones de estrellas sin velar por la cerradura atmosférica no sirve como sustituto.

El bienestar visual en un ambiente ingravido se complementa con ciertos trucos para

proporcionar a los ojos señales claras y diferenciadoras. Mientras que antes el interior de las naves era de un uniforme color gris, hoy se pinta el techo con tonos claros y el suelo en tonos oscuros, aunque lógicamente se trata de una simple convención, puesto que el campo gravitatorio terrestre el techo y el suelo son intercambiables. Otra mejora introducida son los pulsadores de botón en sustitución de los interruptores, cuyo estado puede confundirse cuando no está bien definido lo que esta arriba y abajo.

A pesar de que en una órbita de noventa minutos el Sol sale y se pone dieciséis veces, los periodos de reposo se hacen coincidir con el ritmo día-noche terrestre. Las sábanas de seguridad son un complemento imprescindible.



75

Pero las condiciones de ingravidez no sólo traerán consigo cambios ergonómicos, sino también culturales. Cuando las personas lleven años, o incluso generaciones, en el espacio, inevitablemente también su lenguaje será distinto. Cuando ya no existe ni arriba ni abajo, no se puede hablar de alto o profundo, de encima o abajo.

Nuestra cultura se irá modificando a medida que las colonias espaciales aumentan en tamaño y número. Es posible que sus habitantes lleguen a desarrollar técnicas que permitan realizar muchas actividades también con los pies. Asimismo es previsible que experimenten un cambio radical las pautas de comportamiento referidas al aseo personal. El baño diario, al que estamos acostumbrados en la Tierra, resulta demasiado costoso y complicado en una estación espacial (y mucho más en una nave), al igual que cambiarse diariamente de ropa. Una descripción completa de la futura cultura espacial se sale del marco de este tema.

<sup>75</sup> las camas de los astronautas tienen que tener amarres especiales para evitar la ingravidez. (nasa)



76

En 1995 comenzaron los trabajos de montaje en órbita de la primera estación estadounidense diseñada para ser habitada permanentemente. La estructura de la “Freedom” servirá como fundamento para construir una miniciudad espacial formada por módulos pertenecientes a diversos países.

Ciudades en órbita un sueño que podría hacerse realidad a mediados del siglo venidero. Sus habitantes serán los fundadores de una civilización radicalmente diferente a la terrestre, poseedora incluso de un sistema de valores propio.

En las colonias espaciales del futuro inmediato se aprovechará la falta de gravedad para fabricar productos químicos, fármacos especiales y nuevos materiales con métodos de alta tecnología. También servirán de plataforma para el lanzamiento de sondas y naves tripuladas a otros planetas de nuestro sistema solar.

A pesar de que la mayoría de los proyectos espaciales de la actualidad consisten en observaciones desde la Tierra, en experimentos de laboratorio, en simulaciones de computadora o en lanzamientos no tripulados, los científicos no descartan que en el largo plazo la humanidad comience a habitar el espacio. Uno de los conceptos más importantes que se han planteado es el de Sistema Ecológico de Apoyo Vital (CELSS), llevado a cabo por los participantes del proyecto “Biosfera 2”. En un CELSS que permita la vida humana en el espacio, deben existir la temperatura y la presión adecuadas, el agua y el oxígeno deben permanecer en un reciclaje químico y físico constante. Otro avance importante es el trabajo que se realiza en torno a la “microgravedad”, que busca reemplazar a la gravedad terrestre y así evitar las importantes repercusiones que tiene la falta de gravedad en el cuerpo humano.

## **BIOSFERA 2**

---

<sup>76</sup> regadera en saco plástico (nasa)

A principios de los setentas, un grupo de personas interesadas en lograr una armonía entre el avance de la tecnología y la comprensión de la ecología fundó el “Instituto de Ecotecnología”. Se basaron en las ideas del geoquímico ruso V. Vernardsky, quien en 1926 publicó su libro “La Biosfera”, en donde describía su concepto de la tecnósfera, que abarca los productos de la actividad humana, y de cómo su conflictiva relación con el resto de la biosfera debía ser solucionada por la “noosfera”, la esfera del conocimiento humano, la creatividad y el razonamiento.

Luego de participar en un gran número de proyectos, los miembros del instituto decidieron en 1983 crear una empresa conjunta, llamada “Space Biospheres Ventures”, cuyo objetivo sería *construir y operar sistemas ecológicos cerrados para la investigación y la educación biosférica, dirigida a un mejor manejo del planeta Tierra, para lograr aplicaciones en la exploración y colonización del sistema solar, y quizá más allá*. Su objetivo concreto: la construcción de una segunda biosfera, “la Biosfera 2”.

Lo primero que se realizó fue buscar un lugar adecuado, que resultó ser un sitio al norte de Tucson, Arizona. Una vez teniéndolo, se comenzó el diseño. Se reunió un equipo multidisciplinario que incluía desde ingenieros, arquitectos y geólogos, hasta expertos en sellados de vidrios y en acondicionamiento de jardines e invernaderos, sin olvidar, por supuesto a una gran número de ecólogos especializados en los diversos tipos de ecosistemas y en los organismos que contienen. Dirigiendo al equipo se encontraban John Allen y Margaret Augustine.

El concepto fundamental de Biosfera 2 es básicamente un modelo a escala de la biosfera: un sistema cerrado a la materia, en el que las plantas utilicen la energía solar, agua y dióxido de carbono para fabricar alimentos y oxígeno, los animales utilicen dichos alimentos y oxígeno, para fabricar dióxido de carbono y agua, los microorganismos reciclen la materia orgánica que resulta de la muerte de los organismos para restituir sus componentes al suelo y a la atmósfera. Los habitantes deben ser capaces de producir sus propios alimentos, purificar su agua y reciclar sus desechos, y de sobrevivir gracias al balance de gases que debe lograrse cuando los ecosistemas lleguen al equilibrio. Lo único que debe entrar del exterior es luz, electricidad e información.

Como base de la estructura, concebida para durar 100 años, se eligió un sistema basado en módulos triangulares de metal que sostienen paneles de vidrio, lo que le confiere a la construcción un aspecto modernista. Uno de los problemas más difíciles de resolver fue el de aislar el interior de la “Biosfera 2” del exterior, pues para poder estudiar cómo los organismos y sus funciones afectan a la atmósfera, era necesario impedir que hubiera entrada y salida de gases. La meta inicial era tener un uno por ciento de fugas, aunque finalmente se logró un 9%, que no obstante es increíblemente bajo.

La primera fase del desarrollo de la “Biosfera 2” fue la construcción de un módulo de prueba, que debería ser capaz de mantener vivo a un ser humano. En él se introdujeron plantas variadas, que planeaban introducirse más tarde en los distintos biomas de la “Biosfera 2”, así como insectos y microorganismos del suelo. El módulo constaba también con alojamiento adecuado, en el que el ocupante podría llevar a cabo experimentos y mediciones. Cuando el sistema estuvo en equilibrio, un miembro del equipo entró y permaneció en el módulo durante 3 días.

Los resultados fueron excelentes, de modo que el experimento se repitió, esta vez con una mujer durante 5 días, y finalmente con otra de las participantes durante 3 semanas.

El proyecto arquitectónico se diseñó aprovechando la experiencia adquirida en el módulo de prueba. La Biosfera 2 ocupa una extensión de 1.2 hectáreas, cubierta con una estructura de metal y vidrio, semejante a un inmenso invernadero posmoderno, pero sellado herméticamente.

Incluye un área de vivienda en la que los ocupantes disponen de cuartos individuales, laboratorio, biblioteca, gimnasio, observatorio, área de estudio y área médica, todo de proporciones reducidas. En el área principal se incluyeron cinco biomas “naturales”: pluviselva tropical, sabana, desierto, pantano y océano, además de un ecosistema de “granja”. En los biomas se introdujeron plantas, insectos y animales nativos de cada uno, de modo que las condiciones naturales se pudieran reproducirse lo más cercanamente posible. Asimismo, se acondicionó un sistema de flujo de agua que permite que la selva tenga lluvias, luego fluyen a través del pantano hasta llegar al océano, que cuenta con una máquina de olas.

En septiembre de 1991, ocho personas, 4 hombres y 4 mujeres, fueron sellados en el interior de la Biosfera 2, para salir al cabo de dos años. Durante ese tiempo, realizaron mediciones y experimentos en el interior de la estructura, pero principalmente se ocuparon de cuidar los ecosistemas, manteniéndolos saludables, y trabajaron en la granja para producir sus alimentos. De hecho, uno de los mayores logros es simplemente el haber sido capaces de sobrevivir sin salir.

Aparte de los ataques externos, el equipo sufrió gran cantidad de problemas internos antes de salir al exterior al finalizar los 2 años de encierro. El principal de ellos fue la caída de los niveles de oxígeno, desde su nivel normal de 21 % hasta un 15% (similar al nivel que se halla en montañas muy elevadas). Esto causó que los ocupantes tuvieran dolores de cabeza, dificultades para respirar y fatiga. En enero de 1993 se decidió introducir oxígeno en la estructura, hasta alcanzar un nivel de 19%, así como instalar aparatos que ayudarán a deshacerse del exceso de dióxido de carbono. Esta medida provocó fuertes protestas acerca del funcionamiento del sistema. Una vez que terminó el encierro de dos años, se averiguó que el descenso en el oxígeno se debió a que éste reaccionó con el hidróxido de calcio presente en el **concreto de la construcción**, formando carbonato de calcio. El aumento en el nivel de dióxido de carbono se debió a la actividad de los microorganismos del subsuelo que fue mayor de lo que se esperaba.

Otro problema fue la falta de alimentos, ya que el clima estuvo más nublado de lo que se había previsto. La agricultura y la cría de animales también tuvo problemas, por lo que los ocupantes se vieron limitados en su alimentación: los huevos y las tasas de café, por ejemplo, se redujeron a una ración a la semana. Esto ocasionó que los participantes perdieran bastante peso. Asimismo, la Biosfera 2 sufrió la extinción de dos terceras partes de sus especies de insectos (incluyendo las abejas, por lo que no hubo miel).

Puede decirse que los resultados de la primera experiencia, si bien no fueron tan productivos como se esperaba, permiten planear mejores experimentos en un futuro próximo.



77

Sin embargo, la premisa para que el hombre habite el espacio es que exista una motivación comercial importante que acelere las investigaciones y las expediciones; una estimación afirma que si esta década se comprueba la existencia de yacimientos minerales en los asteroides cercanos a la Tierra, para el año 2050 habría por lo menos 1000 personas en órbita o estaciones espaciales al mismo tiempo. Tal vez hasta entonces surja la necesidad de una ciudad espacial.

### **ARQUITECTURA BASICA DE LAS ESTACIONES ESPACIALES HABITADAS**

Las estaciones espaciales habitadas son estructuras muy complejas. Deben, por supuesto, contar con las condiciones y los equipos necesarios para que los experimentos, el procesamiento de materiales y las observaciones científicas puedan realizarse, pero también deben ser seguras y confortables para las tripulaciones que trabajen y vivan en ellas. Son muchos los sistemas que las integran, mismos que irán evolucionando de manera natural, tanto en eficiencia como en complejidad, de una generación a otra, dependiendo de la tecnología y los presupuestos disponibles.

Además de construir cada estación espacial en particular, es lógico suponer que también se requiere de una gran infraestructura; primero, para lanzarla y colocarla en órbita, y después, para aprovecharla eficientemente, con personal en tierra y tripulaciones intercambiables. Es más, las estaciones de la actualidad son tan grandes que no pueden ser lanzadas como una sola pieza, y por lo tanto, tienen que ser ensambladas en órbita. También deben tener la capacidad de crecer, o sea, de que puedan añadirse nuevos módulos o

instalaciones, conforme vayan siendo necesarios o estén listos. Todo esto aumenta la complejidad del diseño de una estación desde el inicio del proyecto, y durante años, antes de que se logre llegar a una versión definitiva.

Las estaciones Salyut y Skylab, aunque exitosas para las misiones de su época, fueron estructuras orbitales de primera generación con poca o nula capacidad de crecimiento. En cambio, la estación Mir, lanzada en 1986, ha ido aumentando en tamaño y capacidad durante los últimos años, mediante la anexión de nuevos módulos presurizados. La estación espacial Freedom, por su parte, será un poco más grande que Mir, y además poseerá una variedad de sistemas que le permitirán funcionar durante una vida útil estimada de cuando menos treinta años.

### **LOS SISTEMAS DE UNA ESTACIÓN**

Una estación espacial habitada es una estructura orbital muy compleja y puede ser subdividida en un conjunto de sistemas fundamentales, para facilitar su diseño, construcción y operación. Todos estos sistemas están muy interrelacionados y, por ello, tienen que ser definidos, fabricados e integrados de una manera ordenada y coherente que garantice su operación y seguridad óptimas.

Estos sistemas son:

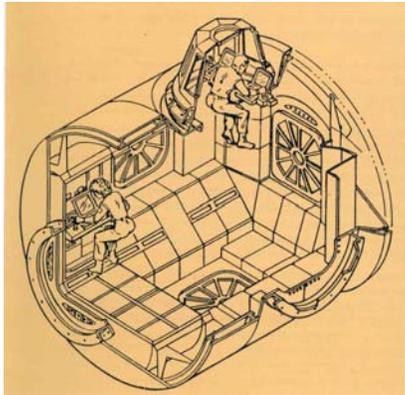
- Estructuras
- Energía eléctrica
- Control térmico
- Navegación y control de orientación
- Propulsión
- Automatización y robótica
- Comunicaciones e informática
- Control ambiental y distribución de fluidos
- Alojamiento y otros servicios para la tripulación
- Transporte de tripulaciones y cargas

### **ESTRUCTURAS**

La configuración de una estación espacial tripulada depende tanto de los requerimientos como de las limitaciones impuestos por sus constructores y sus usuarios; entre los requerimientos se tienen, por ejemplo, el tamaño de la estación, la energía eléctrica necesaria, la facilidad de operarla, y su capacidad de crecer; y dentro de las limitaciones, pueden mencionarse las características de los cohetes lanzadores, el presupuesto asignado y el tiempo en el que el

77 conceptualización de ciudad espacial

proyecto debe ser realizado. El diseñar tal configuración es un proceso creativo que generalmente lleva años antes de que conduzca a algún resultado definitivo. Antes que nada, debe tener un diseño estructural sólido, que incluya cierto número de módulos presurizados con protección adecuada, cámaras para cambios de presión, y mástiles o torres para montar elementos exteriores. En su interior, también se requieren estructuras óptimas para instalar e intercambiar equipos.



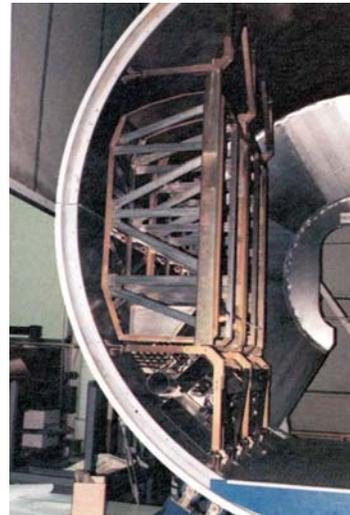
78

La geometría, el tamaño y otras características de los módulos presurizados dependen del número de tripulantes y de experimentos o procesos que vaya a haber en su interior en un momento dado. También son dependientes de la posible ínter conectividad que se desee tener entre los módulos, y de las características de los lanzadores, tales como la forma y las dimensiones del compartimento de carga de los orbitadores espaciales o de las cabezas de los cohetes, así como la capacidad de empuje de estos vehículos. Tomando estas restricciones en consideración, la geometría más práctica para las estructuras presurizadas es del tipo cilíndrico.

Por ejemplo, la estación espacial Freedom tendrá, en su etapa inicial hacia el año 2000, cuatro módulos presurizados principales de geometría cilíndrica, que servirán como laboratorios y alojamiento para los astronautas. Estos cilindros principales quedarán interconectados mediante otros cilindros presurizados más pequeños, llamados nodos de recursos. Los nodos contendrán instrumentos y equipos que les permitan funcionar como centros de comando y control de la estación, además de servir como pasajes o corredores entre los cilindros principales. Algunos de estos nodos

<sup>78</sup> nodo de recursos con cúpula para facilitar la visibilidad y operación en operaciones externas (nasa)

también tendrán mecanismos que permitan la anexión de cámaras de presión variable, módulos de logística o cúpulas, que faciliten la visibilidad y el control de operaciones externas (Fig. 78), así como el atraque de los mismos orbitadores espaciales.



79

Todos los módulos presurizados de una estación espacial habitada deben tener la suficiente resistencia estructural para contener la presión interna a niveles seguros, así como el suficiente grosor que los proteja contra las radiaciones y posibles impactos de micro meteoritos o chatarra espacial. Por esta razón, se utilizan armaduras cilíndricas redundantes, es decir, una dentro de la otra, formando una especie de doble pared, con varias Capas de material aislante para controlar la temperatura interna de los módulos.

Dentro de la estación, también se necesitan estructuras adecuadas para el soporte o la colocación de los componentes de otros sistemas ( como tuberías para el control térmico y cables para la distribución de electricidad), así como para el montaje de los equipos científicos, artículos de la tripulación. (Fig. 79). Igualmente importante es la consideración que se tenga sobre la facilidad en la transferencia o sustitución de componentes experimentales o de otro tipo; para esto, los armazones o anaqueles que los contengan se deben poder mover o quitar sin dificultad y sin necesidad de ser desmantelados. Asimismo, con lo anterior en mente, el ancho de los corredores y el diámetro de las compuertas también deben ser compatibles. Por último, la distribución interna de todos los objetos

<sup>79</sup> modulo presurizado con estructura y armazón para colocación de tubería y cableado en sección cilíndrica (nasa)

debe seguir, por cuestiones psicológicas humanas, una referencia vertical similar a la que estamos acostumbrados. Así que se necesitan configuraciones estructurales diferentes para el "piso" y el "techo", sobre los cuales se puedan colocar gavetas o anaqueles para almacenar una diversidad de artículos, pero que al mismo tiempo permitan tener acceso a equipos que estén debajo, en casos de mantenimiento o de otro tipo de servicio.

Las estructuras en forma de torre o mástil, construidas mediante la unión de muchas barras metálicas son un buen medio para definir la colocación y la distribución de otros elementos de la estación que no requieran ir en el interior o que tengan dimensiones muy grandes. Su diseño geométrico dependerá de las necesidades de la estación y de la facilidad para montarlas o armarlas, pero obligada mente deben ser ligeras para facilitar su lanzamiento y darle rigidez y estabilidad a todo el complejo orbital. La estación espacial Freedom, en su configuración básica, tendrá una torre de 108 m de longitud, con un corte transversal hexagonal, y formada por tubos de 5 m de largo y 5 cm de diámetro, aproximadamente; la torre se construirá en órbita mediante la unión progresiva de 7 secciones preintegradas que serán enviadas en misiones diferentes de orbitadores de la NASA, a partir de 1995 o 1996. Esta gran estructura servirá como soporte para los paneles solares en cada uno de sus extremos, así como para los radiadores de calor, el sistema de iluminación exterior, el sistema de propulsión, y sobre ella se podrán deslizar robots como el Sistema de Servicio Móvil.

## ENERGÍA ELÉCTRICA

Una estación espacial habitada requiere de cantidades importantes de potencia, que es consumida por todas las cargas que la mantienen funcionando como tal (computadoras, enlaces de comunicaciones, ventiladores y bombas, refrigeradores, iluminación.) y, desde luego, por los experimentos y procesos que se llevan a cabo en ella. La demanda de potencia total de una estación puede ser, cuando menos, de varios kilowatts, pero la cantidad exacta obviamente dependerá de las características muy particulares que tenga (dimensiones, cargas experimentales, número de tripulantes. ). La estación Skylab, por ejemplo, utilizaba 7.5 Kw., la estación Mir genera actualmente cerca de 40 Kw., y la estación Freedom producirá, al concluirse su construcción en el año 2000, unos 60 Kw., con la posibilidad de

que dicha potencia se incremente hasta 75 Kw. varios años más tarde.

Hay tres maneras de obtener en el espacio la potencia que se requiere: del Sol, de baterías o de reactores nucleares. Las baterías no son prácticas para misiones largas, porque tienen que ser recargadas y, además, el peso de un sistema primario de energía eléctrica basado en esta tecnología sería simplemente prohibitivo. En la práctica, sólo se usan como elementos auxiliares o secundarios, y se recargan con energía proveniente del Sol. En cuanto a los reactores nucleares, por razones obvias, no son candidatos muy populares para generar electricidad a bordo de ningún vehículo que orbite la Tierra. De manera que, en la actualidad, la fuente primaria de energía para las estaciones espaciales es el Sol, que puede ser aprovechado mediante dos tecnologías: arreglos de celdas solares o sistemas dinámicos solares (en el futuro).

Una celda solar es un dispositivo fotovoltaico hecho con algún material semiconductor, como el silicio o el arseniuro de galio, y transforma en energía eléctrica una parte de la energía solar que incide sobre ella (energía de los fotones incidentes). Sin embargo, la tecnología actual sobre celdas solares es todavía muy poco eficiente, porque sólo un poco más del 10% de la energía solar incidente es transformada en electricidad. Las celdas de silicio se han utilizado durante muchos años y aún son la tecnología más aceptada, pero su eficiencia es ahora superada por celdas hechas con arseniuro de galio, que pueden alcanzar hasta un 15% y operar a temperaturas más altas con mayor estabilidad. En cualquiera de los casos, la eficiencia de conversión sigue siendo muy baja, y los voltajes y corrientes deseados se obtienen conectando muchas celdas en serie y en paralelo. Las celdas son montadas sobre grandes bastidores para formar los "arreglos solares", que normalmente toman la forma de largas alas extendidas; esta es una tecnología muy madura, que también se ha utilizado ampliamente en satélites de comunicaciones y de percepción remota (Fig. 3.7).

Los arreglos solares también llevarán un conjunto de otros elementos necesarios para el buen funcionamiento del sistema de energía eléctrica, indicados en la Figura 3.8 (radiadores y equipos integrados adicionales). Cada equipo integrado adicional consistirá de baterías, convertidores de voltaje para la distribución de energía, y algunos componentes electrónicos. Los

radiadores permitirán eliminar el calor que se genere, para conservar el equilibrio térmico. Las estaciones espaciales habitadas, a la altura típica en que son colocadas en órbita, completan una vuelta alrededor de la Tierra aproximadamente cada 90 minutos. Durante poco menos de la mitad de este tiempo total, pasan por la sombra de la Tierra; es decir, se les hace de noche. Por lo tanto, en estos períodos de oscuridad la potencia no puede obtenerse directamente de las celdas solares, porque no les da el Sol, sino que tiene que recurrirse a otra alternativa; hay tres alternativas: baterías, sistemas reversibles con celdas de combustible, o largos filamentos electrodinámicos.

Una celda de combustible combina hidrógeno con oxígeno para producir energía eléctrica (más agua como producto secundario), y si el sistema del que forma parte es reversible, una unidad de electrólisis se usa para separar al agua nuevamente en hidrógeno y oxígeno (10 cual consume energía eléctrica); con estos dos elementos químicos se produce más electricidad (y agua), y así sucesivamente. Pero la técnica tiene varios inconvenientes, entre ellos el de que se requieren tanques separados de almacenamiento para el agua, el oxígeno y el hidrógeno, que hay que mantener los niveles adecuados de flujo, y que las bombas, válvulas, compresores y otros mecanismos tienen una vida muy limitada. Los orbitadores espaciales de la NASA utilizan celdas de combustible como fuente primaria de energía, pero hay que recordar que estas misiones son cortas, generalmente de una semana de duración, además de que no emplean un sistema reversible; los sistemas reversibles aún no han sido perfeccionados, y además su eficiencia de conversión de energía es, en general, menor que la de una batería.

La otra solución posible, mediante filamentos electrodinámicos, consistiría en emplear un cable conductor muy delgado y muy largo, cubierto de un protector aislante, que se extendiese hacia la Tierra y del que tirase el gradiente de gravedad, casi perpendicularmente hacia la superficie terrestre. Uno de los extremos de este cable estaría unido a la estación, y conforme ésta - con todo y cable- orbitase la Tierra, el movimiento del conductor a través del campo magnético de la Tierra produciría electricidad. Sin embargo, el movimiento del conductor a miles de kilómetros por hora a través de la atmósfera no sólo produciría electricidad, sino que también generaría una fuerza electromotriz que podría alterar indeseablemente la orientación o la altitud de la estación espacial. Esta

tecnología aún requiere muchas pruebas y años de estudio antes de que pueda determinarse la factibilidad de emplearla en la práctica; y precisamente una de estas pruebas se llevará a cabo en una de las misiones de la NASA programadas para fines de 1992, en la que un pequeño satélite científico italiano (TSS) será desplegado desde un orbitador espacial, pero permanecerá amarrado a la nave mediante un larguísimo cable conductor de 20 km de longitud y sólo 2 mm de diámetro, que se moverá a través del campo geomagnético a gran velocidad, arrastrado por el orbitador y generando electricidad\*.

De manera que la tercera opción (el uso de baterías) es la más apropiada en la actualidad para almacenar energía en las estaciones espaciales y suministrarla durante los períodos de oscuridad. Los satélites que orbitan la Tierra también usan baterías, normalmente de níquel-cadmio o de níquel-hidrógeno, para la misma finalidad, ya que son muy confiables y pueden operar durante miles de ciclos de carga y descarga durante varios años, aún cuando su eficiencia de potencia de entrada / salida sea de sólo un 60%. Las baterías de níquel-cadmio se han usado durante muchos años, pero la tecnología de níquel-hidrógeno es más reciente y eficiente. La vida de una batería depende de la temperatura a la que trabaja, qué tanto se descarga, qué tan seguido y rápido debe cargarse o descargarse, y otros factores. Las baterías se recargan mientras los arreglos solares son iluminados por el Sol y proveen dc energía a la estación, de manera que dichos arreglos solares deben estar bien diseñados en lo que se refiere a sus dimensiones, para que además de ser la fuente primaria de energía también puedan recargar a las baterías. Cuando la estación pasa a la oscuridad durante su órbita, las baterías se van descargando conforme alimentan a todo el conjunto, para que las operaciones no se interrumpan. y así, dichas baterías van pasando de un ciclo a otro de carga y descarga.

Regresando a la cuestión de otras alternativas como fuentes primarias de energía eléctrica aprovechando al Sol, aparte de emplear arreglos de celdas solares, también existe la posibilidad de usar un sistema dinámico solar. Esta tecnología es muy similar a la que se utiliza en muchas plantas terrestres para generar electricidad, pero nunca se ha probado su operación en el espacio. El sistema se basa en concentradores solares que enfocan los rayos del Sol sobre un fluido. El fluido, al calentarse, le transfiere trabajo a una turbina, la cual a su vez mueve a un

alternador que, como consecuencia del movimiento, genera electricidad. Es decir que la energía térmica del Sol es convertida primero en energía mecánica (turbina) y después en energía eléctrica (alternador). Se estima que este proceso es mucho más eficiente que el fotovoltaico, que el tamaño del sistema puede ser más pequeño que el de los arreglos solares para la misma cantidad de potencia generada, y que además produciría menos resistencia al desplazamiento de la estación a través de la atmósfera que los mismos arreglos solares. Hay varios tipos de esta clase de ciclos térmicos, entre ellos, el Brayton (gas), el Rankine (vapor) y el Stirling (gas); en todos ellos, el fluido que trabaja puede ser reciclado, por lo que estos sistemas son de ciclo cerrado. La NASA, junto con la industria estadounidense, ha estado estudiando esta tecnología por varios años, e incluso -hasta hace poco tiempo—se pensaba en la posibilidad de emplearla para aumentar la energía eléctrica total de la estación Freedom a principios del siglo XXI, complementando los arreglos de celdas solares con concentradores dinámicos solares en ambos extremos de la torre principal de la estación. Sin embargo, debido a la reconfiguración que la estación tuvo que sufrir en 1991, por recortes de presupuesto del Congreso de Estados Unidos, ahora no parecen ser más que diseños olvidados, pero de cualquier manera dan una idea clara de cómo puede ir creciendo una estación espacial.

Pasemos ahora a otro aspecto igualmente importante del sistema de energía eléctrica de una estación espacial. Es evidente que la electricidad entregada por las celdas solares o por las baterías, o por cualquier otra fuente que se llegase a emplear, tiene que ser transportada hacia las Cargas que la consuman, por medio de cables, y de la manera más eficiente posible para reducir las pérdidas de transmisión. Por lo tanto, es necesario elegir una configuración para el transporte y la distribución de potencia que sea la más conveniente para satisfacer a todos los usuarios, los cuales generalmente requieren niveles distintos de voltaje y frecuencia de operación. En el caso de los arreglos de celdas solares y las baterías, la potencia que generan es de corriente directa (CD). La mayoría de los vehículos espaciales (satélites, sondas.) utilizan una red de distribución de potencia a 28 V (CD), ya que los requerimientos de potencia de sus componentes son bajos, además de que es una tecnología muy bien probada que se derivó inicialmente de los sistemas de aviación. Sin embargo, para transmitir y distribuir la potencia en las estaciones espaciales es más eficiente emplear corriente alterna (CA), porque

los requerimientos de potencia son muchos kilowatts y las distancias entre las fuentes primarias de energía y las cargas consumidoras pueden ser de varias decenas de metros; se necesitan niveles altos de voltaje de CA para reducir la intensidad de la corriente, y con ello las dimensiones y el peso de los conductores, así como las pérdidas de transmisión en forma de calor (que son muy altas con corrientes grandes).

La elección que se haga para el nivel de voltaje y la frecuencia de operación de un sistema de transmisión y distribución de CA también dependerá de otros factores, tales como el tamaño requerido para los componentes reactivos (inductores, capacitores, transformadores), las Posibilidades de interferencia que pudiesen ocurrir y dañar la operación de las cargas experimentales y otros equipos, interacciones con el plasma en la órbita terrestre baja que pudiesen producir corrientes de fuga y arcos de descarga, la tecnología de semiconductores que esté disponible para la conversión de CD a CA, posibles sacudidas eléctricas o "choques" riesgosos para la tripulación, y la posible creación de ruido eléctrico audible que causase molestias.

## CONTROL TÉRMICO

Una estación espacial tiene fuentes internas y externas de calor que deben ser controladas para conservar su estructura y equipos operando dentro de intervalos de temperatura permisibles. La principal fuente interna de calor está asociada con la potencia eléctrica generada por la estación, ya que prácticamente toda la energía entregada a las cargas experimentales o de servicio finalmente se convertirá en calor al ser utilizada, mediante transformaciones de energía eléctrica a mecánica y otros tipos. Otras fuentes internas de calor, aunque menos significativas, incluyen, por ejemplo, al metabolismo de la tripulación y al calor químico generado por ciertos experimentos o procesos. Por lo tanto, es necesario recolectar todo este calor y transportarlo a algún lugar en el que pueda ser radiado o "tirado" hacia el espacio, para conservar a la estación habitable y en un buen estado de operación.

Además de eliminar todo este calor de desperdicio, la estación espacial tiene que defenderse contra las fuentes externas de calor que son el Sol y la Tierra; la magnitud de las radiaciones caloríficas de estas fuentes depende de la posición que la estación tenga en cada momento a lo largo de su órbita, conforme pasa

alternadamente de la luz a la sombra. En promedio, la Tierra refleja cerca del 50% de la radiación solar que incide sobre ella (albedo), pero puede llegar al 75% cuando la estación sobrevuele nubes brillantes o nieve. El albedo, obviamente, sólo se presenta durante la parte iluminada de la órbita, pero la Tierra también radia su propia energía debido a su temperatura, y esto ocurre tanto durante la porción iluminada de la órbita de la estación como en la oscuridad de la misma. Por lo anterior, es muy importante controlar las oscilaciones del calor total externo en cada instante, y desensibilizar –hasta donde sea posible– a la estación del medio ambiente exterior. Esto puede lograrse con elementos "pasivos", como aislantes de fibra de vidrio o plásticos aluminizados, acabados exteriores con materiales de baja absorción y alta emisividad (como pintura blanca y espejos) y caloductos.

El calor generado internamente por la estación se produce a cierta distancia de los puntos en los que resulta práctico colocar a los radiadores térmicos, por lo que es necesario transportar dicho calor hasta los puntos de radiación mediante circuitos que contengan algún fluido, ya sea de una o de dos fases. Los sistemas de una sola fase trabajan con fluidos que deben cambiar su temperatura para absorber o entregar calor, mientras que en los de dos fases ocurren la evaporación y condensación del fluido, con la consiguiente absorción o liberación de calor en estados físicos diferentes a una temperatura fija. En el caso de los módulos presurizados, habitados por los astronautas, las tuberías del circuito térmico interior deben usar algún fluido que no sea tóxico, como agua. En las tuberías exteriores, en cambio, se pueden usar otros fluidos, como freón o amoníaco. La estación básicamente se refresca como si fuese un gigantesco refrigerador en el espacio, recolectando el exceso de calor de varios puntos y transportándolo a otros lugares en donde grandes radiadores planos lo tiran hacia el espacio; este proceso se denomina control "activo".

Si tomamos una vez más como ejemplo a la estación espacial Freedom, ésta tendrá elementos de control térmico tanto activos como pasivos. El control pasivo se realizará con acabados exteriores especiales, aislantes y caloductos. Las propiedades ópticas de absorción solar y emisividad en el infrarrojo de ciertas pinturas se explotarán para cubrir las superficies, minimizando así el calor solar o terrestre que se absorba y rechazando tanto como sea posible. Debajo del blindaje cilíndrico contra los micrometeoritos y la chatarra espacial de

los módulos presurizados, se colocarán varias capas de material aislante; esto no sólo ayudará a equilibrar el medio ambiente interno, al reducir la transferencia de calor por conducción hacia adentro, sino que también reforzará la protección del blindaje de los módulos contra el posible impacto de pequeñas partículas; el laboratorio estadounidense, por ejemplo, estará protegido por una manta formada con 19 capas de mylar aluminizado, intercaladas con mallas de dacrón y soldadas con ultrasonido. Además de las mantas protectoras, los módulos tendrán calefactores suplementarios que serán encendidos cuando se requiera, para darle una mejor tolerancia térmica a ciertos equipos, o bien para usarse como calor de supervivencia en el caso de que hubiese alguna falla grave.

## NAVEGACIÓN Y CONTROL DE ORIENTACIÓN

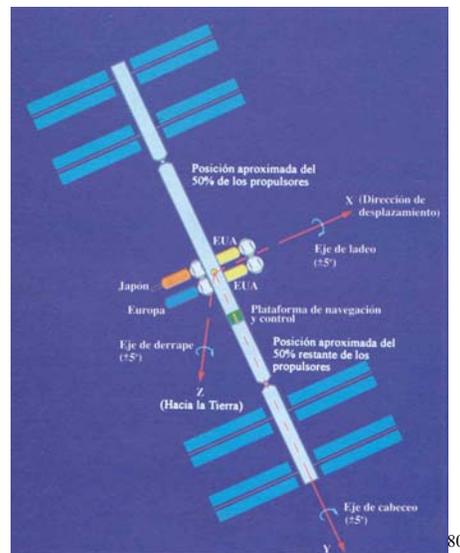
Una vez colocadas en órbita, las estaciones espaciales permanecen más o menos en la misma trayectoria alrededor de la Tierra, por varios años. Claro que se producen algunas variaciones en la altitud, la inclinación del plano de la órbita, y la orientación de toda la estructura con relación a la superficie de la Tierra, pero estos cambios no representan un problema muy grave para poder determinar su posición en general, para lo cual hay muchos medios de rastreo, como, por ejemplo, los radares y los satélites TDRS de la NASA. Sin embargo, para que una estación pueda trabajar eficientemente, debe contar a bordo con el equipo necesario que siempre le permita saber su orientación con relación a la Tierra y al Sol (por ejemplo, para orientar correctamente sus arreglos solares y los radiadores de calor); de igual manera, el apoyo de este mismo equipo es importante para que la estación se acelere periódicamente en la dirección adecuada y mantenga así una altitud segura, para que se mueva a tiempo –en el sentido correcto– y evada al posible impacto de micrometeoritos o chatarra espacial, y para que mantenga una orientación estable que facilite su control térmico, reduzca la resistencia de la atmósfera contra su desplazamiento, y no altere demasiado los niveles de microgravedad que los experimentos requieren para su buena operación. Estos y muchos otros factores exigen la necesidad de un buen sistema de navegación y control de orientación, así como uno de propulsión (que se verá en la sección siguiente). Los dos sistemas están muy interrelacionados, y bien podrían ser considerados como un solo gran sistema ya que, en realidad, la parte de propulsión simplemente recibe

órdenes del sistema de navegación y control. Sin embargo, ambas partes son muy complejas, y por lo tanto es mejor dividir las en dos sistemas separados.

El problema básico de la navegación en órbita consiste en determinar, con la mayor precisión posible, la trayectoria orbital de la estación y su desviación con relación al camino planeado o requerido, haciendo varias mediciones y calculando errores de posición y orientación. Hay varios factores que producen disturbios o cambios: las variaciones de la fuerza de atracción gravitacional de la Tierra debidas a la imperfecta esfericidad de la misma, las atracciones correspondientes de la Luna y del Sol en diferentes épocas del año, y la resistencia de la atmósfera al desplazamiento de la estación, misma que varía con la temperatura y la actividad solar. También hay otros factores que contribuyen, aunque en menor grado, a alterar la trayectoria y la orientación de la estación, por ejemplo, los movimientos de la tripulación, los impactos de micrometeoritos muy pequeños, la presión solar, el desplazamiento de fluidos o de robots, y el atraque de algún otro vehículo espacial- como un orbitador. En muchos sentidos, la situación de una estación espacial es similar a la de un satélite de comunicaciones, el cual necesita ser controlado para que sus antenas siempre apunten hacia el área geográfica a la que le dan servicio, y al mismo tiempo los arreglos solares se conserven apuntando correctamente hacia el Sol para generar la potencia eléctrica. Sí hay, desde luego, algunas diferencias importantes entre ambos casos; por ejemplo, en la órbita geoestacionaria (a casi 36000 km de altitud) la atmósfera prácticamente no existe y por lo tanto no hay resistencia al desplazamiento por parte de ésta; tampoco hay tripulantes ni robots a bordo de los satélites, ni atracan naves espaciales en ellos, que provoquen aceleraciones indeseables; pero de cualquier manera, los principios involucrados de navegación y control, en combinación con los de propulsión, son realmente los mismos. Por lo que respecta a la ejecución en sí de los comandos de control, éstos se envían desde la Tierra en el caso de las estructuras convencionales como los satélites de comunicaciones, pero cuando se trata de una estación espacial habitada entonces es necesario que la tripulación tenga una intervención directa.

Las tendencias que una estación espacial tiene a desviarse de su estabilidad aerodinámica a lo largo de su trayectoria se definen en términos de cabeceo, giro longitudinal (o ladeo)

y derrape o guiñada (en inglés: pitch, roll y yaw, respectivamente), al igual que para un avión. Asimismo, tal como es el caso para los satélites de comunicaciones, la estación usa diferentes tipos de sensores para determinar su orientación. En cuanto a las correcciones que haya que hacer de vez en cuando, hay varios dispositivos útiles para tal propósito, como los propulsores o los giroscopios de momento. La elección final dependerá de la configuración estructural de la estación y de los requerimientos de su misión; y en cuanto al número de las acciones correctivas y la frecuencia con la que éstas se hagan, estarán limitados por la cantidad disponible de combustible, su costo, y por los límites aceptables en las perturbaciones de aceleramiento para los procesos y experimentos que se realicen a bordo.



80

Para compensar las variaciones de orientación de la estación, los giroscopios de momento de la plataforma de navegación y control absorberán los pares perturbadores (fuerzas rotacionales en las direcciones de cabeceo, ladeo y derrape). La tecnología de los giroscopios o volantes giratorios ha alcanzado ya un buen grado de madurez, pues su uso también es muy común para conservar la orientación correcta de los satélites de comunicaciones y de otras estructuras espaciales. Hay varios tipos de volantes giratorios, y su tamaño y velocidad rotacional dependen de la magnitud del efecto que se esperan de los pares correctivos; algunos pueden ser controlados

<sup>80</sup> “Freedom” se desplazara en la dirección del eje “x”, los ejes de referencia (cabeceo, ladeo y derrape) para determinar la estabilidad aerodinámica de la estación también se demuestran en la figura

magnéticamente. En el caso de los llamados giroscopios de momento, el intercambio de momento mecánico (almacenado en la forma de energía rotacional) entre los volantes giratorios y el vehículo espacial se realiza al Cambiar el ángulo entre sus respectivos ejes de giro, lo cual produce un par que es transferido al vehículo (o sea, a la estación).

Es interesante hacer notar en este punto que, así como sucede cuando se desea colocar en órbita a un satélite o a una estación espacial, el cambio de altitud no se logra impulsando al vehículo hacia arriba directamente, sino acelerándolo en la dirección de su trayectoria. Así pues, conforme la velocidad de la estación aumenta en la dirección de vuelo (a lo largo del eje X de la Fig. 80), la fuerza centrípeta resultante la empujará alejándola ligeramente de la Tierra, y consecuentemente -al quedar más lejos- su altitud aumentará. Por otro lado, la operación inversa también se podrá realizar, si fuese necesario, para reducir y ajustar la altitud durante las maniobras de atraque de un orbitador, encendiendo algunos de los propulsores (Fig. 80) en la dirección negativa del eje X.

## PROPULSIÓN

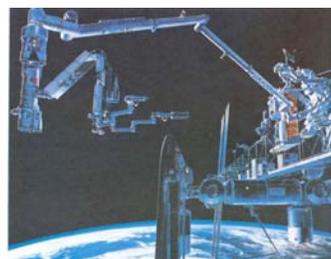
Por los conceptos que han sido comentados hasta ahora, es claro que una estación espacial requiere de un buen sistema de propulsión, para conservar su altitud, apoyar maniobras correctivas de orientación, evitar colisiones, efectuar acoplamientos con otros vehículos, y realizar otras operaciones. Sin estas cualidades, la altura de su órbita iría disminuyendo progresivamente, y en unos cuantos años reingresaría en las capas densas de la atmósfera y se incendiaría al caer en picada. Tal fue el caso con la estación Skylab, por ejemplo, que no tenía su propio sistema de propulsión y cuya órbita fue decayendo durante siete años, hasta que finalmente reingresó en la atmósfera en 1980. Por otra parte, es importante notar que si una estación espacial sí tiene su propio sistema de propulsión, entonces es necesario reaprovisionarla periódicamente de combustible, mediante la visita de vehículos auxiliares, tales como los orbitadores espaciales (EUA) o los cargueros Progreso (CEI ex-URSS).

Hay una amplia variedad de posibles sistemas de propulsión para una estación espacial, que incluye, por ejemplo, el uso de diferentes tipos de reacciones químicas para expulsar chorros de gases altamente comprimidos a través de las angostas toberas de los propulsores, u otras

técnicas más sofisticadas como la propulsión nuclear o la propulsión con iones o plasma. La elección final dependerá de varios factores: seguridad, magnitud de los pares correctivos necesarios, peso permisible, duración, confiabilidad, y flexibilidad. La tecnología de los propulsores está muy desarrollada, pues también se le utiliza desde hace varias décadas para reorientar o cambiar la posición de otras estructuras o vehículos espaciales durante todos los años de su misión correspondiente. En el caso de los satélites de comunicaciones, por ejemplo, se usan pequeños propulsores que lanzan chorros de gases calientes hacia el espacio para producir un impulso (Tercera Ley de Newton) en la dirección deseada. Las características y las dimensiones de estos propulsores, que son encendidos a control remoto desde la Tierra, dependen de la masa del satélite y de qué tanto se prevé que habrá que corregir su posición y orientación a lo largo de toda su vida útil.

## AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA

La automatización es el uso de máquinas para controlar o realizar diversos procesos con mínima intervención humana, apoyándose en programas de computadora cuyo nivel de complejidad depende de las características de la aplicación. Algunos de estos programas de computadora pueden ser muy sofisticados, a tal grado que le den a las máquinas "inteligencia artificial" y ciertas habilidades para resolver problemas y tomar decisiones. Con este tipo de automatización avanzada, el control, la realización de procesos y de diversas tareas se puede hacer más efectivamente, pues tales sistemas expertos se basan en los programas para emular a ciertas áreas específicas del hombre en la toma de decisiones, usando el "conocimiento" y el "razonamiento".



En realidad, la automatización "avanzada" de nuestros días aún es muy rudimentaria, pero de

<sup>81</sup> representación del sistema de servicio móvil, con el robot denominado "manipulador diestro" montado en el extremo del brazo mecánico (National Research Council of Canada)

cualquier manera sí puede ser útil en las estaciones espaciales para mejorar la seguridad y la productividad. Por ejemplo, la inteligencia artificial y los sistemas expertos pueden ser empleados para detectar fallas en algunos de los sistemas de una estación (eléctrico, térmico, propulsión, navegación. ), prevenir la propagación de esas fallas para proteger a otros componentes de la estación, determinar procedimientos para regresar al sistema a su operación normal, y sugerir alternativas para impedir la repetición de las fallas. También pueden ser aprovechados para implantar interfases de lenguaje, como el reconocimiento o la síntesis de voz. El reconocimiento de voz le permitiría a un astronauta darle órdenes a una máquina para que ésta hiciera algo específico con el simple hecho de hablarle, y por su parte, la síntesis de voz le permitiría a una máquina informar o advertir a la tripulación sobre alguna situación existente a través de un altavoz o bocina, por ejemplo, llamar su atención diciendo "hay una fuga en los tanques de nitrógeno".

Conforme las estaciones espaciales habitadas vayan evolucionando, es de esperarse que se intente ir introduciendo en ellas una automatización cada vez más avanzada. Sin embargo, esto tendrá que ser llevado a cabo de una manera equilibrada, para que los astronautas a bordo no se sientan completamente en manos de las máquinas -las cuales podrían llegar a fallar- y sigan teniendo el control general de la operación de la estación y de todos los procesos realizados en ella. En el caso particular de las estaciones espaciales sin tripulación o "autónomas", el grado de aplicación de la automatización será, desde luego, una situación muy diferente.

Además de usar la automatización para controlar o realizar diversos procesos, la introducción de robots en las estaciones espaciales habitadas también puede resultar muy provechosa, al aumentar la productividad y mejorar la seguridad de la tripulación. Normalmente, el tiempo de los astronautas está muy limitado, por lo que algunos robots pueden encargarse de las tareas riesgosas o que consuman mucho tiempo, y también pueden ayudarles en algunas otras tareas, reduciendo significativamente el tiempo que de otra forma la tripulación tendría que invertir. Con su aptitud para manipular objetos, y hasta de moverse, y contando con cierto grado de inteligencia artificial, los robots son excelentes candidatos para ser considerados como "tripulantes permanentes" de las estaciones espaciales habitadas.

## **COMUNICACIONES E INFORMÁTICA**

Es evidente que las estaciones espaciales requieren de comunicaciones rápidas y confiables para poder operar eficazmente. Generan mucha información, y la mayor parte de ésta quizá tenga que ser transmitida hacia la Tierra, a otros vehículos, a astronautas dentro o fuera de la estación, ya varios dispositivos y equipos a bordo. Al mismo tiempo, las estaciones tienen que recibir órdenes u otras señales desde la Tierra, así como información proveniente de otros vehículos, y procesar y distribuir todo de una manera coordinada. Los tipos de señales que una estación espacial necesita transmitir o recibir son: datos operativos, datos de los experimentos, audio y video. Las señales de audio y de video pueden digitalizarse, de manera que toda la información en su conjunto ( datos, audio y video) puede ser mezclada y transmitida o recibida en canales digitales de datos. Asimismo, las cantidades de información pueden ser extremadamente grandes, por lo que es obligado contar con un sistema sofisticado de informática.

## **CONTROL AMBIENTAL Y DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS**

La presencia de seres humanos a bordo de las estaciones espaciales impone la necesidad de controlar el medio ambiente interior y de administrar varios recursos, para mantener a la tripulación viva, sana y con comodidades. Básicamente, los astronautas necesitan agua y aire limpios, así como comida; por lo tanto, el sistema de control ambiental y de distribución de fluidos de una estación espacial debe darles ese medio ambiente habitable, que también resulta benéfico para todas las demás especies biológicas que puedan estar a bordo (experimentos con animales o vegetales). Por cierto, algunos vegetales pueden ser integrados a sistemas avanzados de control ambiental y de conservación de la vida, de tal modo que suministren comida y oxígeno, y eliminen parte del dióxido de carbono exhalado por la tripulación, pero este concepto apenas está siendo estudiado, de manera que el alimento (comida) aún es considerado como parte de otro sistema (alojamiento y otros servicios para la tripulación).

Los sistemas de control ambiental y conservación de la vida que todos los vehículos tripulados norteamericanos han utilizado hasta la fecha, incluyendo a los programas Skylab y del orbitador espacial, han sido eficientes pero

sencillos, en el sentido de que aunque el medio ambiente es controlado, los componentes como el oxígeno y el agua no son reutilizados o regenerados. Una de las razones por las que se ha seguido esta configuración simple es que los sistemas regenerativos son más complejos y caros, y la inversión necesaria sólo se justifica en misiones espaciales muy largas, pero casi todas las misiones norteamericanas realizadas hasta la fecha han sido relativamente cortas. En cambio, los soviéticos sí han empleado ciertos tipos de regeneración, aunque en forma aún muy limitada; por ejemplo, han cultivado ciertos vegetales para obtener comida y reciclado la humedad condensada del aire de la cabina para producir algo de agua. Sin embargo, estrictamente, los sistemas que puedan ser considerados como realmente regenerativos, y que incluyan la interacción biológica entre plantas y animales, todavía están pendientes de ser desarrollados en el futuro; estos sistemas serán particularmente útiles para las misiones espaciales tripuladas de muy larga duración -de varios meses o incluso años-, tales como la exploración humana del planeta Marte que se proyecta realizar durante el siglo XXI.

De manera muy general, un ser humano consume alimento, aire y agua, y produce dióxido de carbono y desechos sólidos y líquidos. Normalmente, en los vuelos actuales, todos los elementos consumibles tienen que ser llevados por la tripulación, o bien enviados periódicamente (en vehículos automáticos, como en el caso de la estación soviética Mir), y los productos de desecho son eliminados o almacenados, con algún tratamiento previo, pero nunca son reutilizados. Hay varios tipos de reciclaje a considerar, como el uso de la humedad condensada del aire de la cabina para producir agua, y el tratamiento del agua sucia (producida al bañarse, lavarse las manos, lavar ropa.) y la orina para obtener algo de oxígeno para el aire de la cabina. Otros procesos regenerativos o de reciclaje podrían incluir el cultivo de plantas para remover parte del bióxido de carbono, y producir oxígeno y comida. La eficiencia de estos sistemas dependerá de qué tanto se puedan reciclar los materiales consumidos, con una recuperación aceptable de productos aprovechables por los tripulantes o los vegetales de la estación, y su justificación económica también quedará determinada, en gran medida, de qué tanto se puedan reducir los vuelos de reabasto de alimento o de fluidos vitales hacia una estación.

Para reciclar el agua, proveniente del aseo personal o del lavado de ropa, se emplearán varias

etapas de filtrado que eliminarán cabellos, partículas metálicas y otras sustancias; después, el agua será calentada a 120 °C durante veinte minutos para destruir los microbios, se filtrará nuevamente, se le añadirá yodo para destruir los microbios restantes, y el proceso continuará, hasta obtener agua pura de excelente calidad. También habrá un procesador o tratador de orina, para recuperar agua pura con un 90% de eficiencia, y un condensador que absorberá del medio ambiente los vapores transpirados por los tripulantes y entregará agua adicional. En cuanto al reciclaje del dióxido de carbono exhalado por la tripulación y otras especies biológicas, se espera contar -ya entrado el siglo XXI, en la etapa "ampliada" de la estación con un sistema cerrado que, a partir de la electrólisis de cierta cantidad de agua, genere oxígeno e hidrógeno, para combinar este último con el dióxido de carbono y producir más agua y separar el carbono; el oxígeno producto de la electrólisis, por su parte, servirá para restituir los niveles del aire en los módulos presurizados. Dicho oxígeno será combinado con nitrógeno proveniente de algún tanque de almacenamiento; este último elemento (nitrógeno) no será reutilizado y sí tendrá que ser "surtido" total y periódicamente con envíos desde la Tierra.

El cultivo de algunos vegetales a bordo de la estación también permitirá reciclar parte del dióxido de carbono y generar algo de oxígeno, aprovechando la fotosíntesis de las plantas, además de proporcionar alimentos frescos a la tripulación; sin duda, una fresca ensalada de lechuga tomate y rábanos hará la estancia de los astronautas más placentera e incrementará su productividad. Para esto, la NASA ha desarrollado ya un prototipo de lo que sería la "máquina de ensaladas" a bordo de la futura estación Freedom ; probablemente haya cuatro cámaras de cultivo de vegetales, o más, similares a la que se muestra en la figura, dependiendo del número de tripulantes y de su apetito, así como de la variedad de especies que se desee tener en el menú. De igual manera, como una posible aplicación a bordo de las estaciones espaciales avanzadas o en campamentos sobre la Luna o el planeta Marte, y con ciertas modificaciones según el caso, la NASA también está experimentando con una especie de invernadero automático , ya sea a base de hidroponía o bien de substratos sólidos, en el que podrán desarrollarse, con poca intervención humana, cantidades suficientes y variadas de legumbres frescas; en el caso de emplearse el prototipo en la Luna, por ejemplo, quizá puedan aprovecharse algunos materiales del suelo lunar

para producir tierra sintética que alimente a los vegetales dentro de la cámara de cultivo.

Evidentemente, el sistema de control ambiental tendrá que estar muy interrelacionado con otro que distribuya el flujo de los elementos involucrados (agua, nitrógeno, fluidos residuales de los equipos de la estación. ); este otro sistema desarrollará sus funciones (por ejemplo, la entrega del nitrógeno para restituir la composición del aire, o de agua fresca para revitalizar el reciclaje normal de la misma), apoyándose en sus propios programas de cómputo y en los equipos asociados para almacenar, supervisar y surtir los fluidos conforme sea necesario. Por esta interacción tan estrecha, ambos sistemas pueden ser considerados como uno solo; control ambiental y distribución de fluidos.

### ALOJAMIENTO Y OTROS SERVICIOS PARA LA TRIPULACIÓN



El agua, el aire, el alimento, el control térmico y otros elementos similares que permiten conservar vivos a los tripulantes, no son en sí suficientes para que éstos trabajen eficientemente durante las misiones espaciales largas. Necesitan un equilibrio entre las amenidades fisiológicas y psicológicas, que al mismo tiempo deben estar diseñadas tomando en cuenta el medio ambiente de microgravedad de la estación; por ejemplo, los astronautas prefieren que en el interior de los módulos haya una distribución familiar de las cosas, con un "piso" y un "techo" bien identificables

Es más, en el diseño de cada equipo o "mueble" orientado al uso de los astronautas también se debe considerar que, en la microgravedad, la posición normal de los humanos es diferente a la que adoptan en la superficie terrestre, y que tiene cierta similitud con la

<sup>82</sup> simulador del comedor, en el que los tripulantes, además de ingerir sus alimentos, podrán descansar y hacer teleconferencias con la tierra (nasa)

posición de un bebé en gestación que flota en el interior del útero de su madre.



Los tripulantes deben tener a su alcance tantas comodidades y facilidades para trabajar como sea posible, de forma que se sientan a gusto todos los días y realicen sus actividades con eficiencia. El grado de comodidad disponible en los vuelos tripulados depende de varios factores, incluyendo desde luego el costo, pero ha ido mejorando progresivamente a través de los años. Es importante hacer notar que los astronautas de las estaciones espaciales modernas esperan contar con cierta privacidad y algún tipo de entretenimiento, especialmente si deben pasar varios meses en órbita. De ser posible, desearán tener una cocina atractiva, con una buena variedad de alimentos y utensilios, un lugar agradable para "sentarse" a comer, e instalaciones para lavar sus cubiertos y platos, así como un baño de ducha (o regadera), un retrete ( WC), equipo para hacer ejercicio, closets o espacios para guardar la ropa, un botiquín bien surtido, equipo fotográfico, música y videos.



Como parte de su trabajo, los astronautas tienen que controlar diversos equipos asociados

<sup>83</sup> compartimiento privado, con ventilación ajustable, iluminación, TV y comunicaciones (nasa)

<sup>84</sup> simulador de cocina, estación Freedom, las dos estructuras circulares del lado izquierdo servirán para introducir las manos y lavarlas, arriba a la derecha se ven los hornos de microondas (nasa)

con los experimentos y procesos a bordo, así como otros relacionados con los servicios de higiene, alimentación y por ello es recomendable que las interfases que empleen (computadoras, monitores de televisión. ) sean atractivas y fáciles de manejar, con desplegados gráficos o visuales claros y acceso rápido a bancos de datos. Hay que recordar que la mayoría de los tripulantes de una estación espacial no son precisamente especialistas en computación, sino científicos o ingenieros con experiencia en disciplinas muy diversas, y entonces es imperativo que sea sencilla la manera de activar u operar los equipos y las cargas experimentales, generar comandos. Esta necesidad de hacer atractivos a los equipos de trabajo también se extiende al diseño de los demás tipos de instalaciones, así sean para hacer ejercicio, lavarse, o cualquier otra actividad, puesto que sin duda ello optimiza la productividad de la tripulación.



85

## TRANSPORTE DE TRIPULACIONES Y CARGAS

Si una estación espacial habitada ha de ser ensamblada en órbita y operada eficazmente durante todos sus años de vida, es obvio que se requiere contar con una buena flota de vehículos de transporte. Todas las partes que serán ensambladas en órbita y los astronautas que las unirán, o que operarán dicho complejo orbital, tendrán que ser enviados mediante una serie de lanzamientos, que a la fecha se estima en una veintena de vuelos de orbitadores espaciales durante los primeros cinco años desde que se inicie la construcción. Posteriormente, cuando la estación esté terminada y sea habitada en forma permanente, la necesidad de transportar astronautas y cargas desde o hacia la Tierra seguirá exigiendo

una flota eficaz y segura, así como técnicas precisas de acercamiento y de acoplamiento a la estación, para que los vehículos no dañen irreparablemente alguna estructura o sistema, ni alteren peligrosamente los niveles de la microgravedad que los experimentos y los procesos desarrollados a bordo deben conservar.

Por definición, un acoplamiento es la unión de dos elementos orbitales utilizando el sistema de propulsión de uno de ellos para hacer contacto con el otro, ya sea manual o automáticamente. Por otra parte, el arrimo de un módulo a otro significa realizar la unión mediante el brazo mecánico o robot manipulador de uno de ellos para sujetar al otro y acercarlo suavemente hasta que haga contacto y embone en el lugar o "puerto" deseado; esto último ocurre, por ejemplo, cuando el brazo mecánico de un orbitador espacial captura algún satélite que requiera reparación y lo coloca en el compartimiento de carga de la nave.

Necesariamente, durante todos los años de operación de la estación, habrá que reaprovisionarla de fluidos, equipos nuevos, piezas de repuesto, unidades integrales de reemplazo para varios de los sistemas. y también habrá que llevar de regreso a la Tierra resultados de los experimentos, equipos, desechos; de manera que para tal efecto se emplearán "módulos de logística" que, según el caso, podrán ser presurizados o no. Estas grandes "latas" de carga serán intercambiadas o sustituidas íntegramente, pues en lo posible se evitará vaciarlas o llenarlas en órbita.

Con la misma preocupación en mente, y con el fin de asegurar lo mejor posible la integridad física de los astronautas, la NASA tiene proyectado construir un vehículo sencillo, económico y eficaz que estará acoplado permanentemente a la estación Freedom. Este vehículo de escape podrá traer a la tripulación -0 parte de ella- de regreso a la Tierra en cualquier momento, sin tener que esperar a que se lanzase un orbitador, ya fuese porque en la estación hubiese algún desperfecto grave o porque algún astronauta estuviese herido o enfermo de gravedad y necesitase de tratamiento médico urgente en la Tierra. La NASA, en combinación con la industria aeroespacial, ya ha estudiado varios diseños probables para decidir sobre la configuración final del vehículo de escape, misma que será concretada hacia 1994, para proceder con su fabricación y pruebas, ya que no se necesitará sino hasta 1999, cuando la estación comience a ser

<sup>85</sup> simulador del retrete, estación Freedom (nasa)

permanentemente habitada; el vehículo tiene un cuerpo cilíndrico simple y caería sobre el mar amortiguado por paracaídas, como en los inicios del programa espacial tripulado norteamericano. Pero independientemente del diseño que finalmente sea seleccionado, dicho vehículo de escape tendrá que ser muy confiable, para que funcione eficazmente aún después de permanecer inactivo durante mucho tiempo, simplemente acoplado a la estación como un cuerpo muerto.

## TIPOS DE CONSTRUCCIONES ESPACIALES

Según la utilidad que queramos darle a las distintas construcciones, así deberemos elegir la forma y el tamaño de las mismas.

Un hábitat destinado a la **producción agrícola** necesita abundante luz natural, humedad atmosférica y períodos adecuados de noche y día, así como una temperatura controlada. En su interior deberán trabajar máquinas automáticas, sembradoras y cosechadoras, por lo que interesa que el terreno de cultivo no tenga pendientes, así que lo ideal parece ser usar hábitats con forma cilíndrica.

Un cilindro de cien metros de radio y cien de longitud nos proporcionaría seis hectáreas de terreno de cultivo, mucho más de lo necesario para alimentar a 300 personas.

Aunque al principio haya mucha menos gente en el espacio, será conveniente que la primera granja espacial tenga ese tamaño con el fin de estudiar y experimentar los efectos de la rotación (tres revoluciones por minuto) y los rayos cósmicos a cuyo bombardeo estarán sometidas las primeras granjas.

Conforme la población del espacio vaya aumentando, se construirán más granjas del mismo tamaño consiguiendo una ventaja adicional, la de que cada granja espacial podrá estar sometida a diferentes ciclos de cultivo controlando la luz, la temperatura, la duración del

día y de la noche, el grado de humedad y hasta la fuerza de pseudogravedad para dar a cada tipo de cultivo el ambiente en el que mejor se desarrolle.

Una construcción dedicada a la **industria metalúrgica** podrá aprovecharse de dos ventajas: Un vacío casi perfecto, muy difícil de conseguir en

la Tierra, y un estado de ingravidez, imposible en la Tierra.

El vacío será muy útil en la fundición de minerales y en la fabricación de células fotovoltaicas o circuitos integrados. La ingravidez también será muy útil para manejar grandes masas con facilidad, pero sería un inconveniente en según qué tipo de trabajos. Para satisfacer las necesidades industriales del espacio propongo la construcción de una estación en forma de disco. En las dependencias cercanas al centro del disco, cerca del eje de rotación, la fuerza centrífuga será muy escasa por lo que se podrán manejar grandes masas sin problemas. Conforme nos alejemos del eje, la fuerza centrífuga será cada vez mayor, hasta llegar a un tercio o un medio de la gravedad terrestre. Según el trabajo que se haya de realizar se elegirá una zona donde la fuerza de gravedad sea de la intensidad que deseemos.

Un **observatorio astronómico espacial** necesita estar completamente inmóvil para apuntar a las estrellas, sin vibraciones de ningún tipo y con un entorno libre de radiaciones electromagnéticas.

Será conveniente elegir un lugar alejado de toda perturbación y en ese sentido el lugar ideal sería el punto de Lagrange Externo del sistema Tierra-Luna. Al no necesitar rotación, no necesita tener una forma determinada y para evitar cualquier vibración lo mejor será que permanezca deshabitado, controlando sus telescopios desde un hábitat más o menos lejano transmitiendo las órdenes mediante rayos láser para evitar interferencias electromagnéticas.

Las únicas partes móviles del observatorio serán los mecanismos de enfoque de las lentes y los giróscopos que controlarán la dirección a donde se apunte.

Los **laboratorios de investigación espacial**, que sin duda serán muy solicitados por millares de científicos terrestres, se diseñarán casi a la medida, ya que cada experimento requerirá unas condiciones muy determinadas para llevarse a cabo. Los laboratorios que requieran ingravidez se situarán alrededor de una torre espacial cuyo extremo se comunique con el hábitat sin necesidad de que los científicos deban usar trajes espaciales para sus desplazamientos entre los laboratorios y su alojamiento.

Y llegamos a los **hábitats espaciales**. El diseño de éstos debe ser tal que la gente en su interior esté tan cómoda como en la Tierra, y eso

requiere una fuerza pseudogravitatoria similar, un clima agradable, alimentación sana, ambiente acogedor que invite a las relaciones sociales y amplias zonas de esparcimiento y deporte.

Y las formas que mejor se adaptan a estos requerimientos son la esfera y el cilindro, por lo que seguramente así serán las primeras ciudades espaciales.

## **CONCLUSIONES**

Como podemos ver todavía la arquitectura espacial esta muy lejana de nuestras manos pero sin embargo ya es una realidad, las investigaciones espaciales están recabando las nuevas necesidades es un lugar distinto que no es la tierra y por consiguiente es una interrogante totalmente nueva, el cual bajo la consigna de la arquitectura de “crear espacios habitables para el hombre” esto no debe ser un problema sino un gran reto.

El desarrollo de nuevos materiales, tecnologías totalmente nuevas y entornos totalmente nuevos serán claves para el desarrollo de esta arquitectura la cual estará muy vinculada con la ingeniería y el diseño industrial donde las áreas a habitar no serán espacios con muebles sino muebles creando espacios en una arquitectura inmueble.

Por primera vez se esta hablando de un lugar totalmente ajeno al hombre, esto creara nuevas sensaciones de pertenencia para estos futuros habitantes donde las construcciones espaciales fueron realizadas en conjunto por distintos países con distintas culturas, ¿esto creara una nueva cultura? o ¿será el resultado a una globalización donde poco a poco se perderán las identidades y solo se creara una raíz principal?

## CAPITULO VII ARQUITECTURA VIRTUAL

### REALIDAD VIRTUAL

Para la gran mayoría de los profesionales del diseño, la realidad actual de la realidad virtual es, claramente, más virtual que real. Sin embargo, un importante porcentaje de ellos ya posee al menos parte del hardware y software necesarios para poder explorar en esta nueva forma de trabajar.

En los próximos años el desarrollo de las computadoras dará como resultado una mayor exploración de los mundos virtuales esto es mundos que están todavía en proyecto. Tanto como en diseño industrial, diseño arquitectónico, simulación, escenografías. Todo este contexto basándose en las simulaciones que pueden realizar las computadoras con el procesamiento de imagen, sonido, texturas, sombras, luces.

Dentro de este contexto la arquitectura no puede quedar atrás y esta idea abre una puerta interesante para todos los arquitectos que ahora no necesitarán de construir o poner “muestras” en la obra para saber como se verán sus proyectos ya realizados tanto por dentro como por fuera.

Ayudado de esta idea describamos un día en el futuro cercano: El arquitecto, explica al mismo tiempo que recorre la obra con su cliente, le muestra las oficinas, los lobbies, los baños y se detienen en la sala de juntas donde el cliente preocupado le comenta al arquitecto ¿no son demasiado pequeñas las ventanas, que te parece si ponemos un ventanal?, ¿No hará demasiado calor en verano?, el arquitecto contesta: ¡que tal si hacemos el cambio! Se realiza el cambio en unos cuantos minutos, la prueba de temperatura se realiza de manera subsiguiente, el arquitecto dice: en verano la temperatura del local estará arriba de la temperatura de confort 5°C más, ¿qué le parece si colocamos este ventanal con vidrios termorepelentes para estar dentro de la zona de confort?, Me parece excelente, comenta el cliente, el proyecto esta aprobado mándeme la cotización para comenzar la obra, la cotización ya está grabada en el archivo de costos, lo mismo el tiempo de ejecución así como el flujo de efectivo necesario, contesta el arquitecto.

Un pequeño detalle: nada –absolutamente nada- de lo que han visto es real, existe sólo en un momento virtual generado en la computadora del arquitecto. Y hay más el cliente y el arquitecto no están siquiera en la misma habitación, no están ni siquiera en la misma ciudad. Algo tienen en común: los dos están conectados a en sendas terminales de computadora y usan cascos similares (son HDM, por Head Mouted Displays) y unos curiosos guantes cableados (Data Gloves). Una veloz conexión de Internet los ha hecho participar de una experiencia de diseño interactivo. Esto les ha permitido sumergirse en espacios aún inexistentes, convivir dentro de ellos y hacer más fácil todo el proceso de diseño (ahorrando, además tiempo y dinero).

Estas tendencias toman fuerza en algunos campos pero si deseamos que esto se desarrolle necesitamos que esto baje sus costos para que pueda popularizarse, dar mayor difusión para que estas herramientas no queden como experimentales o para grandes compañías sino que pueda explotarse por el publico en general pero para ello se necesita difundir y mencionar los beneficios obtenidos con el desarrollo de esta tecnología la cual se desarrollara en este capítulo.

Entornos sintéticos, ciberespacio, realidad artificial, tecnología de simulación. Todos estos son términos diferentes de hablar de un mismo concepto: la realidad virtual (acaso el más difundido de todos y el que el publico en general asocia –diferencia más o menos- con lo que verdaderamente es esta tecnología). Pero sea cual fuere el nombre que se le da, hay que tener en cuenta que todo verdadero sistema de realidad virtual debe responder a tres requisitos fundamentales: debe ser *immersivo* o sea que el usuario no lo mira desde fuera por la “ventana” de la pantalla, sino que se siente dentro de la escena y la percibe a su alrededor con sólo girar la cabeza. Más aún, la inmersión debería incluir hasta sonidos del lugar, completando el aislamiento que experimenta el usuario respecto a su entorno real.

Por otra parte, es necesaria la *interacción* (los datos en los entornos virtuales deben reaccionar ante la manipulación del usuario, debe establecerse un feed-back). Por ultimo, un sistema de realidad virtual debería ser *multisensorial*

(imágenes y sonidos como base, pero otras sensaciones –el tacto esta siendo desarrollado- pudiéndose integrarse de manera armónica).

#### *¿Que es Realidad Virtual?*

El termino realidad virtual fue acuñado por el investigador Mirón Krueger en 1973.

La noción de realidad virtual se refiere a técnicas de comunicación y simulación digital *que combinan la programación informática, el almacenamiento de datos y la infografía* con técnicas procedentes de las telecomunicaciones, la robótica, los videojuegos y la televisión

La realidad virtual se puede definir como *una base de datos interactivos capaz de crear una simulación que implique a todos los sentidos, generada por un ordenador, explorable, visualizable y manipulable en "tiempo real" bajo la forma de imágenes y sonidos digitales, dando la sensación de presencia en el entorno informático*

El objetivo de una interfaz de realidad virtual es conseguir "la inmersión completa de los canales sensomotores humanos en una experiencia vital generada por ordenador" Biocca/Levy 1995.

“En conclusión la realidad virtual solo es la interfaz que presenta más posibilidades de mundos cercanos e inmatrimales donde el usuario puede experimentar sensaciones reales en mundos irreales”.

#### *¿Qué no es Realidad Virtual?*

Lamentablemente a la Realidad Virtual se le confunde con otras tecnologías que utilizan gráficas por computadora. Generalmente se le confunde con la Animación, la Visualización y la Graficación.

#### *¿Qué equipo se utiliza para crear Realidad Virtual?*

El equipo se divide en tres y son: efectores de entrada, efectores de salida y motor de realidad. Los efectores de entrada toman la información del usuario y la mandan a la computadora, el guante y sensores de posición / orientación son un ejemplo. Los efectores de salida sacan información de la computadora y la presentan al usuario, los displays del casco, bocinas son los ejemplos más usados. El motor de realidad es la computadora encargada de ejecutar el universo virtual.

#### *Efectos físicos producidos por el uso de Realidad Virtual*

En ciertas circunstancias se ha demostrado que la Realidad Virtual produce efectos secundarios sociales y físicos, tales como aislamiento social y nausea (Carr M., England, L., 1992:220), las ventajas substanciales en el uso de RV en la educación, se determinan por el uso de tecnología que captura la completa atención y reacción de los estudiantes. Según ciertos experimentos realizados por Sherman y Judkins (1992) realizados en la Universidad de Washington (E.U.A.), determinaron que los estudiantes pueden aprender de manera más rápida y asimilar información de una manera más eficiente ya que los estudiantes utilizan casi todos sus sentidos.

Virtual: que tiene virtud para producir un acto, aunque no sea real.

Lo virtual no es real sino actual: virtualidad y actualidad son sólo dos estados y condiciones diferentes.

Los estados virtuales son elementos de transición entre dos mundos paralelos, denominados: mundo consciente y estado transitorio, donde podemos estar inmersos en estados de virtualidad transitorios pero sabiéndonos de nuestra realidad consciente, sin embargo difícilmente estará en estados transitorios confundidos o engañados por este presente incierto a no ser que la tecnología y el desarrollo de diversas y mejores experiencias de virtualidad logren engañar a nuestro estado consciente.

#### **SIMULACIÓN MULTISENSORIAL**

Las experiencias de *simulación multisensorial son la base para lograr la inmersión de las personas en entornos inmatrimales.*

**Pasivo:** Son entornos inmersivos no interactivos. Es un entorno digital en el cual podemos ver y oír y quizás sentir lo que sucede. El entorno puede moverse lo que da sensación de movimiento (tránsito forzado) pero no es posible controlar el movimiento. En sentido estricto se trata de una pseudo -realidad virtual. Corresponde a las llamadas películas dinámicas (o "ride films"), habituales en los parques de atracciones y en los salones recreativos.

**Exploratorio:** Son sistemas que permiten desplazarse por un entorno virtual para explorarlo lo que supone un salto cualitativo en cuanto a funcionalidad. Es el estadio habitual de los paseos arquitectónicos y de las obras de arte virtuales.

**Interactivo:** Un sistema virtual interactivo permite experimentar y explorar el entorno y, además, modificarlo. Un verdadero sistema de realidad virtual debe ser interactivo.

Relación entre los sentidos, la percepción y las interfaces en un sistema de simulación multisensorial

SENTIDO	PERCEPCIÓN	INTERFACES
vista (provee 80% información)	Luz	Pantallas, sistemas de proyección y ópticas generadoras de imagen 3D, cascos visualización 3D, gafas de obturación rápida
Oído	onda sonora	tarjeta de sonido, audio 3D, altavoces, auriculares
Tacto	percepción táctil y <i>propioceptiva</i> (auto percepción)	Dispositivos táctiles (guantes y trajes); sistemas de retorno de fuerzas
Olfato	química aire	sistemas odoríferos (experimentales - poco desarrollados -)
Gusto	química solución	no hay investigación en este campo
Vestibular	Equilibrio	plataformas móviles alfombras continuas sistemas de rastreo de posición/orientación

## DICCIONARIO DE LA REALIDAD VIRTUAL

**6DOF** (6 degrees of freedom) seis grados de libertad. Resume la capacidad óptica de movimientos que pueden tener los actores involucrados en un entorno virtual en tres dimensiones.

**Acelerador:** hardware específico para que la computadora incremente la velocidad de los gráficos.

**Aliasing:** degradación en forma de serrucho presente en los bordes no ortogonales (inclinados) de algunas imágenes digitales. Este efecto se corrige con algún tipo de sistema anti-aliasing.

**Alocéntrico:** lo contrario de egocéntrico. Se utiliza para designar un entorno virtual que no respecta el punto de vista de un ser humano promedio (por ejemplo los recorridos “a vuelo de pájaro”).

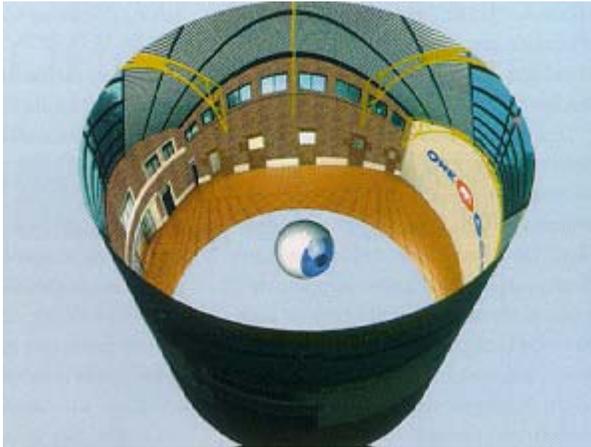
**Avatar:** manifestación o personalidad utilizada para interactuar en un mundo virtual, puede parecerse o no físicamente a la persona real que la está operando.

**Boom** (binocular omni-orientational monitor): display binocular omni-direccional, se utiliza como si fuera un par de binoculares tridimensionales y es uno de los posibles reemplazos para los HMD (head mounted displays): se trata de un artefacto suspendido de un brazo mecánico que puede moverse con cierta libertad. Su posición le indica a la computadora cuál es el punto de vista del usuario.

**Campo de visión** (FOV, field of view): el ángulo (medido en grados) del campo visual. La mayoría de los cascos brindan entre 60 y 90 grados. El ojo humano brinda un campo visual cercano a los 180 grados (en el plano horizontal) y a los 120 grados en el plano vertical. Para que una inmersión resulte creíble, es necesario contar con un FOV de por lo menos 60 grados.

**Ciberspacio:** término acuñado por el escritor William Gibson en “neuroamanecer” novela emblemática de la ciencia-ficción moderna para definir un universo virtual compartido por la totalidad de las redes computacionales del mundo. En el campo de la realidad virtual se lo utiliza para designar el espacio *ficticio* creado con

computadoras ocupado por uno o más seres humanos utilizando dispositivos *ad-hoc*.



86



87

**Convolutron:** sistema para controlar la producción de sonido *bi-aural* en sistemas de realidad virtual.

**Culling** (entresacar): procedimiento a través del cual se eliminan las piezas de geometría que no serán visibles para el usuario. De esta forma, el subsistema gráfico sólo recibe la información esencial para mantener la *realidad* de la escena. Un sistema de culling simple, sólo removerá las partes que quedan fuera del campo visual del usuario, mientras que uno más sofisticado también tendrá en cuenta la interferencia entre objetos (por ejemplo árboles que ocultan partes de un edificio).

**Data Glove** (guante digital): guante equipado con sensores especiales y conectado a un sistema de computadora para simular sensaciones

<sup>86</sup> Un panorama de realidad virtual puede imaginarse como un cilindro “forrado” por dentro con una imagen panorámica, que se observa desde un punto de vista (pv) ubicado en su centro

<sup>87</sup> un panorama es una imagen plana de un entorno envolvente

táctiles. Muchas veces también permite la navegación a través de un entorno virtual y la interacción con objetos 3D.



88

**Data suit** (traje digital): el mismo concepto del guante pero aplicado al cuerpo completo. Su diseño es aún limitado (al igual que sus capacidades).

**Effectors** (efectores): dispositivos de salida que comunican los movimientos del usuario (o los comandos ejecutados por éste) a la computadora.

**Entorno:** un modelo generado por la computadora que puede ser vivido como si fuera un espacio real.

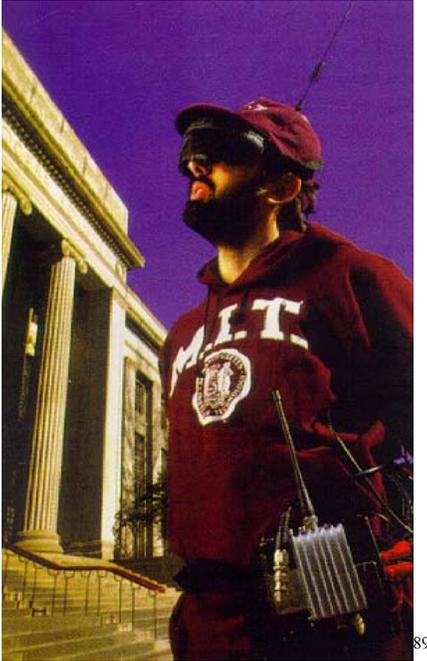
**Espada de Damocles:** sobrenombre que recibió el primer casco de realidad virtual desarrollado por Sutherland en la universidad de Utah.

**Estereopsis:** visión binocular de imágenes con disparidades horizontales.

**Goggles** (anteojos o gafas): otro término que se utiliza para nombrar a los HMD (o dispositivos similares).

<sup>88</sup> los guantes especiales (datagloves) son uno de los accesorios de la realidad virtual que han adquirido mayor difusión. En este caso podemos apreciar un modelo de la firma “Virtual Technologies” el “CyberGrasp, con 18 sensores y un sistema de respuesta al tacto (force-feedback)

**HMD** (head mounted displays): conocidas como cascos de realidad virtual, estos artefactos disponen un pequeño monitor para cada ojo y son los encargados de visualizar las imágenes del entorno virtual creado con una computadora. Muchos incluyen también auriculares para los oídos, y todos utilizan algún mecanismo que determina la orientación de la cabeza del usuario.



89

**Inmersión:** La convicción sensorial de “estar ahí”, rodeado de un espacio con determinadas características y capaz de interactuar con los objetos que allí se encuentran.

**Iluminación dinámica** (dynamic lighting): cambio que ocurre en la iluminación de un objeto dentro de un entorno virtual a medida que se desplaza el punto de vista del usuario.

**Mundos espejo:** entorno de realidad virtual en que el observador también existe y puede ser visto.

**Rastreo ocular:** (eye tracking): un dispositivo que mide la dirección de la mirada del ojo: aplicaciones varias, militares; utilizado para rápidamente fijar blancos desde aviones o helicópteros (con sólo una mirada alcanza), Civiles: para estudiar lo que se llama la atención de la gente cuando mira una publicidad de televisión.

<sup>89</sup> casco de realidad virtual o HMD (Head Mounted Display) desarrollado por el instituto de tecnología de Massachusetts

Eventuales usos: reemplazo del Mouse. Una variante simple de este mecanismo es el denominado head-tracking, que monitorea la posición de la cabeza del usuario.

**Realidad Proyectada** (projected reality): un sistema RV que utiliza pantallas para protección en un lugar de HMDs individuales. Típicamente instaladas en habitaciones especiales, con el objeto de que varias personas compartan el espacio virtual.

**Realidad aumentada o mejorada** (augmented reality): la percepción del mundo real a través de un sistema de realidad virtual conectado a cámaras de vídeo en lugar de un modelo electrónico. Teóricamente se puede usar caminando por la calle o en cualquier otra situación. La idea es que se almacena toda la percepción del individuo, quien puede volver (vivir casi), las experiencias que le interesan o mostrárselas a otro desde su punto de vista. También serviría para mejorar los sentidos (visión nocturna.). los sistemas hoy disponibles son aún demasiado incómodos para ser prácticos, salvo en aplicaciones específicas.



90

**Respuesta táctil** (TFB Tactile feed-back): sensación aplicada a la piel del usuario, generalmente en respuesta a un contacto con algún objeto o actor del entorno virtual.

**Respuesta de fuerza** (FFB force feed-back): la simulación de peso o resistencia en un mundo virtual. Para lograr esto hace falta un mecanismo que genere en el cuerpo una sensación similar a la que producirían los objetos reales bajo las mismas circunstancias. A través de la FFB, el usuario puede sentir el peso de los objetos virtuales, o percibir su resistencia al movimiento. A nivel consumidor existen joysticks con FFB, como un modelo de Microsoft.

**Retardo** (lag): diferencia entre una acción y su respuesta visual o acústica. Sucede a causa de

<sup>90</sup> vista de un recorrido virtual

la suma de las demoras en el rastreo de la cabeza y el tiempo requerido para el cómputo de la escena. Es la fuente de la sensación de mareo que muchos usuarios de cascos virtuales reportan, sobretodo si se mueven con rapidez.

**SIMNET** (simulator networking o red de simuladores): un desarrollo interactivo a escala mundial promovido por ARPA y las fuerzas armadas norteamericanas para crear una red de simuladores de combate que pudieran compartir un mismo escenario virtual. Comenzó a funcionar en 1986 con sistemas SIMNET el ejército de los Estados Unidos hoy puede analizar batallas completas ocurridas en la batalla del Golfo Pérsico, y utilizarlas para entrenar a su personal en un entorno no realista (y real).

**Sonido 3D** (3d sound): sonido que simula provenir de diferentes lugares dentro de un espacio virtual generalmente se le consigue utilizando sólo dos parlantes (tal como unos auriculares corrientes).

**Tiempo real** (real time): cuando las respuestas del entorno virtual suceden sin ninguna demora perceptible.

**Trastorno del mundo alternativo** (alternate world disorder): serie de síntomas que pueden llegar a afectar a los usuarios de sistemas de realidad virtual. Van desde dolores de cabeza, hasta náusea y vómitos. Se le conoce también como "enfermedad del simulador" (simulator sickness).

## INTRODUCCION A LA REALIDAD VIRTUAL

Gerardo Pérez, enero 1995  
(gerardo@mexicano.gdl.iteso.mx)

"Pero que es la realidad sino la manera en la cual percibimos, tan solo una interpretación de lo que esta por allí, latente, esperando ser interpretado."

La tecnología computacional ha llegado al punto de realizar los viejos sueños del hombre: la lámpara de aladino al alcance de la mano, el genio de la botella ( o de la computadora ) a nuestra disposición, tan solo basta desear algo para lograrlo mover montañas con un dedo, volar y proyectarse al infinito, destruir todo un ejército enemigo con solo una mirada, penetrar mundos invisibles, vivir experiencias nuevas, construir edificaciones

fabulosas, convertirse en otro ser, conocer cada detalle de un elemento... todo es posible , aunque de una manera irreal, tan solo perceptible, de forma aparente, mediante un engaño de los sentidos, de una burla sutil que se hace del cerebro.

El concepto que encierra esta posibilidad es conocido como Realidad Virtual

Pero en sí que es la VR?

El concepto de VR es bastante viejo, quizás sus orígenes modernos hemos de buscarlos en las novelas de ciencia ficción, sin embargo el termino Realidad Virtual es joven, data de la década de los 80's cuando fue acuñado por Jaron Lanier, para así distinguir de manera clara entre las simulaciones tradicionales por computadora y el tipo de mundos ( y experiencias ) que él estaba creando.

VR es la experiencia de telepresencia, donde telepresencia es la sensación de presencia utilizando un medio de comunicación.



VR es un modelo matemático que describe un "espacio tridimensional", dentro de este "espacio" están contenidos objetos, objetos que pueden representar cualquier cosa, desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma sumamente compleja como puede ser un desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia ó el modelo de una estructura de DNA.

<sup>91</sup> **Goggles** (anteojos o gafas): otro término que se utiliza para nombrar a los HMD (o dispositivos similares).

VR es un paso mas allá de lo que sería la simulación por computadora, tratándose mas bien de una simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema.

Otra definición mas: "Realidad Virtual es una manera mediante la cual los humanos visualizan, manipulan e interactúan con computadoras y datos extremadamente complejos (David Blatner y Steve Auskatalnis)".

Debido a su corta edad en este mundo, aun no se establece de manera clara lo que es la realidad virtual, así que las concepciones serán muy diversas, en función de la experiencia, campo de acción y filosofía particular del postulante.

Así, para muchos VR es una simulación interactiva, por esta definición si se usa un ratón, joystick o el simple teclado para volar sobre un modelo texturizado (por ejemplo un simulador de vuelo) entonces se esta haciendo uso de la realidad virtual.

Sin embargo para otros, esto no basta y sostienen que una VR es cuando se está en un ambiente de red y varias gentes aportan sus realidades entre si, tal es el caso de las comunidades virtuales (BBS) y los esquemas MUD (Multi User Dungeon).

Otros mas limitan el concepto de VR al uso de equipos sofisticados (Head Mount Devices) que permitirán al usuario sumergirse aún más en los nuevos mundos artificiales, es decir realidades sintéticas tridimensionales interfaseadas al ser humano mediante métodos específicos de interacción. Basados en esta declaración, VR es un método específico de interfaseado con una realidad artificial tridimensional.

Para otros investigadores mediante la realidad virtual se permite a los usuarios experimentar modelos tangibles de lugares y cosas, donde por tangible se entiende que el modelo puede ser percibido directamente por los sentidos - no mediante abstracciones como el lenguaje o el uso de las matemáticas, pero sí en cambio mediante el uso de los sentidos: através de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído.

En fin la ausencia de un consenso hace muy difícil definir las fronteras entre lo que es y lo que no es realidad virtual. No obstante, en lo que todos los autores coinciden es que mediante la realidad virtual se lleva a cabo la unión hombre-

máquina de una manera mas estrecha.

## **OBJETIVO DE LA REALIDAD VIRTUAL**

El objetivo de la VR es crear un mundo posible, poblarlo con objetos, definir las relaciones entre ellos y la naturaleza de las interacciones entre los mismos.

### **Realidad virtual "blanda" Vs. realidad virtual "dura"**

Hasta ahora nos hemos referido a una realidad virtual basada en manipulación virtual de objetos a través de la pantalla empleando un dispositivo que bien puede ser el mouse. Puede contarse, incluso, con un mouse inercial que permitirá imprimir una rotación que se irá frenando debido a una fricción virtual, o un joystick, o cualquier otro medio que facilite los desplazamientos dentro de un espacio 3D. Pero en este caso se define claramente dónde está el diseñador y dónde está el modelo, ambos separados por el plano de la pantalla. Como el usuario no está inmerso en la escena, ésta es una realidad virtual blanda y relativamente sencilla de experimentar simplemente contando con la computadora y el software necesario, típicamente un visualizador VRML como los incluidos tanto en Netscape Navigator como en Microsoft Internet Explorer.

La realidad virtual dura es el otro extremo, y requiere que el usuario esté completamente inmerso en la escena, con la mayor libertad de movimiento posible. Hablaremos más en detalle de este tipo de realidad virtual más abajo. Sin embargo, hay muchos pasos intermedios entre estos extremos, y es importante comprender esto ya que cada paso es no sino más caro, sino que requiere de una experiencia más invasiva que el anterior, aislando al usuario de su entorno real. Aunque esto puede ser deseable para el entretenimiento, los usuarios de sistemas CAD probablemente no se sientan cómodos trabajando todo el día de esa forma. Por ello, las alternativas intermedias son de sumo interés.

La primera de ellas es la visión estereoscópica (visión 3D). Por ejemplo, si se cuenta con una tarjeta gráfica 3D un poco más sofisticada, es muy posible que la misma soporte visión estereoscópica utilizando gafas especiales. Estas gafas se opacan en forma sincronizada con el monitor, de manera tal que sólo un ojo lo puede ver a la vez. El procesador gráfico, a su vez, emite alternativamente cuadros vistos desde uno y otro

ojo, creando un efecto de profundidad sorprendentemente realista. Una persona que mira el monitor en cuestión sin tener gafas puestas, verá una doble imagen donde los objetos más cercanos aparecerán dos veces, tal vez superpuestos en forma parcial. Por otro lado, el usuario de los anteojos (tan fáciles de poner y sacar como un par de gafas convencionales), puede seguir viendo el resto de su entorno.

El monitor en sí debe ser de buena calidad y capaz de refrescar con altas frecuencias (más de 100 Hz, preferiblemente 120 Hz o más), ya que la mitad de los cuadros son destinados a cada ojo y la frecuencia efectiva termina siendo la mitad (50 ó 60 Hz respectivamente). Aunque esta capacidad ha estado disponible hace unos años en estaciones de trabajo RISC de alto costo, como las de Silicon Graphics,

Hoy es posible hacer lo mismo en computadoras personales con tarjetas gráficas que cuestan menos de 400 dólares. Por otro lado, los monitores de suficiente calidad y resolución pueden costar alrededor de mil dólares en la mayoría de los países latinoamericanos.

Aunque existe software para generar imágenes estereoscópicas en base a diferencia de color (utilizando anteojos con un lente azul y otro rojo), el efecto resultante es entretenido pero ciertamente no apto como herramienta de trabajo.

Más allá de la visión estereoscópica, nos acercamos a la realidad virtual dura basada en que el diseñador se encuentre inmerso dentro del mundo virtual. Esta realidad virtual dura se basa en bloquear parcial o totalmente los sentidos trabando, de este modo, los contactos con el mundo real. Para ello, se recurre a cascos o anteojos que restringen las percepciones provenientes del mundo real, las cuales pasan a un segundo plano. De este modo, el diseñador se sumerge dentro del mundo virtual perdiendo todo o casi todo contacto con su entorno visual y hasta auditivo. Los cascos suelen estar fijados a la cabeza con una correa y contienen mecanismos que determinan su orientación en el espacio. Para cambiar el punto de vista, el usuario sólo debe girar su cabeza (o todo su cuerpo) en la dirección deseada.

En este caso las sensaciones son sorprenden temen te profundas y reales, aun con relativamente poca calidad visual. Mientras tenga el casco puesto, el usuario simplemente no puede escaparse de la realidad virtual. Puede recorrer los

espacios, ver objetos realmente tridimensionales utilizando visión estereoscópica y hasta escuchar sonidos.

Con el casco puesto, no es posible utilizar el teclado, y el mouse se torna poco práctico al estar fijado sobre una superficie, ya que el usuario puede estar apuntando en cualquier dirección. Una solución posible es usar un joystick o un trackball y tenerlo en la mano. Sin embargo, el periférico diseñado específicamente para la realidad virtual es un guante especial (dataglove) que registra los movimientos de los dedos de la mano con mayor o menor fidelidad de acuerdo con el costo del modelo utilizado. Se pueden utilizar en una sola mano o en ambas (según el sistema y el software utilizados). En teoría, este sistema es muy flexible, pero en la práctica desorienta debido a la falta de resistencia ofrecida, por ejemplo, cuando se empuja un objeto. Por esta razón, los modelos más avanzados incluyen algunos mecanismos que simulan sensaciones de este tipo, pero aún falta bastante para perfeccionarlos.



92

En general, los sistemas de realidad virtual más exitosos son aquellos que se utilizan para simular situaciones donde el movimiento del cuerpo es naturalmente restringido, como es el caso de los simuladores de vuelo. Aún no existe un sistema VR capaz de darle total libertad de movimiento al usuario, y es dudoso que tal cosa llegue a existir sin establecer una conexión directamente con su sistema nervioso. De todos modos, no es necesario llegar a eso en el mundo del diseño.

## CLASIFICACION DE LA REALIDAD VIRTUAL

Como se ha establecido anteriormente, el

---

<sup>92</sup> Para poder realizar trabajos de realidad virtual son necesarias computadoras de gran capacidad y velocidad en el procesamiento de dato e imagen.

hardware es bastante variado. Así que en función de los elementos involucrados, podemos clasificar en cuatro grandes grupos los sistemas que se proclaman como realidad virtual, los cuales son:

- Sistemas Desktop de VR.
- VR en segunda persona.
- Sistemas de telepresencia.
- Sistemas de inmersión de VR.

Engloban aquellas aplicaciones que muestran una imagen 2D o 3D en una pantalla de computadora en lugar de proyectarla a un HMD. Puesto que representan mundos de 3 dimensiones los exploradores pueden viajar en cualquiera dirección dentro de estos mundos, los ejemplos característicos de estos ambientes son los simuladores de vuelo para computadora, la mayoría de los juegos de alto nivel de realismo para computadora.

En resumen, los sistemas desktop VR muestran mundos tridimensionales a través de pantallas de 2D. Algunos comprenderán interfaces sofisticados, como guantes, controles, cabinas customizadas, pero todos tendrán en común la característica antes mencionada (3D)

### VR EN SEGUNDA PERSONA.

A diferencia de los de inmersión los sistemas en segunda persona (o unencumbered systems) involucran percepciones y respuestas en tiempo real a las acciones de los humanos involucrados, quienes están liberados o no están sometidos al uso de cascos, guantes, HMD's, alambres o cualquier otro tipo de interface intrusivo.

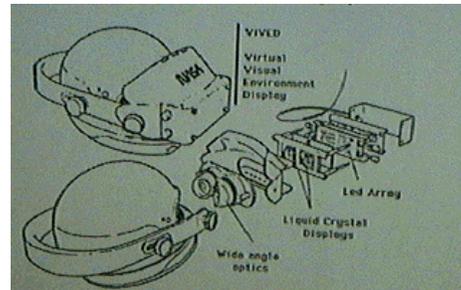
Los sistemas de inmersión simulan las percepciones del mundo real, el viajero sabe que está allí porque los sonidos e imágenes del mundo virtual responden de manera similar a como responden los del mundo real a los movimientos de la cabeza.

Sin embargo en los sistemas en segunda persona, el explorador sabe que está dentro del mundo virtual porque se ve a sí mismo dentro de la escena. Es decir es un integrante del mundo virtual. Para lograr esto el participante es ubicado frente a una pantalla de vídeo, en la cual es proyectada la imagen misma del participante pero chroma-keyed (sumada su imagen de vídeo) con otra imagen utilizada como fondo o ambiente, entonces el participante visualiza en la pantalla el mundo

virtual completo. Mediante un software que realiza detección de contornos es posible realizar manipulaciones dentro de la escena, las cuales son visualizadas en la pantalla.

Más que imitar las sensaciones del mundo real, un sistema de segunda persona cambia las reglas y aplica la vieja noción de "ver para creer" para inducir la sensación de presencia.

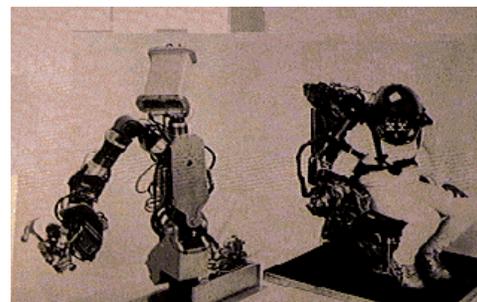
Una aplicación es el juego virtual de golf, en el cual el jugador se ve a sí mismo sobre un campo de golf golpeando una pelota virtual. La aplicación más famosa de esto es el popular programa de televisión "nick arcade", en el cual los niños participantes viven-juegan videojuegos con ellos mismos como personajes del juego.



93

### SISTEMAS DE TELEPRESENCIA

Los sistemas de telepresencia forman el cuarto grupo de aplicaciones de realidad virtual, los elementos que utiliza generalmente son cámaras, micrófonos, dispositivos táctiles y de fuerza con elementos de retroalimentación, ligados a elementos de control de remoto para permitir al usuario manipular robots o dispositivos ubicados en localidades remotas mientras experimenta lo que experimentaría en el sitio en cuestión (pero de manera virtual).



94

<sup>93</sup> Despiece de un casco de realidad virtual HMD

<sup>94</sup> ejemplo de maquina que funciona bajo el concepto de telepresencia

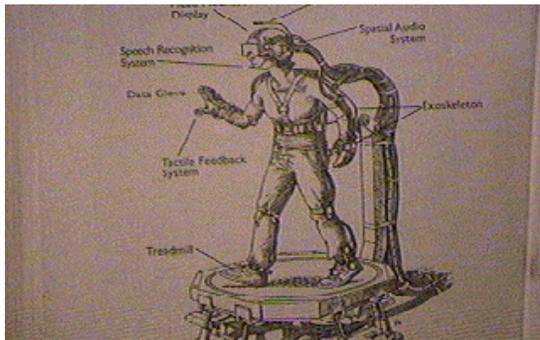
La telepresencia es una tecnología que enlaza sensores remotos en el mundo real con los sentidos de un operador humano.

La telerobótica pretende simular la presencia de un operador en un ambiente remoto para supervisar el funcionamiento de un sistema y realizar tareas controlando robots a distancia.

Una aplicación es la Microteleoperación, que utiliza un microscopio y un micromanipulador para dar al operador la sensación de presencia y la posibilidad de actuar en un ambiente microscópico.

## SISTEMAS DE INMERSION

Son aquellos que sumergen o meten al explorador de manera estrecha con el mundo virtual que estén tratando, mediante la utilización de sistemas visuales del tipo HMD, equipos seguidores de gestos y movimientos así como elementos procesadores de sonido. Quedando de esta manera el participante estrechamente relacionado con el ambiente virtual, y aislado hasta cierto punto del mundo "real".



95

Para el explorador, el mundo virtual responde a los movimientos de la cabeza de manera similar a como ocurre en el mundo real. Con estos elementos se crea una sensación de inclusión sumamente realista, una experiencia bastante creíble y en general un impacto vivencial sumamente poderoso.

Los mundos de inmersión existen en 3 dimensiones, así mediante el envío de imágenes ligeramente diferentes a cada ojo se habilita la sensación de profundidad, perspectiva y dimensión. Lo que cada participante ve y experimenta necesita ser

---

<sup>95</sup> conceptualización de un sistema de inmersión a realidad virtual

recomputado (para cada ojo) en cada movimiento que se detecte, esto para mostrar las visiones y sonidos apropiados para la nueva posición.

Los sistemas de inmersión VR permiten al explorador ir a cualquier parte dentro de la estructura, atravesar paredes, flotar y elevarse hacia el cielo o penetrar las entrañas de la tierra ( si es que hay cielo y tierra en ese mundo).

En este tipo de sistemas, los exploradores ven al mundo virtual como si estuvieran viendo al mundo real.

## APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL

La RV es algo más que una simple simulación , ya que al ofrecer la interacción con el modelo, otorga una "presencia" en el mismo; mediante esta faceta se podrán realizar tareas dentro de un mundo real remoto, o un mundo generado por computadora o en una combinación de ambos.

Los mundos simulados no necesariamente tienen que adaptarse a la leyes físicas naturales. Es por esta característica que la RV se presta para ser aplicada en cualquier campo de la actividad humana. si bien es cierto que habrá algunas aplicaciones mucho mas apropiadas que otras.

Aunque en sus orígenes, se tenían aplicaciones de RV del tipo simulaciones militares y juegos, en la actualidad ha trascendido a muchos otros campos, tales como la medicina, la industria, la psicología, el diseño y el arte.

Telepresencia- Telerobótica  
Visualización en el diseño  
Manejo de situaciones complejas  
Medicina  
Psicología  
Arquitectura  
Manejo de números gigantes  
Ingeniería Química

## VISUALIZACION EN EL DISEÑO

En la industria se utiliza por lo general la RV para mostrar a los clientes aquellos productos que seria demasiado caro demostrar de otra manera. La RV se convierte entonces en una herramienta que ayuda al diseñador a visualizar y explorar los espacios que esta creando como una parte integral del proceso de diseño.



96

Así, en Inglaterra una empresa usa sistemas RV para el diseño de zapatos deportivos, permitiéndole acortar los tiempos de diseño a un producto de vida muy corta en cuanto a la permanencia del modelo en el mercado.

## ARQUITECTURA

En Berlín, el grupo Art+Com se especializa en galerías virtuales de arte y en expos-virtuales, permitiendo recorrer y mejorar la distribución de una exhibición dándoles por consiguiente la experiencia de haber estado allí, sin haberla construido jamás.

Diversas empresas constructoras proyectan sus obras, las pintan y decoran a placer, luego se dan un paseo por el interior de las mismas para ver que tal les va a quedar el producto final. Mediante estos paseos, se explora la obra mucho antes de construirla y se pueden realizar ajustes a la obra proyectada, pero ya bajo la luz de la experiencia de haber estado allí.



97

<sup>96</sup> ejemplo de visualización en un diseño interior , renderizado.

<sup>97</sup> Ejemplo de visualización en un diseño exterior, renderizado

En Japón están muy de moda las cocinas integrales virtuales, las cuales ayudan a clientes potenciales a proyectar sus aspiraciones para su cocina ideal, la cual una vez visualizada es mandada construir tal y como la desean.

Según se dice tienen un promedio de 100% de clientes satisfechos.

## LOS RIESGOS REALES DE LA REALIDAD VIRTUAL

Aun no acaba de nacer completamente la RV y ya existen voces de alerta en torno a ella. Según el científico Robert Stork, existen efectos colaterales asociados a las experiencias prolongadas de sistemas de VR, la mayoría son desconocidos aun pero sin embargo otros ya han sido experimentados en algún momento por participantes de este tipo de experiencias, los efectos se conocen como la enfermedad de la simulación.

Los síntomas incluyen entre otros: náuseas, fatiga visual y desorientación espacial. La raíz de esto deriva del "conflicto de pistas" que tiene lugar cuando los sentidos corporales reciben información incorrecta entre las reacciones en tiempo real y las acciones físicas y visuales resultantes del participante de la simulación.

Esto ocurre principalmente cuando los participantes reaccionan en tiempo real a una situación artificial pero los resultados simulados están retrasados ( por las cuestiones mismas del proceso), creando por consiguiente confusión entre las acciones del participante y lo que parecen ser los resultados de las mismas. Si se somete a un periodo largo, el cerebro tenderá a acoplarse a tal anomalía, pero una vez fuera de la simulación debe ajustarse de nuevo a las acciones propias de la realidad, lo cual vuelve a someterlo a estados de tensión y ajuste.

La enfermedad de la simulación, parece no afectar a quienes participan en una experiencia de VR de 20-30 minutos, pero no se puede decir lo mismo para quienes entrenan varias horas al día en un simulador de vuelo (militar o comercial).

También tiene que ver el tipo de interfaces utilizados, el tiempo de retraso asociado a los mismos y el grado de inmersión al cual se esté trabajando dentro del ambiente simulado.

El desarrollo de los sistemas RV tiende a hacerlos mas rápidos y envolventes conforme transcurre el tiempo, es de esperarse que mientras mas eficientes sean tales sistemas menos riesgos presentarán, no obstante el desarrollo de interfaces humano- computadora debe ser visto como una arma de dos filos, y analizarse cuidadosamente en todos sus aspectos, de manera que sean seguros para toda la gente.

Otro riesgo de la RV es la evasión que ofrece, al permitirnos ingresar a nuevos mundos, nos saca temporalmente del mundo actual, lo cual puede ser nocivo si se abusa, pues se genera dependencia de una nueva droga, una que ofrece lo que queremos tener y experimentar. Si puede causar placer también causará dolor, si se convierte en refugio también será prisión.

Las cuestiones éticas asociadas a la RV están ya a la vista, y son de bastante importancia para la humanidad, en el caso de las aplicaciones militares se cuestiona profundamente el uso de sistemas VR para el entrenamiento, pues de un instante a otro se pierde el sentido de la realidad, así para el piloto del bombardero le dará lo mismo soltar sus bombas en el simulador sobre cosas inexistentes que hacerlo sobre la verdadera realidad, quizás para el sea mas real la práctica simulada que la situación auténticamente real.

Otro punto de discusión es si se debe permitir a los niños el uso de los sistemas RV, qué tan apropiado será?, Cómo les afectara en su desarrollo en el mundo real?.

Según algunos creadores de sistemas de RV , no es apropiado permitir a los niños pequeños el uso de los sistemas RV, sino que se tenga prudencia al respecto.

## **CONCLUSIÓN**

La realidad virtual será la herramienta ideal del arquitecto del futuro, es la forma de mostrar al cliente como quedara la construcción que quiere, los cambios que se le hagan sin tener que derrumbar porque aun no se ha construido de ahí radica su importancia.

La realidad virtual es increíble porque nos acerca al futuro de la construcción sino que también nos acerca al pasado de tal forma que ya en la actualidad los investigadores arqueológicos pueden ver como eran las construcciones ancestrales y darse una idea mas precisa de cómo eran y las funciones que desempeñaban las construcciones y así de esta manera ver una posible reconstrucción antes de realizarla.

La realidad virtual es un elemento mas que tendrá que ser considerado como un arte plástico en el futuro debido a los avances que pueden salir de ella, con este desarrollo las texturas, las sombras, las sensaciones espaciales en conjunción con la tecnología de la informática donde las computadoras tienen mayor capacidad y los programas ocupan menor espacio en sus archivos, aunado todo esto a la creatividad del arquitecto, donde el arquitecto ahora puede mostrar toda su habilidad para crear espacios en una realidad virtual antes de pasarla a una realidad actual.

## CAPITULO VIII ARQUITECTURA PSICOLÓGICA

### ANTECEDENTES

Este capítulo trata de abordar el tema de como la psique del hombre influye en cuestiones arquitectónicas, esto es, ¿cómo por una creencia el hombre limita o extiende sus construcciones?, Este sentido es el siguiente “La creencia es lo que marca la pauta para construir, diseñar o ubicar”.

Dentro de este tema se tratará de tocar lo menos posible los temas religiosos por ser una parte común en todos las culturas y limitaremos a tratar el tema dentro de los parámetros de la “psique”.

Resulta irónico que para la edificación de un zoológico se elabora todo un estudio previo sobre las condiciones naturales en que vive cada especie, se analiza su comportamiento en estado salvaje y se diseña el espacio artificial adecuado para el cautiverio. Zoólogos y ecólogos proyectan microbio sistemas apropiados para la vida de los animales. La ironía radica en que se sabe más del comportamiento espacial de los animales que del ser humano. De hecho, la mayoría de los recientes estudios de antropología espacial encuentran su antecedente inmediato en la zoología.

En un zoológico se cuenta con equipos de profesionales especializados que estructuran los espacios artificiales capaces de mantener a las bestias “como en casa”; de no ser así, ciertos problemas aparecerían de inmediato, tales como pérdida del brillo de la piel de los animales, aves que mueren “inexplicablemente”, la función reproductiva no se cumple, mutaciones. Puede darse el caso de que un ejemplar cuente con la comida necesaria, con la humedad y el clima preciso, pero si el espacio de que dispone resulta demasiado pequeño o carece de suficiente luz, comenzará a mostrar síntomas de enfermedad.

Es un hecho que cada especie animal requiere de un cierto espacio vital, que cada bestia impone un cierto espacio individual, por lo que la necesidad de mantenerlo lleva muchas veces a la violencia, al tiempo que también cada especie necesita de espacios sociales específicos.

Lo anterior nos lleva a una conclusión obligatoria: la arquitectura no sólo debe brindar al hombre un servicio físico, un lugar donde cubrir las necesidades fisiológicas primarias, sino que, a la vez, y no con menor importancia, debe contribuir a la salud mental de los moradores potenciales.

Partamos del hecho de que las necesidades fisiológicas del ser humano son las mismas aquí y en China, ahora y desde miles de años; necesita espacio para cocinar, descansar, dormir, lavar, bañarse o evacuar.

Por otro lado tenemos, las necesidades psicológicas, que si bien presentan características esenciales y relativamente universales, varían de una cultura a otra, de una clase social a otra, de individuo a individuo.

En este sentido, Rene Mehl ha anunciado los propósitos fundamentales de la arquitectura con base en los siguientes términos: “El hombre siempre ha buscado la satisfacción de dos necesidades básicas a través del albergue construido: protección contra los elementos y el logro de un ambiente favorable al desempeño de las labores humanas”. Para poder cumplir satisfactoriamente con el primer objetivo el arquitecto debe manejar tres tipos de conocimiento: el de la ecología del lugar en donde se va a construir, el de la biología del usuario y ciertas nociones de física. En cambio, para la satisfacción de las necesidades psicológicas del ser humano, se necesita un conocimiento profundo de la psique individual del futuro morador, así como de la cosmovisión cultural del medio al que pertenece. La conjunción de estos dos factores da por resultado una vivienda adecuada y comfortable.

Para conseguir tales características implica, en primer término, que cuando hablamos de bienestar físico de bienestar psicológico, debemos entenderlos como una unidad, como un todo inseparable, ya que ambos niveles se establece una relación necesaria: una Interrelación.

Reine Mehl nos llama la atención en cuanto a algunos aspectos a considerar: “La presión barométrica baja puede producir desgano,

inquietud y falta de concentración, puede hacer que un adulto se sienta enojado y que un niño este irritable. Los registros policíacos de las grandes ciudades indican que ocurren más actos de violencia, incluyendo suicidios, cuando desciende la presión barométrica a menos de 30 pulgadas de mercurio”. Por el contrario, el bienestar de una persona se encuentra casi garantizado si permanece en un sitio que le brinde las condiciones ambientales adecuadas; esa es la labor de la arquitectura.

En segundo término, cuando el arquitecto proyecta una estructura habitacional, debe tomar en cuenta todo el aparato sensorial del ser humano. La cultura contemporánea occidental se define por su carácter visual. El ojo es el amo y señor de los sentidos. La mayor parte de la información sobre el mundo exterior nos llega de los ojos; tanta importancia se le otorga a la observación visual, que los demás sentidos muchas veces pasan a segundos términos llegando a proyectar edificios cuya única finalidad es la de impresionar desde el exterior, sin considerar para nada lo fundamental: las necesidades de sus moradores. Así una vivienda debe atender no solo al gusto óptico, sino que deberá propiciar una sensación placentera integral que contemple toda la sensibilidad humana, aunque esto ocurra a nivel inconsciente.

Para el constructor resulta indispensable manejar colores y las formas, sí, pero también los olores, el sonido, la luz y las texturas, todo ello desde una perspectiva integral. Recordemos que las viviendas trogloditas conseguían ser placenteras incluso para el tacto.

Frank Lloyd Wright vivió convencido de que un edificio hermoso ayuda al hombre a resolver sus conflictos vitales, de que una casa armónica provoca en el ser humano un efecto tranquilizador. Cuando proyectaba lo hacía con la voluntad de liberar al hombre inculcándole un sentimiento de dicha más que de opresión.

El hombre del siglo XXI requerirá recuperar la tranquilidad mental y espiritual que ha perdido a lo largo de varias generaciones de vida urbana, y el único medio para lograrlo será modificando su entorno hacia uno menos opresivo y más natural.

Es importante mencionar que cuando a un arquitecto se le pide que realice un proyecto se le indican a grandes rasgos como lo quiere el cliente

y a su vez el arquitecto trata de realizar el proyecto dentro de la idea de “funcionamiento y estética”, pero cuando el cliente trata de hacer más suyo el proyecto es donde comienza a entrar las ideas propias del cliente para sentirse más a gusto dentro de su construcción, por que para él la disposición, los materiales, la ubicación, el funcionamiento son correctos, aunque para el arquitecto sea totalmente discordante por la diferencia de criterios; por una parte el arquitecto demuestra “científicamente” el posible resultado de los elementos de la construcción mientras que el cliente “lo siente” o “lo percibe”.

Es evidente que nuestro planeta emana diversos tipos de energía, por lo que el medio ambiente se encuentra plagado de ella, tanto de tipo positivo como negativo y puede afectarnos al grado de producir enfermedades serias.

Según numerosos experimentos, debido a una característica natural atrofiada en el hombre, el instinto, los animales poseen la capacidad para identificar el tipo de energía localizada en determinado lugar, de modo que observar el comportamiento de algunos puede ayudarnos a detectar los sitios de energías negativas que han amenazado al hombre desde la antigüedad.

Algunos de los pueblos antiguos, por ejemplo, antes de construir sus ciudades hacían pastar a sus rebaños en el lugar elegido por espacio de un año, analizaban luego el hígado de los animales sacrificados y sí este presentaba anomalías buscaban un nuevo lugar. En los tiempos modernos el científico soviético Iniutkin demostró la validez de aquella costumbre al imitarla en Georgia, al diseccionar la vísceras de los animales, el investigador encontró que en ella se reflejaba la disposición química del subsuelo. “Actualmente diversos pueblos confían en el instinto animal para buscar sus lugares de asentamiento. El sitio indicado es donde los animales se tumban a descansar.”

Este tipo de actividades las realizaba el arquitecto Vitruvio.

Un ejemplo clásico de señales “especiales” para poder construir ciudades la observamos en la ciudad de México donde los antiguos Mexicas esperaban la señal para poder construir su ciudad y esta señal era “un águila comiendo una serpiente sobre un nopal” y es increíble de como dentro de un valle con lagos se

fundó una ciudad y que en la actualidad es la más grande del planeta.

Con respecto a esto la elección del sitio para la fundación de México - Tenochtitlán, así como la construcción y orientación de sus edificios y plazas no fue obra del azar, sino el resultado de un profundo conocimiento del territorio, del sistema de lagos, del movimiento de los astros. También tuvo que ver con la conceptualización del universo, la tierra y la vida, todo como partes indivisibles de un todo esto lo afirma el Dr. en Arq. Héctor Vega al exponer su investigación “ocupación prehispánica del altiplano y fundación de México-Tenochtitlán. presentación del descubrimiento sobre las relaciones geométricas y referencias geográficas y astronómicas”.

Sin embargo, puntualizó, se han encontrado relaciones geométricas y referencias geográficas y astronómicas entre diversos sitios arqueológicos, elementos geográficos y poblados de origen prehispánico del Altiplano que, por sus características, sugieren la existencia de intenciones inequívocas para esta ocupación.

Argumentaciones que cuestionan las explicaciones mitológicas y las interpretaciones acerca de las condiciones de orden económico y político que determinaron la fundación y desarrollo de este importante centro mesoamericano.

Las relaciones interpretadas hasta el momento no explican el hecho de que México-Tenochtitlán haya sido edificada dentro del sistema lacustre, pese a las dificultades técnicas y esfuerzos logísticos adicionales que esta ubicación representó.

Es decir, México-Tenochtitlán fue construida en una isla dentro de un sistema lacustre, contrario a otras ciudades prehispánicas levantadas generalmente en las riberas de los cuerpos de agua, en tierras cercanas a fuentes o manantiales, o bien en lugares altos para protegerse de las inundaciones y tener mejores condiciones para defenderse.

Además, de acuerdo con diversos estudios de mecánica de suelos, se supone que no existía una isla natural a la llegada de los primeros mexicanos, sino que se trata de un relleno artificial.

De esta forma, indicó el doctor Vega, parecerían incompletas o dudosas las explicaciones mitológicas y condiciones político-económicas que, según las interpretaciones históricas, determinaron la elección del sitio para construir la ciudad.

Por ejemplo, en torno al mito del águila devorando una serpiente giran versiones paralelas que lo hacen dudoso, como la que en realidad se trata de la tierra prometida por Tetzauhtéotl, por conducto de Huitzilopochtli, para salvar a los Mexicas de perecer en su lugar de origen, o bien que antes de encontrar la señal que marcaba el sitio para establecerse los Mexicas habían huido de Tláhuac.

Respecto de las condiciones político-económicas se ha representado a los Mexicas como inmigrantes que dominaron a los pobladores del área y, mediante conquistas guerreras, construyeron el imperio más importante de Mesoamérica. Empero, esta tesis no considera que la edificación de la ciudad en un medio lacustre debió implicar, además de tecnología adecuada, un gran número de trabajadores, diversos materiales de construcción y cálculos logísticos precisos.

Así pues, dijo, no es ilógico pensar que el conocimiento del territorio y del sistema lacustre era mayor entre los habitantes originarios de la cuenca que entre los recién llegados, debió tratarse de una conceptualización común a todos los grupos que poblaron el Altiplano. Únicamente con base en una identidad cultural, una identificación económica y condiciones particulares fue posible la elección precisa del lugar para construir la ciudad. Una ciudad que, en su momento, debió ser considerada un sitio especial y temporalmente central.

Estos hallazgos inducen a pensar que la construcción de la gran Tenochtitlán fue resultado de un largo proceso de identificación y ubicación de los sitios en los que, para nuestros antepasados, se equilibraba el movimiento de los astros y las condiciones del territorio, dentro de los cuales México-Tenochtitlán ocupaba un lugar central.

En la actualidad se está manejando un nuevo concepto que explota “la psique” del cliente pero que trata de basarse en hechos científicos comprobables para poder desarrollarla este tipo de arquitectura se llama “Cosmobiológica” y según su definición es “el arte que fundamentado en conocimiento arcanos y los descubrimientos

científicos más recientes crea la morada integralmente sana del hombre.” La casa sana o la casa holística.

Ha sido estimado que el 70% de los seres humanos desarrollará a la larga alergias o sensibilidades a algo en el ambiente en el que vive; sus reacciones serán desde los pequeños malestares, catarros, asma o dolores en las articulaciones y en casos extremos la muerte (como se explicó el concepto de “edificio enfermo” en el capítulo 3). Siendo que pasamos aproximadamente el 80% de nuestro tiempo en espacios cerrados (principalmente nuestra casa y trabajo), el ambiente interior de nuestra casa y nuestra área de trabajo debe de tener una importancia primaria para nosotros. Desafortunadamente nuestras casas y oficinas muy pero muy a menudo nos enferman y debilitan.

El abrumador número de detalles que están implicados en el diseño y la construcción de una casa alternativa holística pueden a menudo ser frustrantes y confusos; la rejilla Hartman, campos electromagnéticos, radiaciones ionizantes, materiales de construcción ecológicos, selección de colores terapéuticos, colocación y orientación adecuadas. Sin embargo un tema común se entrelaza a través de muchas escuelas de construcción holístico-ecológicas. Éste puede ser llamado el “espíritu del lugar”, es una mezcla de ciencia y lo sagrado, de pensamiento e intuición que conduce a construcciones de armonía fuerza y salud. Numerosas culturas se han enfocado a este respecto de construcción de lugares, y han producido observaciones y preceptos notablemente similares.

Probablemente la práctica más conocida de diseño holístico sea el “feng shui” chino, (pronunciado fung shuei). Éste es el arte de la ubicación armoniosa de edificios y su contenido, donde el Chi, la fuerza vital del universo, fluye suave y fuerte y equilibra las energías Yin/femenina/fija con la Yang/masculina/mutable. La historia natural y ancestral, la astrología, la orientación y la proporción, son factores a considerarse para lograr los efectos positivos. En otras técnicas del mismo “feng shui”, un aspecto importante es la intuición y se utilizan las formas del terreno, clima, suelos y vías de agua o sus sustitutos en áreas urbanas y edificios metropolitanos.



La contraparte europea del Fen shui es la geomancia. Tiene sus raíces en antiguas tradiciones europeas de equilibrar energía, la naturaleza y los edificios para promover la salud y armonía. Hace énfasis en el conocimiento y el uso de las direcciones y sus poderes. Una visión más holística es que es el arte de sentir la fuerza vital de un lugar, y nuestra relación con esa fuerza.

El Sthapatya Veda es un antiguo sistema hindú de colocación que actualmente es retomado por Maharishi Mahesh Yogi, el fundador de la meditación trascendental. Es una aproximación holística al diseño de construcción y planeación urbana que se enfoca a honrar la santidad y las interconexiones de todas las cosas. Incorpora prácticas de buen diseño, materiales saludables, fuerzas de la naturaleza, proporciones matemáticas de forma y astrología.

Por otra parte, la más reciente Bau-biología sajona y la geobiología mediterránea, si bien no son por sí mismas prácticas espirituales de arquitectura, todos sus principios son de apoyo de otros sistemas de diseño. Éstos se están convirtiendo en un estándar de prácticas de diseño buenas e intuitivas. Algunos de los factores que cubren son: seleccionar un sitio con respecto a patrones de tráfico, líneas eléctricas, otros edificios, viento, sol, incluyendo estilos de vida y funciones de los cuartos en el diseño de la casa; comprensión del uso y conservación de la energía, empleo de materiales para intercambiar, filtrar y moderar el flujo de aire; evitar las influencias electromagnéticas; diseño para ambientes de buena iluminación, color y sonido.

Muchos hilos comunes de conciencia unen todas estas prácticas espirituales de arquitectura y diseño. Todos ellos exponen que la paz, la salud y la prosperidad son esenciales para la

<sup>99</sup> bagua

vida y pueden ser alcanzadas con sistemas holísticos de construcción. Y que más bien que estar separados de la naturaleza y dominarla, cuando construimos en armonía con ella podemos llenar con un crecimiento integral nuestras vidas. Otro hilo común e interesante es que ninguna de las diferentes prácticas es contradictoria; en realidad, ellas generalmente se complementan, lo cual constituye la razón por la cual la arquitectura Cosmobiológica ha sido capaz de unir todas estas corrientes en un solo arte. En éste son utilizadas muchas pautas de diseño simples y otras no tan simples, incluyendo filosofía y técnica, tradición y ciencia en beneficio de la especie humana.

La comprensión de los aspectos fundamentales de la construcción distintos de los factores normales de materiales, costos y técnicas de construcción, nos puede llevar a la consecución de casas que nos ayuden a evolucionar como seres físicos, emocionales, intelectuales y espirituales. Aún los factores esotéricos pueden ser incorporados cuando escuchamos dentro de nosotros mismos. La aparente confusión de detalles y diferentes técnicas puede ser manejada cuando cada decisión está en equilibrio con la tierra y el cielo.

## **GEOMANCIA ANTECEDENTES**

Desde 1981 el Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche ha trabajado sin interrupción en el Proyecto Calakmul. Durante los últimos 13 años, hemos llevado a cabo investigaciones pioneras, originales e innovadoras a escala mundial que se han traducido en alrededor de 150 títulos como monografías, capítulos en libros, artículos y memorias, así como revistas nacionales e internacionales en Campeche, Yucatán, Chiapas, México D.F., Alemania, España, Los Estados Unidos e Inglaterra. Nuestras metas siempre se han encaminado hacia el entendimiento profundo, no solamente de Calakmul vista como una entidad socio/cultural que representa el mas grande y poderoso de los centros urbanos y estados regionales del área maya, sino en función de su medio ambiente a través de la creación de la Reserva de la Biosfera, Calakmul de 723,000 Kms. cuadrados, decretada como tal en 1989, así como su programa de manejo, con la colaboración nacional e internacional de 38 investigadores, todo ello, gestionado, promovido y coordinado por nuestro Centro y Universidad en colaboración con

la Sedesol. Sumado a esto hemos dado, a varios estudiantes y profesionales, la oportunidad de estudiar y escribir las primeras tesis de licenciatura y doctorado en Ciencias Sociales (algunos premiados) incluyendo Antropología Física y Arqueología no producidas en el estado desde hace mas de 40 años, fecha en que el Dr. Román Piña Chan recibió su primer título profesional en México, D.F. Además de promover la investigación y la docencia, hemos enfatizado la necesidad de crear esfuerzos interdisciplinarios en la investigación que han incluido además de los de carácter antropológico, los de la arqueología con el análisis de su cerámica lítica para determinar formas y estilos arquitectónicos y la Cronología de Calakmul y sus áreas de actividades cotidianas de las que forman parte las de tipo administrativo, ceremonial, y habitacional. Igualmente se han hecho estudios de osteología para determinar el sexo, edad, estatura, enfermedades de los entierros, además de sus tratamientos después de la muerte. Con el estudio demográfico y el patrón de asentamiento de Calakmul hemos podido determinar la población y distribución dentro y fuera de la ciudad y la geomancia incluyendo la arqueoastronomía para determinar equinoccios y solsticios mientras que la epigrafía nos proporciona fechas, nombres e imágenes de gobernantes femeninos y masculinos, casamientos, descendencia, guerras, cautivos y relaciones sociopolíticas.

Hemos publicado estudios sobre climatología para entender mejor los beneficios y problemas asociados con la hidrología de la cuenca de Calakmul en que vivían y viven los milperos, de ayer, de hoy, la paleoclimatología como una de las causas del desarrollo y caída de la cultura maya en el norte del Petén y el uso del suelo y los ecosistemas para comprender más claramente la distribución de la flora del Petén y la localización de sus asentamientos humanos así como la manera ideal para su conservación. También hemos investigado la paleohidrología de la región, lo que nos permitirá comprender aún mas como sus habitantes prehispánicos organizaban sus aguadas y otros rasgos hidráulicos para facilitar su presencia y desarrollo en una región sin fuentes permanentes de agua de superficie.

Hemos llevado a cabo estudios minuciosos sobre la etnobiología en la región tomando en cuenta la flora útil y los suelos de los solares de los mayas Clásicos en Calakmul, además de crear un herbario en el Centro de

Investigaciones de nuestra Máxima Casa de Estudios como parte de nuestros esfuerzos continuos sobre la ecología de Calakmul y su Región. Adicionalmente, todos los caracoles y conchas excavados han sido identificados para determinar su especie y procedencia como los materiales botánicos asociados a las tumbas como semillas, fibras y resinas también han sido clasificados. Asimismo hemos mandado hacer estudios por medio de percepción remota de toda el área de la Reserva de la Biosfera de Calakmul con el fin de localizar y clasificar sus diferentes tipos de vegetación, asentamientos prehispánicos y los sacbés del Petén del norte incluyendo uno entre Calakmul y el Mirador, Guatemala a 38 Km. al suroeste, paralelamente a la realización de estudios de etnoarqueología que nos permitirán localizar los sitios arqueológicos y aguadas de la región además de los hatos chicleros del pasado con la colaboración de la gente de la región.

Como señalamos, el Centro ha contribuido al mejor entendimiento de la historia de Calakmul y su región y sus actividades extractivas, así como su geopolítica del pasado y futuro y otras especialidades, siempre interesado en la promoción de estudios sobre los usufructuarios de la Reserva por medio de sus autobiografías y trabajos etnográficos escritos y publicados con campesinos, además de los esfuerzos hechos para desarrollar desde hace tiempo un turismo ecológico con los residentes de la región de Calakmul con la construcción de un hotel ecológico, además del guión para diseñar un moderno museo sobre el medio ambiente y la arqueología e historia de Campeche y sus alrededores, con 20 colaboradores, todos ellos y otros atentos al mejoramiento del Estado, la Universidad, su Magnífica Reserva y más que todo el presente y futuro de los campechanos, el país y la humanidad.

La Universidad Regiomontana se vistió de gala con la visita del Arq. Yoshiyuki Suzuki, director general del Hotel Nikko en México; el Arq. Alfonso Muray, Director general de Muray Paisajistas, y el Arq. Tadashi Okada, presidente de diseño de Tadashi Okada Asociados, empresa ubicada en Japón.

El Arq. Okada ofreció la conferencia “La geomancia en la arquitectura, urbanismo y paisaje”, donde explicó que la geomancia es un término que se refiere a las leyes de la madre tierra

que están relacionadas con el hombre y con el medio ambiente.

“La ciencia de la geomancia se refiere al flujo de energía de la vida de la tierra como a los paisajes de la naturaleza con respecto a su forma, sus características escénicas y sus fenómenos”, expresó el Arq. Okada.

Dijo que la geomancia tiene también una aplicación en el diseño de ciudades, paisajes, interiores y en el arquitectónico.

Mencionó que la geomancia posee un pensamiento científico y tecnológico con respecto al conocimiento de la naturaleza.

Okada expresó que las bases de la geomancia están desapareciendo cada vez más como los ríos, montañas, veredas, entre otros elementos naturales, esto hace que se pierda nuestra naturaleza y por eso es necesario establecer la geomancia moderna.

En la geomancia, el norte está simbolizado como agua e invierno; el sur, fuego y verano; el poniente, hierro o fierro y primavera; el oriente, madera y otoño, y el centro siempre es la tierra, dijo.

A esta conferencia asistieron personajes del área de la arquitectura y del diseño de interiores de instituciones reconocidas de la ciudad así como de importantes negocios de esta área.

La conferencia dictada el 10 de septiembre fue organizada por la carrera de Licenciado en Administración de Empresas Turísticas de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

**Para aplicar la geomancia en la arquitectura con el fin de componer un espacio funcional y agradable se toman en cuenta:**

Cuerpos celestes, leyes de la astronomía y su acción en la vida del hombre. Formas de la tierra, cálculo e interpretación topográfica. Formas del agua y corrientes de los ríos. Cálculo de las direcciones. Corrientes magnéticas y análisis de estas fuerzas. Análisis del paisaje. Ingeniería morfológica e ingeniería del color. Teoría del Yin y el Yang. Todos los elementos están constituidos por el Yin (energía negativa) y el Yang (energía

positiva). Teorías de la conservación y la destrucción.

### **Tadashi Okada**

Originario de Nigata, Japón.

Estudió Diseño Arquitectónico en la Universidad de Waseda y Diseño Ambiental y Arte Escenográfico en la Universidad de Arte de Tokyo y en la Universidad de Arte Musashino. En 1993 fundó en Japón la empresa Tadashi Okada Asociados. Desde hace 20 años ha estudiado geomancia a través de proyectos internacionales en Hong Kong. Sus diseños y obras se encuentran en Japón, China, Iraq, Indonesia y en México en la remodelación de interiores del Hotel Nikko.

## **FENG SHUI**

El Feng Shui es: “el arte de disponer las moradas de los vivos y de los muertos a fin de cooperar y armonizarse con las corrientes locales del flujo cósmico”.

La traducción literal del Feng Shui es “viento – agua”, este termino sibilino expresa la idea de movimientos en acción constante. En la antigua china situarse en armonía con los elementos otorga salud, felicidad y suerte, o considerar el Feng Shui como un concepto emocional de la naturaleza, la energía de los lugares, la energía de los cuerpos.

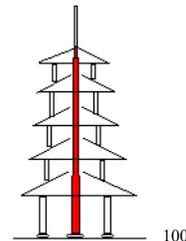
Es el estudio de los “Chi” o energías sutiles de la naturaleza a fin de favorecer el equilibrio entre los seres humanos y la tierra, aprovechando las energías positivas de esta y neutralizando las negativas.

Todas las culturas tradicionales especiales que se dan en determinados lugares y han edificado sobre ellos sus monumentos mas preciados. Así ocurre en Europa con los monumentos megalíticos y numerosas ermitas e iglesias medievales (alineadas este-oeste), de todos estos conocimientos tradicionales el Feng Shui chino es el mas pervivido hasta nuestros días. Hoy la geobiológica integra estos conocimientos con un acercamiento científico a estos procesos útiles que están relacionados con fenómenos magnéticos, telúricos y atmosféricos así como factores psicológicos y estéticos.

A partir de esto es el arte de encontrar el lugar adecuado para una casa, un sepulcro o cualquier otra cosa (los chinos han creído durante

mucho tiempo que un sepulcro emplazada en un lugar adecuado asegura prosperidad para los descendientes, puesto que el “Chi” se trasmite a través de las generaciones) si la casa ya esta construida puede ayudar a modificar la suerte o la salud de los que en ella viven, acentuando las influencias positivas y bloqueando las negativas.

Puede incluso ejercer influencia sobre la fortuna de toda una comunidad, las antiguas ciudades chinas (los “Cheng” literalmente los muros o murallas) estaban completamente rodeadas de murallas que las preservaban tanto de invasores como de las influencias malignas. Leones de piedra o dragones de arcilla colocados en las puertas o en el punto culminante de los tejados servia a un propósito similar. Se construyeron pagodas de gran altura en lugares geománticos para perforar como si se trataran de enormes agujas de acupuntura en los puntos mas sensibles del paisaje asegurando de esta forma una mejor salud para los habitantes de la ciudad.



El Feng Shui se preservó en su forma pura en los templos Taoístas de China donde construían una de las tres principales ciencias Taoístas: geomancia, astrología y medicina, las ciencias de la tierra, el cielo y el hombre. La razón mas importante de la influencia del Feng Shui sobre el Taoísmo fue que el ideal taoísta suponía precisamente un armonizante y fluir con las corrientes de la naturaleza

<sup>100</sup> corte esquemático de una pagoda, donde se observa un especie de gran aguja



101

La casa idónea: La forma de la casa deberá armonizar con el paisaje, puede construirse de modo que contemple las formas incompletas por ejemplo: si la colina recuerda a un animal sin cabeza se podría colocar la casa en lugar de esta y esto proporcionara control y fuerza, una casa cuadrada o rectangular de mayor estabilidad y seguridad (el cuadro esta asociado con la tierra, los círculos con las cúpulas geodésicas con el cielo) la casa puede ser también mas estrecha en su parte delantera y mas ancha por detrás lo que brinda seguridad y paz.

Una casa de ciudad debería tener una cerca para protegerla y conservar el “Chi”. La puerta principal de dicha cerca debería ser pequeña y estar orientada en una dirección auspiciosa, las puertas del interior de la vivienda deberían estar tan enfrente unas de otras como fuera posible, si hay puertas o ventanas que se abran a habitaciones estrechas o muros lisos se pueden crear sensaciones de profundidad colgando espejos frente a ellas.

Si alguna habitación queda al margen de la parte principal de la casa, esta tendrá una menor influencia sobre la vida de los moradores, los pasillos deberán fluir como el agua, se pueden colocar muebles o plantas en esquinas o rincones naturalmente tendría que haber las suficientes ventanas para permitir la circulación del aire y la luz, nunca deben abrirse tragaluces en las recamaras, las corrientes de aire deben de pasar de la ventana a la puerta y entre menos obstáculos mejor.

En la recamara se deben escoger dos colores en tonos de los secundarios: morado, naranja, verde para que la cabecera nos abrace debe ser de contraste, idealmente la cabecera de la cama deberá ir al norte magnético, nunca al oeste a menos que nos apoye una montaña muy grande o un edificio, se debe de buscar la viga principal y no poner bajo ella la cama.

La cocina deberá estar al centro de la casa de la misma forma que el corazón esta en el centro del cuerpo, la cocina es fuente de calor, alimento y fortuna, deberá ser espaciosa ordenada y estar protegida y diseñada de tal forma que el cocinero no pueda estar perturbado por timbres de teléfono o puertas que se abran a su espalda.

La cocina nunca debe verse al entrar a la casa, y si fuera el caso taptarla con un biombo o cambiar la entrada de lado, en la cocina es mas importante la limpieza que el color, en ella no deben de estar la estufa y el fregadero uno frente a otro pues acarrea pleitos y nunca debe de haber mas de un cocinero a la vez.

En la sala se encuentra el rincón de la abundancia de nuestra casa, hay que prepararlo adecuadamente, si en ese rincón hay una puerta o cristal hay que equilibrarlo con plantas piedras, biombo, cortina o cristales. En la sala es preferible un solo color primario: rojo, amarillo, azul, blanco.

Los pasillos de cualquier color, dándoles luz, las escaleras no deben estar en medio de la casa frente a la puerta, y son mejores las escaleras no rectas con plantas o cuadros en los descansos.

## ARQUITECTURA Y MATEMÁTICA

A partir de descubrimientos matemáticos el hombre se ha explicado el medio en el que vive, plasmando este conocimiento en sus construcciones preservándolo a través del tiempo, sus descubrimientos, observaciones del cielo y su relación de las formas para sentirse en unión con ellas.

Un importante descubrimiento resulta ser la sección Áurea, donde esta sección se encuentra en toda la naturaleza y nos da el punto de partida a lo que consideramos belleza, expliquemos como esta relación matemática influye dentro de las construcciones.

---

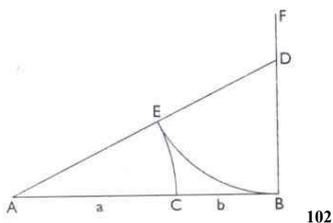
<sup>101</sup> pagoda japonesa

Una de las operaciones más sencillas que existen para afrontar el tema de la proporción consiste en dividir un segmento de línea de la forma asimétrica más simple:

a) Dado el segmento AB, se sitúa sobre BF, perpendicular a AB, un segmento BD = AB/2, y se une A con D. Con un compás, tomando como centro D, se obtiene DE = DB. Después tomando como centro A, se traza el arco de círculo EC, siendo C el punto buscado.

La longitud AB se ha dividido en dos partes iguales de forma que la mayor es a la menor como la suma de las dos es a la mayor.

$$AC/CB = AB/AC \quad a/b = a+b/a$$



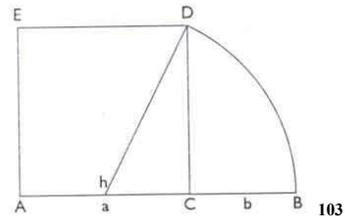
Esta proporción, que corresponde a la partición más simple de una magnitud en dos partes desiguales o partición más lógica, es lo que Euclides en el libro VI, proposición 30, de los Elementos, plantea como "dividir una recta dada en extrema y media razón", y define así al inicio del mismo libro (def. 3): "Se dice que una recta está dividida en extrema y media razón, cuando la totalidad del segmento es al segmento mayor como el segmento mayor es al menor". Cuando la totalidad del segmento constituye la unidad, la longitud del segmento mayor es 0,618 y la del segmento menor es 0,382.

Hay otra manera sencilla de encontrar esta proporción utilizando regla y compás, y que no parte de la totalidad del segmento sino del segmento mayor:

b) Dado el segmento AC, construir el cuadrado ACDE, buscar el punto medio h del lado AC, unir h con D. Con h como centro, trazar desde D el arco de círculo que interseccione la prolongación de AC, con lo que se obtiene el punto B. Tenemos que:

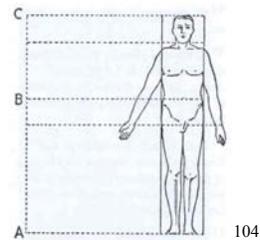
<sup>102</sup> triángulo áureo

$$AC/CB = AB/AC \quad a/b = a+b/a$$



La relación a/b resultante de la "división de una recta en media y extrema razón" ha recibido diferentes denominaciones en el transcurso del tiempo, pero las definitivas le fueron otorgadas en el Renacimiento. Luca Pacioli la calificó como Divina Proporción –en su obra De Divina Proportione, publicada en Venecia en 1509-, en la que justifica tal denominación en base a las correspondencias que encuentra entre esta proporción y la divinidad misma. Destaca cinco:

- 1- Ella es una y nada más que una y no es posible asignarle otras especies ni diferencias.
- 2- Así como in divinis hay una misma sustancia entre tres personas, Padre, Hijo y Espíritu Santo, de la misma manera una misma proporción de esta suerte siempre se encontrará entre tres términos.
- 3- Dios, propiamente, no se puede definir ni puede ser entendido por nosotros con palabras; de igual manera esta proporción no puede jamás determinarse con número inteligible ni expresarse con cantidad racional alguna sino que siempre es oculta y secreta y los matemáticos la llaman irracional.
- 4- Así como Dios jamás puede cambiar y es todo en todo, y está todo en todas partes, esta proporción es siempre la misma e invariable y de ninguna manera puede cambiarse.



<sup>103</sup> desarrollo del triángulo áureo

<sup>104</sup> proporciones aureas en el hombre

5- Finalmente, así como Dios confiere al ser la virtud celeste, por ella a los cuatro elementos ya través de ellos a la naturaleza, esta proporción da el ser formal ~aquí Pacioli cita a Platón ya su diálogo Timeo- al cielo mismo, atribuyéndole la figura del dodecaedro, sólido compuesto por doce cartas pentagonales que no es posible formar sin la divina proporción.

Según Pacioli, Leonardo da Vinci fue el ilustrador de Divina Proportione, y es precisamente a él a quien se atribuye la otra denominación con que es conocida esta proporción: sectio aurea (sección áurea) de donde provienen los nombres de Sección de Oro, Golden Section, Goldene Schnitt, Section d'Or.

la sección áurea, que corresponde a la relación  $a/b$ , también puede ser expresada por el número que de ella resulta, un número irracional cuyo valor aproximado en fracciones decimales es:

**1,61803398875...**

o, más simplemente, 1,618 = número de oro. Veamos su construcción gráfica:

El cuadrado CDEF tiene el lado = 2 en relación a los ejes  $OA = OB = 1$ . la diagonal  $AC =$  a la diagonal del doble cuadrado  $CDA A' = \sqrt{5}$ , porque según el teorema de Pitágoras:

$$AC^2 = AA'^2 + A'C^2$$

$$AC^2 = 2^2 + 1^2 = 5$$

$$AC = \sqrt{5}$$

El punto G, donde la diagonal AC corta el eje OB, da:

$$AG = GC = \sqrt{5}/2$$

Desde el punto G, centro de GB, trazamos el círculo y tenemos que los radios

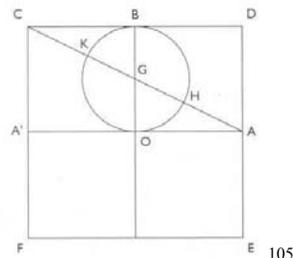
$$GO = GB = OB/2 = 1/2$$

El círculo corta la diagonal en dos puntos H y K de tal manera que

$$GK = GH = 1/2$$

Por tanto:

$$AK = AG + GK = \sqrt{5}/2 + 1/2 = \sqrt{5} + 1/2 = 1,618 = (\phi)$$



La letra griega ( $\phi$ ) fue sugerida por Mark Barr y W. Schooling en los anexos matemáticos del libro de Theodore Cook The Curves of Life para nombrar el número de oro, por ser la letra inicial de Fidias. El número de oro presenta una serie de características que lo convierten en un número realmente único. Matila Ghyka ha demostrado todas sus propiedades aritméticas y algebraicas, y afirma que "esta razón aparece como una invariante logística que procede del cálculo de relaciones y clases del que Peano, Bertrand Russell y Couturat han demostrado que se puede deducir toda la matemática pura partiendo del principio de identidad".

La serie ( $\phi$ ) es una progresión geométrica cuya razón es ( $\phi$ ) con la siguiente propiedad: un término cualquiera de la serie es igual a la suma de los dos precedentes:

$$1, (\phi), (\phi)^2, (\phi)^3, (\phi)^4, (\phi)^n \dots$$

La principal consecuencia práctica de esta propiedad es que partiendo de sus términos consecutivos se puede construir la serie ascendente o descendente de los otros mediante adiciones o sustracciones.

Se trata de una serie multiplicativa y aditiva a la vez, es decir, participa simultáneamente de la naturaleza de una progresión geométrica y de otra aritmética.

El cuadrado es especialmente interesante: el número de oro se eleva al cuadrado sumándole la unidad:

$$\phi^2 = \phi + 1$$

Propiedad que resulta notable desde el punto de vista aritmético:

$$\phi = 1,618$$

en lugar de multiplicar:

$$\phi^2 = 1,618 \times 1,618$$

---

<sup>105</sup> desarrollo del cuadrado

es suficiente escribir:

$$\varnothing^2 = \varnothing + 1 = 2,618$$

Suponiendo desconocido el valor de  $\varnothing$ , éste podría ser hallado a partir de la igualdad

$$\varnothing^2 = \varnothing + 1$$

Se trataría de encontrar un número tal que fuese sobrepasado por su cuadrado en una unidad; dicho de otra manera, consistirá en resolver la ecuación

$$x^2 = x + 1$$

ó

$$x^2 - x - 1 = 0$$

cuyas raíces son, como hemos visto anteriormente

$$x = \sqrt{5} + 1/2 = 1,618$$

$$x_1 = \sqrt{5} - 1/2 = 0,618$$

Pero es más notable aún desde el punto de vista algebraico, pues permite convertir las expresiones de  $\varnothing$  en un binomio de primer grado.

Si se divide por  $\varnothing$  la expresión

$$\varnothing^2 = \varnothing + 1$$

se obtiene

$$\varnothing = 1 + 1/\varnothing$$

ó

$$1/\varnothing = \varnothing - 1 = 0,618$$

De lo que se deduce que la elevación al cuadrado del número de oro le añade la unidad y su inversa se la suprime. Si

$$\varnothing^2 = \varnothing + 1$$

las potencias sucesivas de 0 se podrán escribir

$$\varnothing^3 = \varnothing^2 + \varnothing$$

ó

$$\varnothing^3 = \varnothing + 1 + \varnothing = 2\varnothing + 1$$

con lo que resulta, por tanto, un binomio de primer grado. Y, para

$$\varnothing^4 = \varnothing^3 + \varnothing^2$$

sustituyendo tendremos

$$\varnothing^4 = 3\varnothing + 2$$

y esto se repetirá sucesivamente. Esta propiedad se formula algebraicamente así:

$$\varnothing^n = u_n \varnothing + u_{n-1}$$

siendo  $u$  el término general de la serie de Fibonacci:

$$\varnothing = 1\varnothing$$

$$\varnothing^2 = 1\varnothing + 1$$

$$\varnothing^3 = 2\varnothing + 1$$

$$\varnothing^4 = 3\varnothing + 2$$

$$\varnothing^5 = 5\varnothing + 3$$

$$\varnothing^6 = 8\varnothing + 5...$$

Una construcción geométrica muy sencilla permite representar sobre una misma línea recta la serie  $\varnothing$  (potencias positivas y negativas) :

Tomando como unidad el segmento AB de la recta x. Desde el punto B se traza la perpendicular BC = 1/2 AB; pasando por C se traza la recta Ay. Con C como centro y CB como radio se señala el arco BG; con A como centro y AG como radio trazar el arco GD el punto D la perpendicular DH; con H como centro y HD como radio, se señala el arco OK, y con A como centro y AK como radio, el arco KE. Se traza la perpendicular EL. Mediante el mismo método. Se traza el arco EM. después el arco MF y así sucesivamente.

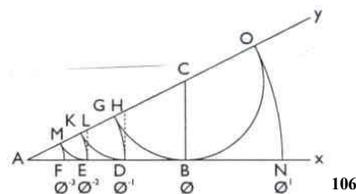
Si AB=1

resulta que

$$AD = 1/\varnothing \text{ ó } \varnothing - 1$$

$$AE = \varnothing - 2$$

$$AF = \varnothing - 3$$

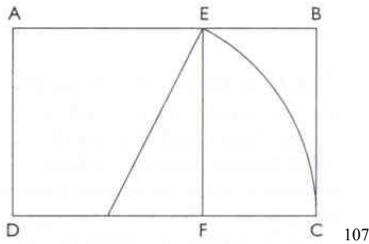


La construcción de potencias positivas es igualmente sencilla: con C como centro y CB como radio se traza el arco BO; después. con A como centro y AO como radio. el arco ON, con lo que se determina el punto N. Resulta que: AC =  $\sqrt{5}/2$ , que CO = 1/2. y que AN = AO = AC + CO =  $\sqrt{5} + 1/2 = \varnothing$ . Si se sigue el mismo procedimiento. se pueden trazar sobre el prolongamiento de Ax las longitudes correspondientes a  $\varnothing^2$ ,  $\varnothing^3$ , y sucesivas.

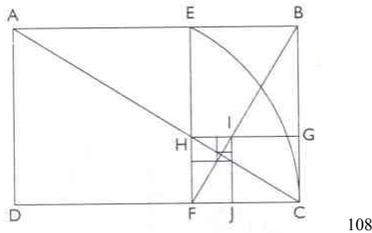
Una propiedad característica del número de oro es que, además de introducir la asimetría. introduce una continuidad al infinito o facultad de repetirse indefinidamente. lo que le convierte, en palabras de Matila Ghyka. en "el más interesante de los números algebraicos incommensurables". Esta facultad se demuestra también en las propiedades geométricas de la sección áurea. Si. Siguiendo el esquema inicial de "la división de una recta en media y extrema razón". trazamos el correspondiente rectángulo áureo. tendremos:

Un rectángulo en el cual se establecen las relaciones  $AE/EB = AB/AE = \varnothing$ , y nos encontraremos con un primer ejemplo de recurrencia formal.

<sup>106</sup> desarrollo exponencial de la proporción



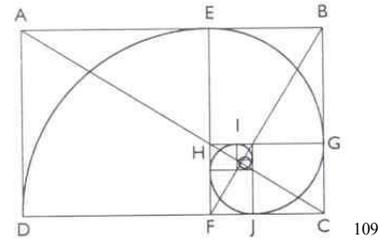
Efectivamente: Si por E, punto áureo de AB, y siguiendo la perpendicular hasta F, retiramos el cuadrado AEFD, el rectángulo restante es un rectángulo áureo. Si retiramos el cuadrado EBGH, la figura restante, HGCF, también es un rectángulo áureo. Este proceso se podría repetir indefinidamente hasta el rectángulo límite O, que se confunde con un punto.



El ejemplo de recurrencia formal dentro del rectángulo áureo o rectángulo de oro nos permite trazar una de las más bellas curvas matemáticas: la espiral logarítmica, también denominada espiral equiangular: Pero analicemos algunas particularidades notables de esta figura:

- 1) El punto límite O se denomina polo de la espiral equiangular, que pasa por los puntos áureos D, E, G, H... He ahí la conexión entre la espiral logarítmica y la sección áurea.
- 2) Se encuentran puntos áureos alternativos sobre la espiral rectangular ABCFH... sobre las diagonales AC y BF, lo que sugiere un método práctico para construir la figura.
- 3) Las diagonales AC y BF son mutuamente perpendiculares.
- 4)  $A0/AB = OB/OC = OC/OF = \phi$ . Hay un número infinito de triángulos semejantes; cada uno de ellos es igual a la mitad del rectángulo áureo.

107 paso 1  
108 paso2

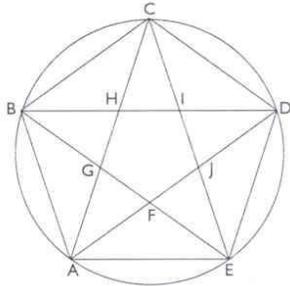


Otra propiedad interesante de esta espiral es, que sea cual fuere la diferencia de longitud entre dos segmentos de la curva, la forma se mantiene constante; la espiral no tiene punto final, se extenderá indefinidamente hacia el exterior o el interior, pero permanecerá homotética, es decir, semejante a sí misma. Esta propiedad peculiar de la espiral logarítmica, que no comparte con ninguna otra curva matemática, corresponde al principio biológico que rige el crecimiento de la concha del molusco: ésta crece a lo largo ya lo ancho para adaptarse al crecimiento del animal pero permanece siempre homotética. Según D' Arcy Thompson, "la existencia de esta relación de crecimiento constante, de esta forma constante, constituye la esencia de la espiral equiangular y puede ser considerada como la base de su definición". Espirales como ésta han existido en la naturaleza desde hace millones de años. Es posible que éste sea el origen de la seducción que su belleza ejerce a la mirada humana. Theodore Cookll ha estudiado la presencia de la espiral en la botánica, tanto en lo que se refiere al perfil de una planta o de sus diferentes partes, como en el análisis matemático de los diagramas de crecimiento y la disposición de las hojas y los granos; también los ha estudiado en los organismos animales, en los cuernos de los antílopes y las cabras... y observa que una progresión geométrica como la serie  $\phi$  se puede considerar como el esquema numérico de las pulsiones radiales de una espiral. "Toda espiral evoca una ley de crecimiento" afirma Ghyka, viendo en ello la causa del motivo de la espiral aplicado al arte o como detalle arquitectónico.

Pero el número de oro participa también en la construcción de otra figura geométrica, el pentágono, que subtiende esquemáticamente la morfología de los organismos vivos basados en la simetría dinámica pentagonal. La diferencia esencial entre la naturaleza orgánica y la inorgánica se debe al hecho de que mientras la inorgánica se inclina por el equilibrio perfecto inerte y sus estructuras están regidas por la simetría

109 paso 3

hexagonal estática, la orgánica en cambio –regida dinámicamente por su simetría pentagonal”””- introduce una pulsación en progresión geométrica que transcribe el crecimiento analógico u homotético.



110

La figura representa un pentágono regular convexo (de lado AB) y un pentágono regular estrellado (de lado AC) inscritos en el mismo círculo. Se demuestra que  $AC / AB = AB / AG = AG / GH = \phi$ . Es decir, la relación entre el lado del pentágono estrellado (o de la diagonal del pentágono convexo), y el lado del pentágono convexo, es igual al número de oro. También el pentagrama completo está formado por cinco triángulos isósceles sublimes (denominados así cuando el ángulo en el vértice es igual a  $36^\circ$ ). Puesto que conocían las propiedades de esta figura en relación con la razón o, los pitagóricos otorgaron al pentágono, especialmente al pentagrama, un lugar preferente entre las otras figuras planas y lo convirtieron en emblema simbólico por excelencia de la salud y la vida: el 5, simétrico respecto a la unidad central y asimétrico por impar, es el resultado de la suma del primer par y del primer impar, siendo 2 el primer número femenino y 3 el primer número masculino (de ahí que algunas veces se le denominara matrimonio). Por eso el pentagrama o pentalfa fue escogido como una contraseña de reconocimiento entre los integrantes de la secta pitagórica y también como símbolo universal de perfección, de belleza y amor. Cábala y alquimia, Medioevo y Renacimiento, tuvieron en el pentagrama el símbolo del microcosmos –el hombre físico y astral- perfectamente ajustado a la imagen del macrocosmos como dodecaedro, pues este sólido, con sus doce caras pentagonales aludiendo a los doce signos del zodiaco, fue designado por Platón en el Timeo como símbolo del Universo. He aquí la representación del hombre-microcosmos-pentágono de Henri Corneille-Agrippa, consejero e

110 pentágono áureo

historiógrafo del emperador Carlos V, tal como aparece en su tratado De Oculta Philosophia (1533), en el capítulo dedicado a la "Proporción, Medida y Armonía del Cuerpo humano", que se inicia con estas palabras:

Puesto que el Hombre es obra de Dios, la más bella, la más perfecta, su imagen, y compendio del mundo universal, es llamado por ello el pequeño mundo, y por consiguiente encierra en su composición más completa, en su armonía... todos los números, las medidas, los pesos, los movimientos...

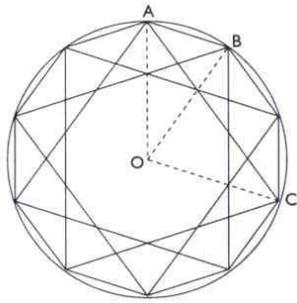
El pentagrama, estrella de cinco puntas, es, aún hoy en día, un emblema reconocido mundialmente. Pero hay otra figura relevante que aparece en el interior del pentágono.

La crónica explica que en tiempos de los griegos se construyó una maravillosa "taza de oro" compuesta de una copa y su pie. No se explica cuál era su perfil sino sólo que si se dibuja un pentágono convexo regular ABCDE y se trazan las diagonales BE, BD, EC, la parte sombreada da la armadura esquemática de la taza.

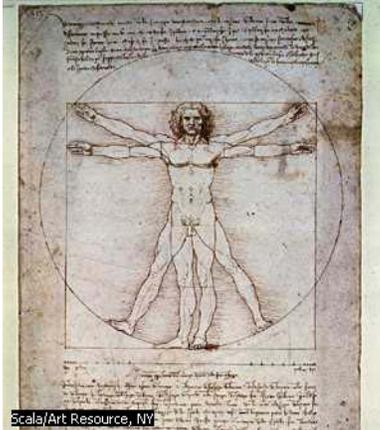
Matila Ghyka se hace eco de esta ley de la taza de oro que habría sido enunciada en Egipto y Babilonia y, recogida en Bizancio por los cruzados, habría sido utilizada por arquitectos y plateros de Occidente. En cuanto al decágono regular -una figura emparentada con el pentágono, la presencia de  $\phi$  se encuentra en la relación entre su lado y el radio, así como entre el lado del decágono estrellado y el radio correspondiente. Es decir:

$$AC/OA = OA/AB = \phi$$

Pentágono y decágono han sido los dos polígonos regulares más utilizados en la arquitectura; por ejemplo, el pentágono ha conformado muchos rosetones del gótico, mientras que el decágono ha sido utilizado en los trazados de templos como el de Minerva Médica, en Roma, o el Mausoleo de Teodorico, en Rávena.



111



112

Este dibujo, titulado *Las proporciones del hombre*, procede de un cuaderno de apuntes de Leonardo da Vinci. Ayudó al matemático italiano Luca Pacioli en su célebre obra *De Divina Proportione* (1509), que trata sobre el sistema de relaciones armónicas conocido como sección áurea.

112) Está basado en las teorías del arquitecto romano Marco Vitrubio sobre la aplicación de la sección áurea al ser humano: la proporción entre la distancia desde la cabeza hasta el ombligo y desde éste hasta los pies, debe ser la misma que la proporción entre la distancia desde el ombligo hasta los pies y desde la cabeza hasta los pies. El hecho de que este sistema de relaciones armónicas, también conocido como la proporción divina, pudiera trasladarse a la figura humana, tuvo una gran importancia durante el renacimiento.

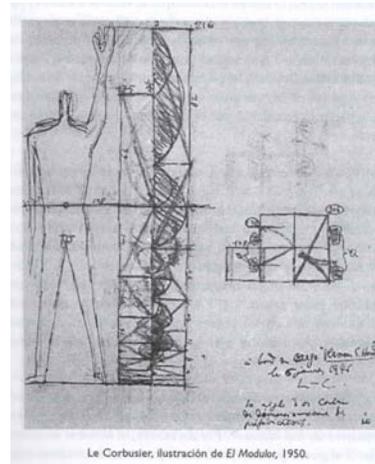
Estas proporciones inspiraron tiempo después escuelas de pintura como el "purismo" donde influenciado "le corbusier" pasa esas ideas y composiciones a sus construcciones a partir del "modulor".

---

<sup>111</sup> decágono áureo

<sup>112</sup>"Leonardo da Vinci." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<sup>113</sup>**Modulor**, sistema de proporciones ideado por el arquitecto Le Corbusier en 1951, basado en la sección áurea y que se rige por las medidas de una figura humana erguida con el brazo levantado. El autor creó dos escalas para las estaturas de 1,75 y 1,83 metros, respectivamente. El sistema se aplica para el dimensionamiento de habitaciones.



113

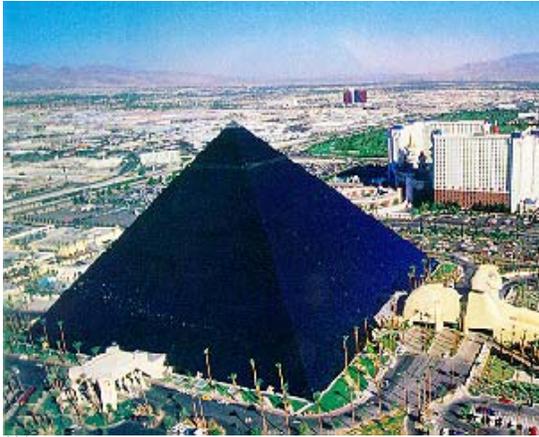
Innumerables culturas han construido apartir de sus aplicaciones de matemática a sus construcciones, pero que beneficios obtenían apartir de esto, ¿qué ganaban al construir de X o Y forma?, analicemos un caso interesante, las construcciones piramidales.

## PIRÁMIDES

Edificios sólidos de base poligonal y lados convergentes en un vértice construidos por algunas civilizaciones antiguas, especialmente en el antiguo Egipto y en la América precolombina. La figura de las egipcias era exactamente una pirámide recta de base cuadrada, mientras que las americanas presentan un perfil troncopiramidal compuesto por pisos o gradas que conducen a una coronación plana.

---

<sup>113</sup>"Las proporciones del hombre, modulor." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.



114

Los ejemplos egipcios más notables se sitúan hacia los años 2700 y 1000 a.C. En América, este tipo de estructuras se erigieron desde el año 1200 a.C. hasta la conquista española.

Las pirámides africanas parecen no tener ninguna conexión cultural con las del continente americano, y no sólo se diferencian por su forma sino también por su función. En Egipto se emplearon como tumbas de los faraones, mientras que en América servían como plataformas para templos, aunque en ocasiones también incorporaron enterramientos.

El mayor grupo de pirámides egipcias es el que se encuentra en Gizeh, cerca de El Cairo. La mayor de ellas es la del faraón Keops, que está considerada una de las siete maravillas del mundo antiguo. Este edificio mide 160 m de altura sobre una base cuadrada de 250 m de lado. Todavía se conservan restos de unas 70 pirámides diseminadas por el territorio de Egipto y Sudán. El antecedente de estas pirámides perfectas fueron las pirámides escalonadas, llamadas así porque sus sucesivas capas o pisos de piedra o ladrillo parecen enormes peldaños. El ejemplo mejor conservado de este tipo de enterramientos es el de Saqqara, cerca de El Cairo, construido hacia el año 2600 a.C.<sup>115</sup>

<sup>114</sup> Hotel Luxor en las Vegas, Nevada, E.U.

<sup>115</sup>"Pirámides." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

## PIRÁMIDE DE GIZA

El nombre pirámide proviene de la palabra cóptica "pir" que significa división y la palabra "met" que significa diez, sugiriendo el número cinco como factor contenido en él. Según *The Number in Scripture* (Los números en las Sagradas Escrituras), de Bullinger, el número 5 simboliza "Gracia". Cuatro es el número de este mundo (del hombre) y uno significa el Poder Divino (Dios). Los múltiplos de cinco se encuentran también en las dimensiones del arca de Noé, en el Tabernáculo del desierto y en el Templo Salomónico.



115

### Repetición del "5"

Hemos de mencionar otro rasgo interesante. Aunque su examen demuestra que los números en la Gran Pirámide son geométricos, hay un número que parece destacar en la Pirámide, es el 5. Cinco y sus múltiplos, potencias y proporciones geométricas se encuentran en toda la Gran Pirámide y sus relaciones de medidas. El piso de la Cámara de la Reina tiene 5 veces 5 hileras de mampostería de distancia de la base y sus medidas corresponden todas a una norma de 5 veces 5 pulgadas. El piso de la Cámara del Rey está a 10 veces 5 hileras de mampostería, contando desde la base y sus paredes. Están formadas por 20 veces 5 piedras, dispuestas en 5 hileras horizontales. La Pirámide misma tiene 5 esquinas (cuatro en la base y una en la cúspide), por lo que también tiene 5 lados, cuatro triangulares iguales y la base cuadrada sobre la que se yergue.

Un viejo tratado sobre francmasonería, *The Legend of the Craft* (La leyenda del arte), declara que todas las ciencias se basan en una sola, la ciencia de la geometría. Sólo los que se relacionan con la geometría reconocerán la gran

utilidad del razonamiento geométrico o comprenderán su gran participación en la tecnología moderna, especialmente en la energía. Pero es importante que todos nosotros tecnólogos y no tecnólogos- comprendamos que toda la materia, desde cualquier átomo infinitesimal hasta la inmensidad del universo mismo, participa de un sistema maestro de diseño geométrico interconectado.

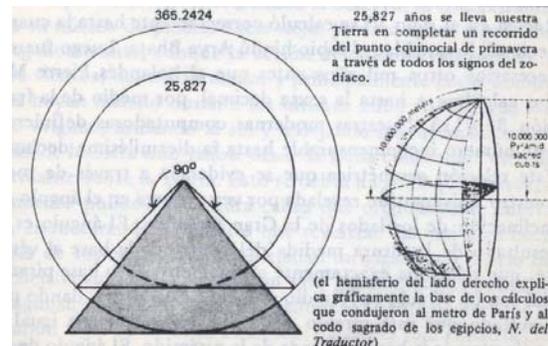
Ninguna estructura individual muestra en forma más dramática esta "interconexión" como la Gran Pirámide de Giza. Simplemente explorando la estructura de la Gran Pirámide con ojo de turista no nos revelará nada de su verdadero propósito. Necesitamos algunos conocimientos de geometría y matemática, combinados con la comprensión de su significado simbólico, para llegar al verdadero entendimiento de esta prodigiosa construcción y de su diseño. El camino a seguir para 'descubrir los secretos de este momento no es descifrar los jeroglíficos sino, por el contrario, estudiar sus medidas, sus ángulos y símbolos matemáticos.

### Midamos la pirámide

Los trabajos científicamente dirigidos nos han proporcionado medidas geométricas muy exactas de la pirámide (hasta centésimas de pulgada) que nos indican que la Gran Pirámide representa, en gran escala, un microcosmos de los conocimientos matemáticos y astronómicos "perdidos" para la humanidad durante más de 4500 años. Se puede establecer una excelente tesis acerca de que ninguna de las medidas encontradas en la construcción de la Gran Pirámide se debe al azar o es accidental; y es que cada una de ellas tiene "relaciones recíprocas" con muchas otras dentro de la construcción.

La unidad de medida utilizada en la construcción efectiva de la Gran Pirámide fue el codo real egipcio. Sin embargo, la unidad lineal que predomina en el diseño de la pirámide fue el codo sagrado que se exhibe en la decoración de la antecámara. El examen científico del codo sagrado revela una relación exacta con el planeta en que vivimos. Este codo es exactamente la diez millonésima parte de la distancia del centro de la Tierra al polo, o sea, un semieje. De acuerdo con la investigación geodésica más reciente, durante el año geofísico internacional el radio polar de la Tierra, como se deduce de los datos que nos han proporcionado los satélites, es de aproximadamente 3,949.89 millas inglesas. Si

dividimos esta cifra por 10.000,000, el resultado que obtendremos será un codo sagrado (25 pulgadas piramidales), o sea 25.0265 pulgadas inglesas.



116

Esto nos indica que, si el radio polar de la Tierra es de 10.000,000 codos sagrados; es decir 250.000,000 de pulgadas piramidales; la pulgada piramidal es la 500.000,000 ésimas parte del diámetro polar de la Tierra. Si tiene usted la impresión que este método para llegar al establecimiento de una medida de longitud es poco usual, recordemos el metro francés que, como unidad de medida lineal, también se basa en el tamaño de la Tierra. Se llegó al metro francés tomando la diezmillonésima parte del llamado "cuadrante terrestre", calculado a partir del polo norte hasta el ecuador, a lo largo del meridiano que pasa por Dunkerque. Como sabemos, la Tierra no es una esfera perfecta; por eso la distancia no es realmente un cuadrante y no resulta científica la determinación de una unidad de medida basada en la superficie de la Tierra. No es sorprendente que los cálculos para obtener el metro francés no resultaran exactos. Hacemos mención de este hecho sólo para demostrar que el antiguo diseñador de la Gran Pirámide se anticipó al hombre moderno en su idea de basar una unidad de medida en el tamaño de la Tierra; hasta hace poco tiempo, nos superaba en su conocimiento de las exactas dimensiones del planeta.

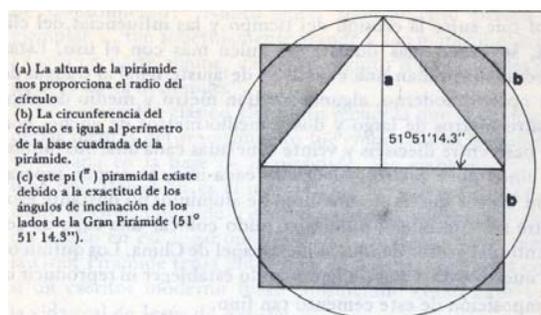
Observemos en qué cantidad tan pequeña la original pulgada perfecta, aún conservada en la Gran Pirámide, ha variado a través de las edades. La pulgada que está en uso actualmente, varía de la norma científica original en aproximadamente una milésima de pulgada! Si retrocedemos en la historia, encontramos que la pulgada británica varía aun menos que la pulgada científica original

116 Comparación proporcional de la pirámide y la tierra

de la Gran Pirámide, aunque la unidad inglesa ciertamente no proviene del original egipcio.

Vale la pena recordar que la Gran Pirámide está concebida y construida sobre las proporciones geométricas específicas de ( $\pi$ ), 3.14159, la relación matemática sobre la cual se erige todo nuestro universo físico, y sobre el valor de una circunferencia de 365.2424, el número de días de nuestro año solar.

En las matemáticas,  $\pi$  (decimosexta letra del alfabeto griego) indica la relación entre la circunferencia de un círculo y su diámetro, o sea la línea recta que atraviesa su centro; la fórmula para hallar la circunferencia de un círculo consiste en la multiplicación de su diámetro por ( $\pi$ ), o sea 3.14159. Recién en el siglo VI se calculó correctamente hasta la cuarta decimal, lo que hizo el sabio hindú Arya Bhata. Luego fueron necesarios otros mil años antes que el holandés Pierre Metius calculara  $\pi$  hasta la sexta decimal, por medio de la fracción 355/113. Nuestras modernas computadoras definieron este número incommensurable hasta la diezmilésima decimal. Esta relación geométrica que se evidencia a través de todo nuestro universo fue revelada por vez primera en el ángulo de inclinación de los lados de la Gran Pirámide. El ángulo es el resultado de la altura medida del centro de la base al vértice, que relaciona exactamente el perímetro de la base piramidal con un círculo cuyo radio es igual a esta altura, dando por resultado que este círculo tiene una circunferencia igual al perímetro de la base cuadrada de la pirámide. El ángulo de inclinación necesario para obtener este resultado se conoce entonces como ángulo de inclinación.



117

### Aspecto externo

Lo que vemos en la actualidad al observar la Gran Pirámide es su núcleo de piedra. Estas viejas piedras siguen irguiéndose orgullosamente, aunque la acción destructora del tiempo, de los vientos, del sol abrasador y principalmente la del hombre, las hayan dañado durante los últimos 2000 años. En su estado original, brillando al sol y reflejando sus rayos, la Gran Pirámide hubiera sido visible desde la Luna como una "estrella" brillante sobre la Tierra. Esto se debía a los bloques tersos, altamente pulidos, de piedra caliza que originalmente cubrían la estructura. Estas piedras que revestían las casi diez hectáreas de los cuatro lados semejaban un gigantesco espejo que reflejaba su belleza -como un faro gigantesco que podía distinguirse a muchas millas a la redonda. El antiguo escritor Estrabón dijo de la Gran Pirámide: "Parecía una construcción etérea, nunca tocada por manos humanas."

El gran egiptólogo inglés, Sir W .M. Flinders Petrie, en su descripción de las piedras de revestimiento dijo: "El espesor promedio de las uniones es de una quincuagésima de pulgada; y la variación promedio del corte de la piedra de la línea recta y de la cuadratura exacta es de una centésima de pulgada en una extensión longitudinal de 75 pulgadas medidas sobre la cara de la piedra". Resulta casi inconcebible que los canteros, cualesquiera que fueran, hayan podido lograr tolerancias tan estrictas. Hemos de recordar también que una vez terminado su extraordinario trabajo de cantera, estas piedras de 16 a 20 toneladas de peso tenían que ser movidas y colocadas en su lugar. Parece muy poco probable que esta exactitud en el resultado pudiera ser repetida hoy en día; luego, debemos tener presente que esto era repetido en cada una de las piedras, o sea 144,000 veces.

Todas las demás pirámides de Egipto son de menor tamaño y también inferiores en cuanto a artesanía. De las aproximadamente 80 pirámides construidas en todo Egipto, sólo unas 30 existen en nuestros días. Todas las demás se han derrumbado y sólo son un montón de escombros. En la mayoría de los casos se construye un prototipo; todos los modelos subsecuentes son superaciones de ese modelo. No sucede igual con las pirámides. La Gran Pirámide fue la obra maestra y todas las demás fueron construidas en un intento de igualar su majestuosidad, fracasándose en todos los intentos. La Gran Pirámide es también la única con cámaras interiores y pasadizos dentro de la mampostería sobre tierra. Todas las otras fueron

117 desarrollo geométrico de la pirámide de Giza

levantadas sobre la cámara mortuoria subterránea como gran señal o monumento.

El principal compartimiento interior, la Cámara del Rey, como también la Cámara de la Reina y la mayoría de los pasillos, estaban recubiertos de granito rojo que provenía de las canteras de Asuán. El techo de la cámara del Rey estaba formado por enormes bloques de granito, las piedras más grandes dentro de la Gran Pirámide, - miden hasta nueve metros de largo, metro y medio de ancho y más de dos metros de grueso, con peso de más de setenta toneladas cada una. Estas piedras fueron cortadas en las canteras de Asuán y transportadas desde allí, a 800 kilómetros de distancia del sitio de construcción de la Gran Pirámide.

El nombre de Khufu (Keops), el rey egipcio durante cuyo reinado parece haberse construido la Gran Pirámide. Estos, sin embargo, son los únicos indicios de cualquier clase descubiertos en tan majestuosa obra.

Keops fue uno de los reyes de la cuarta dinastía, aproximadamente 2900 a. de C. .Por eso deducimos de las marcas del maestro cantero que la Gran Pirámide tiene aproximadamente 5000 años de edad. Tratemos de colocar este hecho en su debida perspectiva. La Gran Pirámide ya era un edificio antiguo cuando Abraham entró a Egipto en el siglo XXI a. de C. Y era más arcaica aún cuando los israelitas llegaron a Egipto. Efectivamente, el milésimo cumpleaños de la Gran Pirámide tuvo lugar mientras los israelitas se encontraban en el país de los faraones.

### **Hechos diversos y medidas**

La que sigue es una compilación de hechos que resultan interesantes y se refieren a la construcción geométrica de la Gran Pirámide. Esto constituye sólo un breve muestrario de muchos tomos a disposición de un estudio más detallado sobre la estructura. Un estudio excelente de la Gran Pirámide se halla en los cinco tomos sobre "piramidología" de Adam Rutherford, para mencionar sólo a uno de los muchos estudiosos que han publicado trabajos sobre el gran enigma.

Aunque muchos de nuestros modernos rascacielos son mucho más grandes que la Gran Pirámide (que puede compararse con un edificio de 48 pisos), ninguno es tan macizo. Mide en cada lado de su base 230.20 m y cubre una superficie de

terreno de aproximadamente 5.66 hectáreas o sea unas siete cuerdas ciudadanas. Se eleva hacia el cielo azul egipcio con una altura de 137.3 metros. Si el coronamiento estuviera aún en su lugar alcanzaría una altura de 147.5 metros. Hasta donde se conoce, el coronamiento nunca fue colocado. La leyenda dice que los constructores de la Gran Pirámide lo rechazaron porque no era perfecto; pero la verdadera respuesta nunca se sabrá. Se ha perdido para siempre en 5000 años de misterio.

La estructura contiene 2 millones 550 mil metros cúbicos y está construida principalmente de piedra caliza, aunque se usó granito donde las necesidades de la construcción lo exigían. El contorno mismo es difícil de verse en perspectiva. Con las piedras de la pirámide se podrían construir 30 edificios como el Empire State Building. La estructura contiene más piedra que la usada en todas las catedrales, iglesias y capillas edificadas en Inglaterra desde los tiempos de Cristo. Las piedras en la estructura bastarían para un muro de 90 cm de alto y 30 cm de espesor a través de los Estados Unidos y unos 8,560 kilómetros de longitud. El número de piedras se estima en 2.400,000, desde las modestas de 2 1/2 toneladas hasta las descomunales de 70 toneladas.

La Gran Pirámide está orientada hacia el norte verdadero, una vez más con tal exactitud que compite con nuestra destreza actual. Entre nuestros mejores esfuerzos se cuenta el observatorio de París. Se encuentra a seis minutos de grado fuera del norte real. La Gran Pirámide sólo difiere en tres grados del verdadero norte y eso, después de casi 5000 años. Desde su construcción, la corteza terrestre se ha visto sometida a muchas tensiones y a grandes terremotos. Debido a lo que sabemos hoy en día de las energías piramidales, los autores creen que la Gran Pirámide estuvo perfectamente alineada con el norte verdadero cuando fue construida. Es posible que el verdadero norte y el norte magnético hayan coincidido cuando la Gran Pirámide se construyó. Hoy sabemos que el polo magnético se mueve algo así como seis metros por mes, debido a la rotación de nuestro planeta durante su Órbita en el espacio ya la oscilación de su eje.

Este fantástico monumento se encuentra a unos dieciséis kilómetros al suroeste de El Cairo, en el eje norte de la meseta de Giza, o sea la extremidad oriental de la parte Libia del desierto de Sahara. Quienquiera que edificó esta maravilla de la antigüedad, la colocó exactamente en el

centro de la masa de la tierra de los continentes. Las líneas que atraviesan de norte a sur y de oriente a occidente los ejes de la pirámide, dividen la tierra firme en partes iguales. El eje norte-sur cuya longitud es de 31° 9' al oriente de Greenwich es el meridiano que pasa por más espacio de tierra, y el eje este-oeste, el paralelo 29° 58' 51 " es el paralelo que más tierra firme atraviesa.

Para ayudar a conservar esta masa pétreo en su lugar, las cuatro esquinas de la base están marcadas por piedras quiciales puestas en la roca sólida. Pero esto es suposición de muchos piramidólogos siendo posible que estas piedras quiciales sólo hayan tenido significancia para las mediciones, porque en la esquina noreste, la profundidad de siembra del quicio es prácticamente cero y la arista exterior del quicio suroeste es sólo una línea marcada en la roca.

### **Compendio de medidas**

Muchas de las peculiaridades de las medidas de la Tierra, como también mediciones de tiempo y espacio, se encuentran en la Gran Pirámide. Claro, nada en la Gran Pirámide es accidental. He aquí unas cuantas, en forma muy breve:

1. Densidad de la Tierra. La densidad o gravedad específica de la Tierra ha constituido un problema desde tiempos inmemoriales. La mayoría de los diferentes intentos para resolver este problema dan la cifra de 5672 veces el peso del agua a 20°C. La Gran Pirámide la sitúa en 5.7, una cifra muy cerca de la estimación más aceptada.

2. Peso de la Tierra. El conocer la densidad de la Tierra permite a los físicos hallar su peso que se estima en aproximadamente 5,300 trillones de toneladas. El peso de la Tierra y el peso de la Gran pirámide, como se ve, se hallan muy estrechamente relacionados entre sí. Multiplicando el peso de la pirámide por 1000 trillones, se obtiene el peso de la Tierra. La Gran Pirámide pesa, hasta donde conocemos 5.300,000 toneladas. Por este motivo no es aventurado suponer que los constructores sabían bien lo que estaban haciendo y usaron esta proporción para indicar el peso de la Tierra.

3. Distancia del Sol a la Tierra. Siempre resultó difícil hallar la solución a este intrincado problema. Los griegos primero pensaron que el Sol estaba a unos quince kilómetros de distancia, pero posteriormente cambiaron esta estimación para

dejarla en unos 3,000 kilómetros. Con el progreso de los siglos fueron creciendo a su vez las estimaciones de la distancia al Sol. Finalmente, en el siglo XVI se creyó que éste se situaba a unos 60.000,000 de kilómetros de la Tierra. Luego con nuestras mayores posibilidades técnicas, la moderna astronomía pudo proporcionarnos la cifra de 149.5 millones de kilómetros como distancia media entre la Tierra y el Sol. Sin embargo fue hasta el comienzo de los programas espaciales que se pudo obtener la confirmación de este dato. Por eso se asombraron los científicos al hallar que en el plano básico de construcción de la Gran Pirámide se encuentra la cifra de 149.650,000 kilómetros.

4. Volumen de las tierras que emergen del mar. En el pasado, resultaba imposible determinar la altura media de toda la tierra que emerge del mar existente en nuestro planeta, se carecía de los elementos necesarios para lograr una correcta investigación. Hoy, con todas las computadoras modernas, la fotografía aérea, la acumulación de complicados datos obtenidos con las más recientes técnicas de observación, obtenemos la cifra: un poco más de 137 metros. La cúspide de la pirámide se encuentra prácticamente a la misma altura, demasiada coincidencia para ser casual.

5. Nivel del océano terrestre. El nivel del océano se encuentra aproximadamente a 59 metros debajo de la línea de base de la Gran Pirámide. Una vez más, con ayuda de nuestras modernas computadoras y complicados datos técnicos, nos fue posible obtener la mencionada cifra. Pero resulta que, tomando dos veces el diámetro (1,162.6") de un círculo con circunferencia de 3,652.43" (círculo una vez más relacionado con el año solar y el perímetro de la base de la pirámide), obtenemos el resultado de 2,325.2", o sea sólo un poco más de 59 metros.

### **La Pirámide y la astronomía**

La relación de la Gran Pirámide con la astronomía proporciona notables ejemplos de la concatenación de distancias solares, expresadas en términos matemáticos en el diseño de la Pirámide. De esa manera el arquitecto se anticipó en unos 4000 años a nuestros modernos astrónomos.

Con respecto a la posición astronómica, los constructores colocaron la pirámide en la latitud de 30°, la latitud donde el polo celeste real se encuentra a un tercio de la distancia hasta el cenit y donde el sol de medio día en el equinoccio

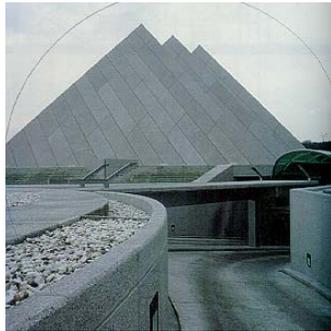
primaveral u otoñal ( cuando el sol sale casi exactamente en el punto este y se pone en el oeste) es de dos tercios la distancia, entre horizonte y cenit. La observación de las estrellas, hechas desde este punto, coincidía con la construcción geométrica de la Pirámide.

### INFLUENCIA EN LA ARQUITECTURA ACTUAL.

Estos son solo unos ejemplos de la arquitectura piramidal en nuestros días.



118



119

Conjunto Calakmul, simbolismo. El hombre en su contacto con el cosmos ha interpretado la unión tierra y cielo, símbolo universal. La tierra como un cuadrado imaginario donde cada uno de sus ángulos representa los puntos del otro, y el ocaso, símbolo que por su forma es medible. El cielo como un círculo que representa la bóveda celeste en el movimiento circular de los astros, símbolo que por su forma es inmensurable. Representa así también la unión espacio-tiempo. La pirámide ha representado el fuego y la luz que emerge de la montaña cósmica.

<sup>118</sup> construcción de un restaurante "Hard Rock", las Vegas E.U.

<sup>119</sup> oficinas en la Ciudad de México. Edificio Calakmul, Arq. Agustín Hernández Navarro



120

La arquitectura debe tener la dimensión simbólica para obtener su misión de comunicación.

### CONCLUSIONES

La arquitectura psicológica la podemos concluir como la forma de las construcciones que resulta de una creencia, inspiración, tradición. Esto es importante debido a que debemos tomar en cuenta que durante siglos se construyó de esta manera y que la época actual se han ido perdiendo este tipo de conocimientos o creencias, sin embargo muchas culturas tienen arraigado estas creencias y en un mundo globalizado si queremos tener, como arquitectos, una proyección a nivel internacional debemos de tomar en cuenta esto ya que se tiene que tener respeto por otras culturas así como la forma de pensar de las mismas.

Además de que la psique humana es muy compleja también debemos tomar en cuenta "la Psicología del lugar", ¿que es lo que estamos

<sup>120</sup> vista general conjunto Calakmul

construyendo? ¿que colores debe llevar, como debe estar acomodado el mobiliario, como debe ser la iluminación, que materiales debo utilizar para hacer mas agradable el inmueble que voy a construir y para quien lo voy a construir?.

Todo esto entra ya en los conceptos de “calidad”, para quien y en donde va dirigido mi producto como arquitecto, sobretodo que el cliente o los clientes estén satisfechos y sientan un “confort psicológico” en las edificaciones que van a utilizar.



## CONCLUSIONES GENERALES

### CAPITULO 1

Es lícita la pregunta ¿La prospectiva, para qué? La respuesta aceptada es que constituye una herramienta estratégica. Es cierto. Pero antes de utilizar la herramienta, hay que tener la voluntad establecer una estrategia, y definir los grandes objetivos de la misma.

La prospectiva tiene sentido en un contexto nacional o regional, pero siempre referida a un espacio socio-económico y cultural concreto. Parte de un buen conocimiento de las realidades de ese espacio, y una profundización en este conocimiento es una premisa previa indispensable en cualquier ejercicio de prospectiva. Puede afirmarse, sin riesgo a exagerar, que la prospectiva debe ser lo contrario de la abstracción.

**La prospectiva** es una disciplina con visión global, sistémica, dinámica y abierta que explica los posibles futuros, no sólo por los datos del pasado sino fundamentalmente teniendo en cuenta las evoluciones futuras de las variables (cuantitativas y sobretodo cualitativas) así como los comportamientos de los actores implicados, de manera que reduce la incertidumbre, ilumina la acción presente y aporta mecanismos que conducen al futuro aceptable, conveniente o deseado. La prospectiva es una mirada al porvenir dirigida a esclarecer la acción presente

La prospectiva arquitectónica dará mayor valor y legitimidad a los nuevos proyectos debido a su incorporación a su entorno, economía, dinámica social, y resolverá con mayor efectividad las necesidades para las cuales fue construido.

Un proyecto tiene sentido cuando clarifica la acción colectiva, une a los protagonistas a través de valores compartidos y, por tanto, polariza energías y otorga conciencia de pertenencia al todo. Para ello debe tener las siguientes características: Anticipación, visión de conjunto, la inserción del proyecto en su entorno geográfico, cohesión, movilización, documentación, la organización de la reflexión, la programación de las acciones, la internacionalización y la comunicación, además de todos estos aspectos el arquitecto tiene la obligación de proponer un “concepto” a su proyecto.

La prospectiva arquitectónica dará certidumbre y sostén a un buen proyecto arquitectónico no importando lo novedoso o poco convencional que sea.

### CAPITULO 2

La inteligencia de un Edificio es una medida:

- De la satisfacción de las necesidades de los habitantes y su administración.
- De la posibilidad de respetar y adaptarse al medio ambiente que lo rodea.

El IQ no tiene parámetros fijos de referencia su definición y medición deben ser hechas para cada caso individual. Los edificios son parte integral de la organizaciones y de las empresas.

La inteligencia no es un flujo de un concepto superfluo, es un requisito impuesto por condiciones del entorno.

Un Edificio Inteligente significa ventajas competitivas a las organizaciones, es decir Los Edificios Inteligentes son a las empresas inteligentes, los propietarios inteligentes y los administradores inteligentes como los Edificios Inteligentes son a las empresas competitivas, los propietarios satisfechos y los ocupantes productivos.

La ingeniería de control debe proporcionar los sistemas básicos para poder controlar los servicios de un edificio, los cuales deben estar perfectamente diseñados para lograr eficientar cada una de las necesidades y así optimizar los recursos de estos.

Una buen sistema de aire interior reduce costos de mantenimiento y limpieza, reduce riesgos legales, costos médicos y ausentismo y por ende, aumenta la productividad de sus ocupantes

**El Hotel Inteligente** debe proveer al huésped, de todos los servicios necesarios para que se encuentre cómodo, y no tenga que ir a buscar los servicios que este no pueda ofrecerle a otro lugar. Asegurándole, servicios, seguridad, y confort.

El éxito de un proyecto inteligente dependerá en gran medida de la integración interdisciplinaria de todas las especialidades que conforman la realización de éste, y de los recursos humanos; responsable de obra, perito responsable de instalaciones, coordinador de proyectos e instalaciones, proyectistas electromecánicos, de telecomunicaciones, de sistemas de seguridad y de automatización de instalaciones.

Se deberá revisar cada una de las instalaciones para que cumplan adecuadamente con las exigencias de los objetivos planteados. Esto representa una labor ardua pero si selecciona el equipo de trabajo adecuado se incrementará la rentabilidad del inmueble. Si se logra unir ambos se logrará un proyecto eficiente. en caso contrario se puede duplicar equipo, caer en omisiones o equivocaciones y poner en riesgo el éxito del proyecto.

Es importante mencionar que el concepto de **“Edificio Inteligente”** pronto hará surgir nuevos conceptos dentro de la arquitectura actual, por que en paralelo como va la carrera de las computadoras y la informática estará muy cerca la aplicación de ésta al hábitat del hombre.

### CAPITULO 3

Podemos concluir que los sistemas pasivos de climatización son de gran ayuda para mejorar el ambiente que nos rodea, de manera natural e inteligente ya que por su sencillez nos permite entender la naturaleza y aprovecharla estando en un ambiente más ecológico aunado a esto con sistemas inteligentes que nos permitan medir exactamente las condiciones de humedad y temperatura, accionando los componentes de apertura y cierre.

Con los sistemas pasivos de climatización si no se puede satisfacer las necesidades de confort de un lugar ayudan grandemente a bajar los costos de acondicionamiento de aire (calefacción, aire acondicionado, etc.) y gastando menos energéticos (luz, gas, petróleo, etc.) pero si le agregamos los sistemas inteligentes (que lo único que trabajarán será esa diferencia que faltaría de confort) se llegaría a un ideal: el gasto justo de energéticos.

Podemos decir que en la mayoría de los climas en México debido a que son climas

agradables los sistemas pasivos no son muy conocidos por los arquitectos mexicanos pero estos sistemas si son reflejados por la arquitectura vernácula del país y si podemos hacer edificios “biointeligentes” una nueva opción que tendremos en puerta.

La tecnología avanza a pasos agigantados propiciando grandes cambios en todos los aspectos y la arquitectura no esta fuera de este contexto, el “edificio biointeligente” por su concepción ofrece una nueva visión y por ende nuevas necesidades de construcción dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Factor innovación
- Expresión plástica
- Respuesta al contexto
- Percepción espacial
- Arquitectura ecológica y sustentable
- Relación usuario edificio
- Actualización de reglamentos locales e internacionales
- Originalidad y creatividad
- Entorno y ubicación
- Espacios y flexibilidad
- Visión prospectiva

El factor innovación estará dado por la actualización constante que le demos a los sistemas que intervendrán dentro de nuestro espacio inteligente.

La expresión plástica que se le otorgue al edificio es infinita porque con los nuevos materiales, los sistemas, la flexibilidad de espacios; el espacio interno se puede modificar las veces que uno quiera en el menor tiempo al más bajo costo.

La respuesta al contexto será el reto que tendrá que afrontar el arquitecto porque dentro de las aportaciones fundamentales, formales y tecnológicas que ofrece el edificio lo tendrá que ubicar en su entorno y darle importancia en su contexto histórico.

Las percepciones espaciales tendrán que ser explotadas al máximo por ser un producto de tecnología, la volumétrica, el color, materiales deben de estar de acuerdo a la respuesta que se quiere dar; sin olvidar las proporciones modulares que se necesitan para poder ser flexible.

El edificio tiene que estar planeado con la naturaleza y no contra ella, acercarse a ella y no

rechazarla sus impactos ambientales, visuales y psicológicos deben de ser mínimos y por ende estar diseñado para el usuario que será el que haga uso de él.

Originalidad y creatividad ofrece este tipo de construcciones al arquitecto hoy en día debido a las nuevas opciones de elementos a conjugar con la seguridad de que las respuestas arquitectónicas ofrecerán una nueva alternativa en el mercado de la construcción.

Su entorno por tanto debe de estar en función de este mercado al que se quiere conquistar dándole espacios flexibles de adaptabilidad a cualquier usuario a bajos costos y al menor tiempo posible, debido a lo dicho con anterioridad; esto como conclusión nos enfrenta a un futuro interesante lleno de retos pero con mayores beneficios.

#### **CAPITULO 4**

Podemos concluir que la arquitectura subterránea apenas esta siendo explorada y por lo tanto nos falta todavía reconocer sus potenciales que dentro de la industria serán mucho mas explotados.

La arquitectura aun esta muy lejos de alcanzar a la ingeniería en este campo de las construcciones subterráneas porque suponíamos que en lo subterráneo no entraría la arquitectura.

Sin embargo en esta sociedad donde la falta de espacio ya comienza a ser una constante dentro de las ciudades esta solución conceptual de construcciones subterráneas ha sido un éxito por lo que el camino de este tipo de arquitectura tiene un camino largo por recorrer y muchas soluciones técnicas que resolver y perfeccionar.

También se ha visto que los servicios urbanos subterráneos han sido una buena ayuda para vista urbana de las ciudades donde la transportación masiva y los estacionamientos ocupan grandes áreas que pueden ser ahora ocupadas por otras actividades que hacen más dinámica la ciudad.

#### **CAPITULO 5**

Podemos concluir en este capitulo que las construcciones marinas en sí, tendrían que ser una

especialidad que desarrollar ampliamente dentro de la arquitectura debido al retraso que existe se ha demostrado que los proyectos marinos y submarinos son factibles hoy en día no solo para entretenimiento o industria sino también para vivienda y esto da un nuevo punto de vista no contemplado antes: el sentido de pertenencia, esto es, ¿como se consideraran las personas que vivan posiblemente en aguas internacionales?, esta nueva idea de gente que realmente pertenece al mar como será tomada por las autoridades correspondientes como afectara a las sociedades del futuro.

El potencial del mar es inmenso y solo conocemos una pequeña parte, debemos crear una cultura que no explote los recursos del mar indiscriminadamente sino que pueda realizar una cultura autosuficiente para este ambiente, los proyectos pueden ser recreación, vivienda, explotación, transformación, extracción etc. Pero con este fin ser autónomos y autosuficientes sin perjudicar el medio marino donde se encuentren.

#### **CAPITULO 6**

Como podemos ver todavía la arquitectura espacial esta muy lejana de nuestras manos pero sin embargo ya es una realidad, las investigaciones espaciales están recabando las nuevas necesidades es un lugar distinto que no es la tierra y por consiguiente es una interrogante totalmente nueva, el cual bajo la consigna de la arquitectura de “crear espacios habitables para el hombre” esto no debe ser un problema sino un gran reto.

El desarrollo de nuevos materiales, tecnologías totalmente nuevas y entornos totalmente nuevos serán claves para el desarrollo de esta arquitectura la cual estará muy vinculada con la ingeniería y el diseño industrial donde las áreas a habitar no serán espacios con muebles sino muebles creando espacios en una arquitectura mueble.

Por primera vez se esta hablando de un lugar totalmente ajeno al hombre, esto creara nuevas sensaciones de pertenencia para estos futuros habitantes donde las construcciones espaciales fueron realizadas en conjunto por distintos países con distintas culturas, ¿esto creara una nueva cultura? o ¿será el resultado a una globalización donde poco a poco se perderán las identidades y solo se creara una raíz principal?

## CAPITULO 7

La realidad virtual será la herramienta ideal del arquitecto del futuro, es la forma de mostrar al cliente como quedara la construcción que quiere, los cambios que se le hagan sin tener que derrumbar porque aun no se ha construido de ahí radica su importancia.

La realidad virtual es increíble porque nos acerca al futuro de la construcción sino que también nos acerca al pasado de tal forma que ya en la actualidad los investigadores arqueológicos pueden ver como eran las construcciones ancestrales y darse una idea mas precisa de cómo eran y las funciones que desempeñaban las construcciones y así de esta manera ver una posible reconstrucción antes de realizarla.

La realidad virtual es un elemento mas que tendrá que ser considerado como un arte plástico en el futuro debido a los avances que pueden salir de ella, con este desarrollo las texturas, las sombras, las sensaciones espaciales en conjunción con la tecnología de la informática donde las computadoras tienen mayor capacidad y los programas ocupan menor espacio en sus archivos, aunado todo esto a la creatividad del arquitecto, donde el arquitecto ahora puede mostrar toda su habilidad para crear espacios en una realidad virtual antes de pasarla a una realidad actual.

## CAPITULO 8

La arquitectura psicológica la podemos concluir como la forma de las construcciones que resulta de una creencia, inspiración, tradición. Esto es importante debido a que debemos tomar en cuenta que durante siglos se construyo de esta manera y que la época actual se han ido perdiendo este tipo de conocimientos o creencias, sin embargo muchas culturas tienen arraigado estas creencias y en un mundo globalizado si queremos tener, como arquitectos, una proyección a nivel internacional debemos de tomar en cuenta esto ya que se tiene que tener respeto por otras culturas así como la forma de pensar de las mismas.

Además de que la psique humana es muy compleja también debemos tomar en cuenta “la Psicología del lugar”, ¿que es lo que estamos construyendo? ¿que colores debe llevar, como debe estar acomodado el mobiliario, como debe ser la

iluminación, que materiales debo utilizar para hacer mas agradable el inmueble que voy a construir y para quien lo voy a construir?.

Todo esto entra ya en los conceptos de “calidad”, para quien y en donde va dirigido mi producto como arquitecto, sobretodo que el cliente o los clientes estén satisfechos y sientan un “confort psicológico” en las edificaciones que van a utilizar.

## CONCLUSIÓN GENERAL

Puedo concluir que el trabajo cumple el objetivo de mostrar las arquitecturas prospectivas al lector de esta tesis y da como pie a desarrollar más investigación sobre las tecnologías utilizadas, y por utilizar así como encontrar nuevos materiales apartir de nuevas necesidades, así como discutir de cómo va a influenciar a la sociedad en un futuro, pero para esto, se necesitara ser prospectivo, es decir, situarse en un futuro posible y analizar que afectaciones tendrá el entorno en todos sus niveles.

Lo conveniente de hacer esto un curso da pauta a que se discuta en clase como afectaría cualquier tipo de arquitectura de este tipo a la sociedad, así como para prepararlos no dando recetas de cocina sino ampliando el criterio y la imaginación del alumnado.

La visión general de la tesis da un enfoque optimista del futuro de la arquitectura y a su evolución dentro de la sociedad donde el arquitecto tendrá un papel fundamental en su entorno, no cambiando sino evolucionando de manera propositiva y prospectiva al lado de las distintas disciplinas del saber humano.

Se concluye también que el producto del arquitecto es su propia arquitectura, su concepto aplicado en una construcción o espacio, ya sea virtual o físico y es su responsabilidad hacerla digna, confortable, útil, funcional, de calidad tomando en cuenta el entorno y las costumbres porque es el legado que dejará a la sociedad.

Así como esta tesis ha pasado de un pensamiento abstracto, nacido de una necesidad, utilizando la tecnología actual, ubicándose dentro de un contexto social hacia un lector del futuro; se puede decir que es Prospectiva.

## BIBLIOGRAFIA GENERAL

### CAPITULO 1

European Commission, Institute for Prospective Technological Studies of Seville, Overview of recent European and non-European National Technology Foresight Studies, 1997.

Apuntes de la asignatura:  
<http://www.codesyntax.com/Eneko>

Prospectiva en Internet  
[http://www.dmoz.org/World/Español/Ciencias\\_Sociales/Prospectiva](http://www.dmoz.org/World/Español/Ciencias_Sociales/Prospectiva)

Caja de Herramientas de la prospectiva estratégica. En internet Godet, M.(1995) Prospektiva y Planificación Estratégica. SG Editores Bas, Enric (1999), Prospektiva; herramientas para la gestión estratégica del cambio, Ariel, Barcelona

VARIOS. Futuribles: Prospektive et strategique., Revista Futuribles. n° especial

observatorio de prospectiva tecnológica industrial (opti) <http://www.opti.org> . informes de prospectiva tecnológica industrial: futuro tecnológico en el horizonte del 2015". Miner  
IPTS: <http://www.jrc.es>

La Prospektiva Y La Política De Innovación  
Jesús Rodríguez Cortezo

### CAPITULO 2

Proyecto Cybernia. Univalle. UNAM. ESA.

[www.yupi.com](http://www.yupi.com) tecnologías, noticias, agencia AFP 28 mar 2002.

Apuntes propios de la materia "edificios inteligentes".

Conferencia: "Seguridad en edificios inteligentes"  
CAM-SAM, México 4 agosto 2003, arq. Enrique Sanabria Atilano .

1er seminario de hoteles inteligentes.  
Instituto Mexicano del Edificio Inteligente

México D.F. 28 abril 1994  
Apuntes propios.

Revista Enlace  
Año 7, número 5, mayo 1997  
México

### CAPITULO 3

Construcción en climas cálidos secos  
Balwant Saingh Saini  
Editorial Limusa

Energía solar y edificación  
Sv Szocolay  
Editorial Blume

Viento y arquitectura  
José Roberto García Chávez  
Víctor Fuentes Freixant  
Editorial Trillas

Aislamiento térmico y acústico de los edificios  
R .M.E. Diamant  
Editorial Blume

Aislamiento térmico y acústico  
Miguel Paya Peinado  
Editorial C .E.A.C.

Fundamentos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire  
Haurella  
Editorial McGraw Hill

El hábitat bioclimático, de la concepción a la construcción  
Roger Camous  
Donald Watson  
Editorial Gustavo Gili

La casa ecológica autosuficiente, para climas templado y frío  
\*Armando Deffis Caso  
Editorial Concepto.

Proyecto clima y arquitectura 3  
Eduardo González  
Elke Hinz  
Editorial Gustavo Gili

Revista "Architectural review"  
march 1997  
U.K.

#### CAPITULO 4

Bioarquitectura  
Javier Senosian Aguilar  
Editorial Limusa

Revista Construcción y tecnología  
IMCYC  
Vol. X # 3, oct. 1997  
México

Revista Obras  
Enero 1997  
México

Topografía subterránea  
Ana Tapia Gómez  
Editorial alfaomega, ediciones UPC  
México 1999

#### CAPITULO 5

Exposición 100 años de arquitectura  
Museo de San Ildelfonso  
México D.F. 1999.

Revista "QUO"  
Número 20  
Junio 1999.

Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001.  
© 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados  
todos los derechos.

Revista "Mecánica Popular"  
Edición México 52-8 d.f.  
Agosto 1999.

[www.freedomship.com](http://www.freedomship.com)

Revista "Muy interesante"  
Año XVIII No. 11  
Abril 2000.

<http://www.anfytrion.com/espaniol/show.html.php3?pagina=sesub.htm>

Copyright (2003) EFE  
<http://www.terra.com.mx/noticias/articulo/119542/>

#### CAPITULO 6

Revista Muy interesante  
año VII No. 7  
México

Revista Información Científica y  
tecnológica  
agosto 1994, vol. 16, No. 215  
México

Estaciones espaciales habitadas  
Rodolfo Neri Vela  
Editorial Atlántida

<http://www.estacionespacial.com/?url=genesis.htm>

#### CAPITULO 7

Revista: Cad x press  
Año 3 número 20  
México.

"Virtual Environments"  
Balaguer F., Mangili A.,(1992), Computer  
Graphis Laboratory, Swiss Federal Institute of  
Technology Lausanne.

"What is Virtual Reality"  
Isdale J.,(1993), ", Isdale Engineering.

"Realidad Virtual",  
Pérez G. (1992), ITESO.

BBS CLUB, tiene un foro de discusión  
sobre realidad virtual (J Realidad virtual), para  
ingresar al CLUB, llamar al 6 693 475 o al  
módem 6-69-34-90, también se puede acceder vía  
telnet en "club.gdl.iteso.mx" registrándose como  
"new".

#### HOME PAGE

"La información debe ser libre".

Gerardo Pérez Y Pérez  
Network Master, ITESO  
Guadalajara, Jalisco México Tel: 6 693 535  
Internet: [gerardo@mexicano.gdl.iteso.mx](mailto:gerardo@mexicano.gdl.iteso.mx)

<http://www.conocimientos.net/mundired/rvirtual.htm>

## **CAPITULO 8**

Revista El buscador y sus caminos  
Vol.9 # 1  
“hogar sano o arquitectura Cosmobiológica”  
Aldo prieto  
México.

Periódico El universal  
19/abril/98  
sección “nuestro mundo”

Publicación periódica universitaria  
Gaceta UNAM  
23/abril/98  
Universidad Autónoma Nacional

Manual de energía piramidal (usos y aplicaciones)  
Bill Kerrell, Kathy Goggin  
Editorial posada  
2a edición

Cure su casa con Feng Shui  
Ronald Lorenzana  
Editado en Estados Unidos de America por The great sunshine press inc.  
3ª edición, junio 1999.

La divina proporción, las formas geométricas  
Carmen Bonell  
Editorial Alfaomega, edicions upc  
2ª edición



## APENDICES

Puedo concluir que la tesis cumple el objetivo de mostrar las arquitecturas prospectivas al lector de e y da como pie a desarrollar más investigación sobre las tecnologías utilizadas, por utilizar y encontrar nuevos materiales apartir de nuevas necesidades con esta metodología prospectiva, así como discutir de cómo va a influenciar a la sociedad en un futuro pero para esto se necesitara ser prospectivo es decir situarse en un futuro posible y analizar que afectaciones tendrá el entorno en todos sus niveles.

Lo conveniente de hacer esto un curso da pauta a que se discuta en clase, ¿cómo afectaría cualquier tipo de arquitectura de este tipo a la sociedad,? así como para prepararlos no dando recetas de cocina sino ampliando el criterio y la imaginación del alumnado.

Por lo cual se presenta el siguiente cuadro para las 20 sesiones de 2 horas cada una.

SESION NUMERO	OBJETIVO
1	Introducción del tema, análisis de la arquitectura actual así como el sentir del arquitecto, dar un diagnostico actualizado.
2	Explicar el tema de prospectiva arquitectónica y porque es mejor construir bajo una conceptualización
3	Mostrar ejemplos y discutirlos
4	Analizar el concepto de arquitectura inteligente
5	Mostrar ejemplos de edificios inteligentes y discutirlos
6	Analizar el concepto de arquitectura bioclimática
7	Mostrar ejemplos de edificios bioclimáticos y discutirlos
8	Analizar el concepto de arquitectura subterránea
9	Mostrar ejemplos de edificios subterráneos
10	Analizar el concepto de arquitectura marina y submarina
11	Mostrar ejemplos de edificios marinos y submarinos
12	Analizar el concepto de arquitectura espacial
13	Mostrar ejemplos de construcciones espaciales
14	Analizar el concepto de arquitectura virtual
15	Mostrar ejemplos de arquitectura virtual
16	Analizar el concepto de arquitectura psicológica (parte 1)
17	Analizar el concepto de arquitectura psicológica (parte 2)
18	Mostrar ejemplos de arquitectura psicológica
19	Analizar el despacho de arquitectura y como funciona con la tecnología actual
20	Conclusiones generales

Para apoyo del curso se tiene este documento el cual también servirá como guía, además se propone que los alumnos investiguen material del Internet consultando paginas en español e ingles, las clases serán dinámicas con la exposición y participación de los alumnos en todo momento.

La versión en CD trae mas direcciones y también búsquedas en idioma Francés.

## BÚSQUEDA VIA INTERNET

### CAPITULO 1

ESPAÑOL

- [INFORSALUD'99. Mesa Redonda 15 - Josep Maria Coll](http://www.seis.es/inforsalud99/m15/002.htm)  
Mesa Redonda 15. Estandarización e Integración de Sistemas. **ARQUITECTURA CONCEPTUAL PARA UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA SALUD.** Josep-Maria Coll. ...  
<http://www.seis.es/inforsalud99/m15/002.htm>
- [Póster 07: Una Arquitectura Multiagente para la Gestión del ...](http://www.seis.es/inforsalud2001/posters/poster07.htm)  
... Se presenta la **arquitectura conceptual** de un sistema, basado en los conceptos de agente software y de arquitecturas orientadas a agentes, que calcula el riesgo ...  
<http://www.seis.es/inforsalud2001/posters/poster07.htm> [Más resultados de [www.seis.es](http://www.seis.es)]
- [Estructura Conceptual :Arquitectura de Información : SD Webworks ...](#)  
SD Webworks. **Arquitectura** de Información. ... Estructura **Conceptual** De

Duane Taylor Última actualización: 2 Febrero 2001. La estructura ...  
[http://www.sdgateway.net/webworks/architecture/es\\_conceptual.htm](http://www.sdgateway.net/webworks/architecture/es_conceptual.htm)

- **Arquitectura de Información : SD Webworks : SD Gateway**  
... Abarca toda la gama, de la estructura **conceptual** a cómo las cosas se escriben para el web. La **arquitectura** de un sitio es y debe siempre ser considerada como ...  
[http://www.sdgateway.net/webworks/architecture/es\\_default.htm](http://www.sdgateway.net/webworks/architecture/es_default.htm) [Más resultados de [www.sdgateway.net](http://www.sdgateway.net)]
- **Tesoro Alfabético Conceptual**  
... Empleo = URBANISTAS < EXPERTOS .< CUALIFICACIONES - **ARQUITECTURA** - ARTISTAS (CREADORES)  
- CIENTIFICOS - INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - INGENIEROS - INGENIEROS ...  
[http://pci204.cindoc.csic.es/tesauros/SpinTes/html/SPI\\_A31.HTM](http://pci204.cindoc.csic.es/tesauros/SpinTes/html/SPI_A31.HTM)

## INGLES

1. **ARCHITECTURE -LEMAN ARCHITECTURE CONCEPT SARL- LAC- ARCHITECTURE ...** - cabinet d'architectes, léman **architecture concept**, genève, LAC, **architecture** intérieure, rénovation, construction, Noga Hilton, Casinos. ...  
<http://www.la-concept.com/> [search within this site](#)
2. **ISAC Improved Space Architecture Concept** - ISAC Improved Space **Architecture Concept**. ISAC Improved ... and packaging. Sources. ISAC Improved Space **Architecture Concept** Statement of Work. ...  
<http://www.fas.org/spp/military/program/test/isac.htm> [search within this site](#)
3. **Modular Mission Payloads Modular Mission Payloads Architecture ...** (PDF) - 30 January, 2002 Modular Mission Payloads Modular Mission Payloads **Architecture Concept & Architecture Concept & Architecture Concept** & Demonstration Demonstration AUVSI Winter 2002 ...  
[http://uav.navair.navy.mil/payload/PnP\\_AUVSIWinter2002-Rev3b.pdf](http://uav.navair.navy.mil/payload/PnP_AUVSIWinter2002-Rev3b.pdf)
4. **ISAC Improved Space Architecture Concept** - ISAC Improved Space **Architecture Concept**. ISAC ... packaging. Sources. ISAC Improved Space **Architecture Concept** Statement of Work, 21 July 1997. ...  
<http://www.globalsecurity.org/space/systems/isac.htm> [search within this site](#)
5. **Global Grid Architecture Concept** - ... Technology Features. Technology Archive Research and Technical Centers. Global Grid **Architecture Concept** 1. Leonard J. Schiavone, The MITRE Corporation. ABSTRACT. ...  
[http://www.mitre.org/support/papers/tech\\_papers99\\_00/global\\_grid/index.shtml](http://www.mitre.org/support/papers/tech_papers99_00/global_grid/index.shtml) [search within this site](#)

## CAPITULO 2

### ESPAÑOL

1. **Instituto Mexicano del Edificio Inteligente**  
Organismo encargado de promover el uso de **edificios inteligentes** más seguros y ahorradores de energía.  
<http://www.imei.org.mx>  
Más sitios en: Economía y negocios > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Sistemas de automatización > **Domótica**
2. **B.S. Ingeniería y Desarrollo, S.A. de C.V.**  
Diseño y construcción de plantas arquitectónicas, **edificios inteligentes**, acabados y remodelados.  
<http://www.bsic.com.mx>  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Nuevo León > Ciudades > Monterrey > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Sistemas de automatización > **Domótica**
3. **Despacho Virtual**  
Servicios de diseño arquitectónico, de interiores y asesoría para crear **edificios inteligentes**.  
<http://www.despacho-virtual.com/>  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Estado de México > Ciudades > Ciudad López Mateos > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Arquitectura > **Despachos de arquitectos**
4. **Arquitectura Inteligente, S.A. de C.V.**  
Enfocado al proyecto y construcción de obras arquitectónicas y a asesoría en **edificios inteligentes** y de alta tecnología. Incluye catálogo de obras y servicios que ofrece.  
<http://www.arquitecturainteligente.com/>  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Arquitectura > **Despachos de arquitectos**
5. **Racom Microelectronics, S.A. de C.V.**  
Tableros de control automatizado para sistemas de bombeo y plantas de emergencia en **edificios inteligentes**.  
<http://www.racom.com.mx/>  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Electricidad > **Suministros**

## INGLES

1. **Intelligent Transportation Systems** - includes a list of core objectives for the **Intelligent Transportation Systems** program.  
<http://www.its.dot.gov/> [search within this site](#)  
👉 More sites about: **Intelligent Transportation Systems**
2. **Cisco Systems** (Nasdaq: **CSCO**) - provides open access to Cisco's resources, information, and **systems**, thereby improving productivity and streamlining business interactions.  
<http://www.cisco.com/>  
👉 More sites about: **Networking Hardware > Cisco Systems**

3. [INTELLIGENT SYSTEMS & NETWORKING](http://www.isn-chatt.com/) - INTELLIGENT SYSTEMS & NETWORKING, INC. ...  
http://www.isn-chatt.com/
4. [SmartLinc Home Theater Control Kit](http://www.smarthome.com/1144.html) - ... s (see previous page) and/or TouchLinc 2.0's ( ... to control your X10 devices and the HouseLinc **intelligent** controller from other rooms in your **home**. ...  
http://www.smarthome.com/1144.html
5. [Jeffrey Dobkin : Are You Just 25 Words Away From Being Rich](http://www.dobkin.com/content/intelligenttesting/articlelist.asp) - ... That's the beauty of all my programs: test small ... THE **INTELLIGENT TESTING SYSTEM** course is 10 fast-paced ... have the opportunity to get rich right from your **home**. ...  
http://www.dobkin.com/content/intelligenttesting/articlelist.asp

### CAPITULO 3

#### ESPAÑOL

1. [Arquitectura Bioclimática](http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Facility/8776/)  
Uso del entorno natural para conseguir confort térmico en las casas con un listado de sus técnicas, consejos y bibliografía.  
http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Facility/8776/  
Más sitios en: Arte y cultura > Artes aplicadas > Arquitectura > [Educación y formación](#)
2. [Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización](http://212.4.103.6/afec/)  
Noticias, normalización, agenda de eventos y planes de calidad.  
http://212.4.103.6/afec/  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > España > Comunidades autónomas > Madrid > Ciudades > Madrid > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Plomería y **climatización** > [Aire acondicionado](#)
3. [Casas Inteligentes](http://www.hogaresinteligentes.com/)  
Implementación de la tecnología X10 y X10 Pro para automatizar la iluminación, **climatización** y seguridad del hogar, entre otras funciones.  
http://www.hogaresinteligentes.com/  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Baja California Norte > Ciudades > Mexicali > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Sistemas de automatización > [Domótica](#)
4. [Softermia S.A. de C.V.](http://www.softermia.com.mx)  
**Climatización** y refrigeración industrial, instrumentación digital y humidificadores.  
http://www.softermia.com.mx  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Plomería y **climatización** > [Refrigeración](#)
5. [Difumex Industrial, S.A. de C.V.](http://www.difumex.com.mx/)  
Fabricante de rejillas, difusores, filtros para aire acondicionado y accesorios para **climatización**.  
http://www.difumex.com.mx/  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Plomería y **climatización** > [Aire acondicionado](#)

#### INGLES

1. [bioclimatic.de.....checking system](http://www.bioclimatic.de/)  
http://www.bioclimatic.de/
2. [Index - Bioclimatic, Inc. ... Bioclimatic](http://www.bioclimatic.com/) specializes in the design and manufacture of air purification equipment for most all aspects of contaminant control. ...  
http://www.bioclimatic.com/ [search within this site](#)
3. [index](http://www.msa.mmu.ac.uk/bioclimatic/) - Home. Unit Proposition. Student work BA (Undergraduate), Student work BArc (Post-grad). Unit Programmes. Staff. Research. Competition Wins. Student Resources. Links, ...  
http://www.msa.mmu.ac.uk/bioclimatic/ [search within this site](#)
4. [Bioclimatic Skyscrapers](http://www.ellipsis.com/yeang/text.html) - ... TR Hamzah & Yeang Sdn Bhd, based in Kuala Lumpur, is a programme of cutting edge research, design and development, concerned with the **bioclimatic** design of ...  
http://www.ellipsis.com/yeang/text.html [search within this site](#)
5. [COUNTRY INDEX](http://www.globalbioclimatics.org) - www.globalbioclimatics.org Índice Bioclimático Worldwide **Bioclimatic** Classification System  
Phytosociological Research Center Índice ...  
http://www.ucm.es/info/cif/indice2.html [search within this site](#)

### CAPITULO 4

#### ESPAÑOL

1. [Transformadores y Seccionadores de Pedestal](http://www.transformadores-tsp-dejardin.com.mx/inicio.htm)  
Venta de sistemas de manufacturación de aparatos electromecánicos, línea de transformadores y seccionadores para distribución de áreas **subterráneas**.  
http://www.transformadores-tsp-dejardin.com.mx/inicio.htm  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > [Electricidad](#)
2. [VDM Ingeniería y Construcción Ltda.](http://www.vdmconsultores.cl/)  
Consultora dedicada al control medioambiental, con énfasis en minería subterránea.  
http://www.vdmconsultores.cl/  
Más sitios en: Zonas geográficas > Países > Chile > Regiones > Región Metropolitana de Santiago > Ciudades > Santiago de Chile > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > [Minería](#)

3. Edia, S.A.  
 Construcción de líneas aéreas y **subterráneas** de alta y baja tensión, centros de transformación, topografía y proyectos técnicos.  
<http://www.ediasa.com/>  
 Más sitios en: Zonas geográficas > Países > España > Comunidades autónomas > Cantabria > Ciudades > Cacicedo de Camargo > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Construcción > Electricidad
4. Geoconsult-España, Ingenieros Consultores, S.A.  
 Servicios de ingeniería del suelo y del subsuelo, y en especial e diseños y **proyectos** de espacios **subterráneos**.  
<http://www.geoconsult.es>  
 Más sitios en: Zonas geográficas > Países > España > Comunidades autónomas > Madrid > Ciudades > Madrid > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > Ingeniería > Ingeniería civil

## INGLES

1. The Civil Engineering Portal - Construction - Underground ... - ... Web Directory / **Construction / Underground Construction**. Trenchless Technology. Web Sites American **Underground Construction** Association ...  
[http://www.icivilengineer.com/Construction/Underground\\_Construction/](http://www.icivilengineer.com/Construction/Underground_Construction/) search within this site
2. Dondlinger & Sons Construction - Underground Utility - ... Housing and Hotels Educational and Religious | Retail | Bridges | **Underground** Utilities, ... Safety | Careers Client Testimonials | Under **Construction** | Contact Us ...  
<http://www.dondlinger.biz/utility.html> search within this site
3. horizontal directional drilling boring trenchless technology ... - Offers horizontal directional drilling boring trenchless technology **construction underground** electric river crossing. ENTER. horizontal ...  
<http://www.ecihdd.com/horizontal-directional-drilling-boring.html> search within this site
4. American Underground-Construction Association - promoting the design, development, **construction**, and use of **underground** facilities.  
<http://www.auca.org/> search within this site  
 ↗ More sites about: B2B Construction > Organizations
5. Floormaster > Construction > Underground - Home. Home. About. Rail. Marine. Defence. **Construction**. Archives. Links. Legal & credits. Contact.  
<http://www.floormaster-plus.com/construction/constructionunderground.htm> search within this site

## CAPITULO 5

### ESPAÑOL

- STS CHILE  
 ... En los 42 años de actividad interrumpida ha logrado ubicarse como la empresa de mayor envergadura en la Especialidad de **Construcciones Submarinas** y ha ...  
<http://www.sts.tie.cl/>
- El Grupo Stolt Nielsen  
 ... ingeniería subacuática más complejos y difíciles, incluyendo el tendido de tuberías tanto rígidas como flexibles, **construcciones submarinas**, y servicios ...  
<http://www.prodemar.com/nielsen.htm>
- Listado de trabajos y empleos en el mundo subacuático acuático ...  
 ... Desde: **Construcciones submarinas**, limpiezas, reportajes, maestro... Preferiblemente en Sudamérica, África, Asia, países productores de petróleo. ...  
<http://www.mundoacuatico.com/trabajobuceo/>
- Experiencia Protexa Construcciones  
 ... LAS DIVERSAS COMPAÑIAS QUE CONFORMAN LA DIVISION DE **CONSTRUCCIONES SE ESPECIALIZAN EN: ... INSTALACION DE EMISORES Y CONEXIONES SUBMARINAS. ...**  
<http://www.protexa.com.mx/construcciones/experiencia.htm>
- Logros Protexa Construcciones  
 ... CAMPECHE. INSTALACION DE ALREDEDOR DEL 45% DE LAS LINEAS **SUBMARINAS TENDIDAS EN LA SONDA DE CAMPECHE EN LOS ULTIMOS 20 AÑOS. CONSTRUCCION ...**  
<http://www.protexa.com.mx/construcciones/logros.htm>
- PORTADA

## INGLES

1. SEA Construction - Home Improvement & Remodeling in the San ... - ... **SEA Construction**, 655 Skyway Road, Suite 110, San Carlos, CA 94070 Phone: (650) 802-9585 Fax: (650) 802-9586 E-mail: [info@remodeling-bayarea.com](mailto:info@remodeling-bayarea.com) California ...  
<http://www.remodeling-bayarea.com/> search within this site
2. Sub Sea Construction - ... **Construction** support may be performed from a DSV Semi-sub or pipelay barge utilising a **construction** work class ROV with a long excursion to manouvre over ...  
[http://www.stsas.com/s\\_constru.html](http://www.stsas.com/s_constru.html)
3. Sea Pointe - Kitchen Remodeling & Bath Remodeling Specialists in ... - **Sea Pointe Construction** and Development, based in IRVINE, CA offers custom and modular cabinets, cabinet refacing, custom wall units, room additions, plumbing ...  
<http://www.seapointe-inc.com/> search within this site

4. [Sea Hawk Enterprises - Construction & Project Management - ... - ... Sea Hawk Enterprise, Inc. Construction & Project Management specialist in conjunction with Failure Analysis and Forensic Inspections. ...](#)  
[http://www.seahawkenterprises.com/search\\_within\\_this\\_site](http://www.seahawkenterprises.com/search_within_this_site)
5. [Construction of World Longest Cross-Sea Bridge Kicked off in ... - Last updated at: \(Beijing Time\) Wednesday, August 28, 2002. Construction of World Longest Cross-Sea Bridge Kicked off in Ningbo. Starting ...](#)  
[http://english.peopledaily.com.cn/200208/27/eng20020827\\_102172.shtml](http://english.peopledaily.com.cn/200208/27/eng20020827_102172.shtml) [search within this site](#)

## CAPITULO 6

### ESPAÑOL

- [Hormigón para construcciones en la luna: entrevista](#)  
 ... Por ejemplo, el hormigón azufre tiene especial interés para **construcciones** con control ... que emergen de grandes investigaciones, en este caso **espaciales**, y que ...  
<http://www.imasd-tecnologia.com/imasd/mar98/9803tp2.htm>
- [Tipos de Hábitats Espaciales](#)  
 Tipos de **Construcciones Espaciales**. Según la utilidad que queramos darle a las distintas **construcciones**, así deberemos elegir la ...  
<http://www.terra.es/personal/jpolaino/espacio/ciudades/tipos.htm>
- [Mapa del Web](#)  
 ... Tamaño de las Ciudades Nuevo 4-7-99; Tipos de **Construcciones Espaciales** Nuevo 4-7-99; Efectos Físicos: Fuerza Centrífuga y Gravedad; ...  
<http://www.terra.es/personal/jpolaino/espacio/mapa.htm> [\[Más resultados de www.terra.es\]](#)
- [Accion del viento sobre las construcciones -Cap 9 y 10-](#)  
 ... el artículo 9.3. c) Elementos **espaciales**. **Construcciones** tridimensionales de reticulado, no revestidas, según el artículo 9.4. ...  
<http://www.construir.com/Edifica/document/cirsoc5.htm>
- [PsicoGénesis](#)  
 ... Observaciones clínicas. Modificación de la técnica de Santucci para la observación y reorganización de las **construcciones espaciales** en niños. ...  
<http://www.psicogenesis.com.ar/articulos/artmain.html>

### INGLES

1. [Welcome to Space Construction. Home of Fisher Space Homes and ... - ... City, NV 89005 Phone: 702.294.2525 - Fax: 702.294.2531 E-mail us at info@spaceconstruction.com Copyright © 2001 - Space Construction - All Rights Reserved. ...](#)  
<http://www.spaceconstruction.com/>
2. [1995 Fire Publications - Fire Performance of an Interstitial ... - ... new. Fire Performance of an Interstitial Space Construction System. Fire Performance of an Interstitial Space Construction System. ...](#)  
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire95/art055.html>
3. [New Mexico State University students to test space construction ... - New Mexico State University students to test space construction plan on NASA jet. A group of New Mexico State University engineering ...](#)  
<http://www.nmsu.edu/~ucomm/Releases/2002/March/FlyingAggies2.html> [search within this site](#)
4. [RR-4341 : Parallel State Space Construction for Model-Checking - logo inria. RR-4341 - Parallel State Space Construction for Model-Checking. Garavel, Hubert - Mateescu, Radu - Smarandache, Irina Les rapports de cet auteur. ...](#)  
<http://www.inria.fr/rrrt/rr-4341.html> [search within this site](#)
5. [December 7, 2001 UNT Inhouse publication: Regents approve science ... - Regents approve science space construction. Approval of new science space construction at a cost not to exceed \\$28 million was one ...](#)  
<http://www.unt.edu/inhouse/december72001/regents.htm>

## CAPITULO 7

### ESPAÑOL

1. [Castillo de Loarre](#)  
 Visita **virtual** de este monumento construido en el s. XI.  
<http://www.castillodeloarre.com/>  
 Más sitios en: Arte y cultura > Artes aplicadas > **Arquitectura** > Edificios > **Castillos**
2. [Arq Art](#)  
 Revista digital de **arquitectura** y arte que incluye galería **virtual**, directorio y reseñas.  
<http://www.arqweb.com/arqart/>  
 Más sitios en: Arte y cultura > Artes aplicadas > **Arquitectura** > **Revistas**
3. [Despacho Virtual](#)  
 Servicios de diseño arquitectónico, de interiores y asesoría para crear edificios inteligentes.  
<http://www.despacho-virtual.com/>  
 Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Estado de México > Ciudades > Ciudad López Mateos > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > **Arquitectura** > **Despachos de arquitectos**
4. [Laboratorio de Arquitectura](#)  
 Construcción de edificaciones mediante la experimentación del espacio físico con el **virtual** y con el uso de nanotecnología.  
<http://www.laboarq.com>

Más sitios en: Zonas geográficas > Países > México > Estados > Distrito Federal > Economía y empresas > Productos y servicios para empresas (B2B) > **Arquitectura** > Despachos de arquitectos

5. **Arquitectura en México**  
Imágenes de casas, haciendas, edificios públicos e interiores con datos biográficos de arquitectos como Luis Barragán, Ricardo Legorreta y Pedro Ramirez Vázquez entre otros.  
<http://arquitecturamexicana.virtualave.net/>  
Más sitios en: Arte y cultura > Artes aplicadas > **Arquitectura** > Edificios

## INGLES

1. **WEB3D CONSORTIUM** - Join Now! Member List Members Only. Press Releases Announcements Events Industry  
<http://www.web3d.org/> search within this site
2. **Virtual Reality Moon Phase Pictures** - view the phase of the moon for any date and time from 1800 through 2199 AD.  
<http://tycho.usno.navy.mil/vphase.html>  
👉 More sites about: Moon Phase Calendars
3. <http://vrm1.wired.com/>  
<http://vrm1.wired.com/>
4. **On The Net: Internet Resources in Virtual Reality** - comprehensive listings of VR resources. Compiled by the moderator of Sci.virtual-worlds and the manager of the Knowledge Base Project, Toni Emerson.  
[http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/onthenet.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/onthenet.html) search within this site  
👉 More sites about: Virtual Reality > Web Directories
5. **Visualization and Virtual Reality for Manufacturing Home Page** - VUG Home Page Visualization and **Virtual Reality** for Manufacturing.  
<http://ovrt.nist.gov/>

## CAPITULO 8

### ESPAÑOL

- [Newsartesvisuales.com/ Composición / Regla áurea / Sección ...](http://www.newsartesvisuales.com/Composici3n/Regla_3urea/Secci3n_...)  
... Esta teoría se denomina "La regla Aurea", también conocida como "sección áurea". La creó Vitruvio, la autoridad romana en arquitectura. ...  
<http://www.newsartesvisuales.com/funda/compo4.htm>
- ¿Qué es la sección aurea?  
¿Qué es la **sección aurea**? Es la división armónica de una recta en media y extrema razón. Es decir que el segmento menor, es ...  
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/pregfrec/aurea.htm>
- La sección áurea en la Arquitectura  
LA **SECCIÓN ÁUREA** en la Arquitectura. Si deseamos que la parte menor sea a la parte mayor como esta al todo, la proporción que ...  
[http://www.anarkasis.com/pitagoras/202\\_aurea\\_arquitectura/](http://www.anarkasis.com/pitagoras/202_aurea_arquitectura/) [Más resultados de [www.anarkasis.com/](http://www.anarkasis.com/)]
- Feng Shui para su Casa y Jardín  
Como decorar la casa y jardín utilizando el **Feng SHUI** para atraer mas armonía, amor y prosperidad.  
<http://www.fengshuiharmony.cc>  
Más sitios en: Economía y negocios > Productos y servicios para el consumidor > Religión y espiritualidad > **Feng Shui**
- Feng Shui Clásico en México  
Teoría del Ying Yang, datos sobre la brújula china, sistemas de enumeración y aplicación en el **Feng Shui** de los cinco animales celestiales.  
<http://www.angelfire.com/ab/fengshui/>  
Más sitios en: Sociedad > Religión y espiritualidad > Prácticas y creencias > Adivinación > **Feng Shui**

## INGLES

1. **Feng Shui Society** - an unincorporated, nonprofit making association formed to advance **feng shui** principles and concepts.  
<http://www.fengshuisociety.org.uk/>  
👉 More sites about: United Kingdom > Feng Shui
2. **Feng Shui Ultimate Resource** - dedicated to helping **Feng Shui** shed its snake-oil-and-incense image.  
<http://www.qi-whiz.com/>  
👉 More sites about: **Feng Shui**
3. **American Feng Shui Institute** - professional school dedicated to the practice of **Feng Shui** as a scientific discipline.  
<http://www.amfengshui.com/> search within this site  
👉 More sites about: California > Monterey Park > Shopping > Feng Shui
4. **World of Feng Shui** - magazine includes the Aunt Agga column.  
<http://www.wofs.com/> search within this site  
👉 More sites about: **Feng Shui**
5. **Feng Shui Guild** - promoting the use, practice and teaching of **feng shui**  
<http://www.fengshuiguild.com/> search within this site  
👉 More sites about: **Feng Shui**

# INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPITULO I</b>	
PROSPECTIVA.....	3
<b>CAPITULO II</b>	
EDIFICIOS INTELIGENTES.....	11
<b>CAPITULO III</b>	
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	33
<b>CAPITULO IV</b>	
ARQUITECTURA SUBTERRÁNEA.....	55
<b>CAPITULO V</b>	
ARQUITECTURA MARINA Y SUBMARINA.....	69
<b>CAPITULO VI</b>	
ARQUITECTURA ESPACIAL.....	81
<b>CAPITULO VII</b>	
ARQUITECTURA VIRTUAL.....	101
<b>CAPITULO VIII</b>	
ARQUITECTURA PSICOLÓGICA.....	113
CONCLUSIONES GENERALES.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	139
APENDICES.....	143