

El Museo de la Luz: de la ilusión a la realidad



El Museo de la Luz opera en la antigua iglesia de San Pedro y San Pablo, en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Se trata del único museo que existe en el mundo dedicado exclusivamente a la luz y que fue instalado por la UNAM en 1996.

Ana María Cetto y Luis de la Peña

No se piense que la poesía de las manifestaciones de la Naturaleza en su infinita variedad, se pierde cuando las observamos científicamente, pues el hábito de la observación afina nuestro sentido de la belleza...

M. Minnaert

INTRODUCCIÓN: EL CONTEXTO

El Museo de la Luz, sito en las calles de San Ildefonso y El Carmen, en el Centro Histórico de la Ciudad de México, se inauguró el 18 de noviembre de 1996, al cabo de dos escasos años de intensos trabajos de concepción y desarrollo del proyecto y de diseño, construcción e instalación de equipos. En estas páginas ofrecemos una narración breve del proyecto mismo, con énfasis en los elementos más importantes que quedaron pendientes de realizarse.

Dos hechos significativos marcaron desde un principio la pauta para el proyecto del museo: por un lado, la sabia decisión –tomada por el entonces rector de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), José Sarukhan– de convertir la antigua iglesia de San Pedro y San Pablo en recinto para un museo interactivo de las ciencias; en segundo lugar, la no menos sabia elección –por parte del personal del Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia, bajo la dirección de Jorge Flores– del tema de la luz para este nuevo museo.

El edificio tiene varias características importantes. Se trata de una construcción del siglo XVI, erigida como iglesia anexa al Colegio Máximo de los jesuitas. Durante sus cuatro siglos de existencia había sido usado con muy diversos fines (recuadro 1), y a lo largo de tan accidentada vida sufrió diversas intervenciones, de las que dan cuenta sus pisos y muros cubiertos de capas decoradas, de diverso valor histórico y artístico, que no logran ocultar el singular estilo barroco de tinte checo de su arquitectura inicial. Está enclavado en una zona de intenso movimiento, y el comercio ambulante dificulta cada vez más el acceso. La comunicación por metro es buena; en cambio el trán-



Mural pelágico. En primer plano aparece una esfera que contiene un ecosistema aislado del exterior, que se mantiene vivo sólo gracias a la luz que recibe del exterior. Al fondo se aprecia el mural pelágico, que describe la captación, distribución y aprovechamiento de la energía en un ecosistema, en este caso, marino.

sito es denso y no hay, casi, facilidades de estacionamiento. Las personas que de manera natural frecuentan la zona están vinculadas en buena medida al pequeño comercio y a oficinas de gobierno y particulares, y en menor grado son visitantes del interior del país y del extranjero. En las cercanías hay algunas escuelas y otros centros de estudio, así como varios museos importantes.

Esta situación contrasta fuertemente con la de museos como el de Antropología o *Universum*, y significó un reto para el proyecto, pero también una oportunidad interesante de dirigirse a un público que, por su escaso contacto con la ciencia y la cultura, podría resultar especialmente beneficiado. Por otra parte, era y es de esperarse que la recuperación del Centro Histórico favorezca la afluencia de un público más versado en visitar museos. Además, como se ha hecho costumbre en otros casos, segura-

Recuadro 1. Los usos de un templo

Según relata C. Díaz y de Ovando (Díaz y de Ovando, 1985): Expulsados los jesuitas la iglesia empezó a tener "diferentes y absurdos usos"; expulsados los jesuitas por segunda vez se arregló la iglesia para que allí prestara juramento Agustín de Iturbide como "emperador de México"; más tarde se reunieron en ella los miembros del primer Congreso Mexicano y el Constituyente de 1824. Sirvió también como salón de bailes, cuartel militar, almacén de forrajes, bodega de la Aduana, escuela correccional, taller tipográfico, casa para dementes, caballeriza, salón de actos, museo industrial, almacén de papel... antes de convertirse en Hemeroteca Nacional, en 1944. Por cierto que el retablo de Nuestra Señora de la Luz, de la iglesia de San Pedro y San Pablo, fue concedido en 1775 al Sagrario Metropolitano y todavía se encuentra allí.



Vitral de Quagliata. La luz es elemento central del arte representativo y el escultor italiano Narciso Quagliata es un maestro de su empleo para la creación de vitrales. Aquí se muestra un aspecto del vitral que el artista diseñó y construyó específicamente para el Museo de la Luz, empleando elementos característicos de la óptica, como lentes de formas y tamaños diversos.

Concebir el Museo de la Luz como un espacio científico, a la vez bello y humano

mente recibiría entre semana la visita organizada de grupos escolares –lo que está sucediendo, a pesar del difícil acceso para los autobuses. Por ello, el nuevo museo tendría que atender a una comunidad altamente heterogénea en el aspecto social y cultural, de todas las edades y con muy diversas expectativas.

Para que, como templo que es –aunque ahora laico– siguiera acogiendo por igual a todo visitante, había que respetar el pequeño jardín que tiene como atrio, para que cumpliera la importante función de permitir al visitante un breve momento de reflexión al término de su recorrido por el museo (Zavala, 1993), antes de lanzarlo de regreso al mundanal ruido. Aprovechando la afortunada ubicación del atrio en el lado soleado del edificio, había que instalar, claro está, algunos objetos alusivos, como un cuadrante solar y un calentador. Asimismo, había que generar en el interior del museo una atmósfera serena y armoniosa, en que la ciencia se mostrara amable, práctica e interesante. Había que concebir el Museo de la Luz como un espacio científico, a la vez bello y humano, sin que lo bello y lo humano estuvieran separados de lo científico.

No se trataba de mostrar algo espectacular y explicarlo de manera trivial, sino por el contrario, partir de la experiencia cotidiana y explicarla de manera científica; pasar del asombro de la vivencia directa al asombro de entender lo que hay detrás de ella, y también a la fascinación de ver los espacios, obras de arte y herramientas creados por el hombre a partir de los fenómenos maravillosos de la luz. Los que visitaran el museo habrían de dejarlo con los ojos más abiertos; más contentos e inquietos, y mejor que con preguntas nuevas, diferentes de las que traían, que alimentaran el deseo de saber más y de regresar.

DESARROLLO DEL PROYECTO

La luz y los fenómenos luminosos han atraído desde siempre la atención y curiosidad del hombre; la luz y las sombras penetran en todos los aspectos de la vida y de la actividad humanas; la luz y su energía son base de la vida misma, y su presencia ha influido de manera esencial en la evolución de la biosfera, del

hombre y del pensamiento; la luz es elemento central de las artes plásticas, y ella y la óptica están a la base de importantes tecnologías modernas. Y sin embargo, no hay en el mundo otro museo dedicado íntegramente al tema de la luz.

El tema se presta de manera muy especial para hacer un museo atractivo, polifacético, multidisciplinario e interactivo. Por ello se decidió que el proyecto fuera desarrollado por un grupo multidisciplinario de especialistas en las áreas de astronomía, óptica, ingeniería, física moderna, química, ecología, fisiología, arquitectura y las artes (recuadro 2). Conforme se avanzaba en el proyecto fue muy grato recibir numerosas propuestas de personas que querían contribuir con algún aparato, una demostración, una obra de arte, o simplemente una idea que pudiera quedar plasmada en el museo.

Existe ya una amplia experiencia con museos y centros interactivos, en México y en otros países, como para aprender de ella lo que funciona y lo que no. Se sabe bien, además, que cada uno de estos centros se distingue de los demás por múltiples razones: de contexto, de recursos, de objetivos, de contenidos, etcétera. Conocer de cerca algunas de las experiencias más notables de estos centros fue sumamente útil para nosotros, y admitimos que nos apropiamos de un amplio número de buenas ideas y las adaptamos a nuestros fines; sin que nos lo propusiéramos, sin embargo, el Museo de la Luz resultó marcadamente diferente de todos los que conocíamos.

Recuadro 2. El equipo creador

El grupo original de asesores del proyecto Museo de la Luz, responsable del proyecto, estuvo constituido por Salvador Cuevas (astronomía e instrumentación), Glinda Irazoque (química), Manuel Marín (pintura), Pablo Pacheco (fisiología de la visión), Luis de la Peña (física e ingeniería), Giovanna Recchia (historia de la arquitectura), Humberto Ricalde (arquitectura) y Carlos Vázquez-Yáñez (ecología), bajo la coordinación de Ana María Cetto (física). Andrés García Barrios y Teresa Pastor colaboraron en la redacción y el diseño de las cédulas, Guadalupe Huelz en el desarrollo de la sección de energía solar (aún no concluida), y durante el desarrollo del proyecto se contó con la asistencia de Martín Bonfil Olivera y se trabajó estrechamente con el personal de las diversas secciones del entonces Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia, particularmente del departamento de ingeniería de *Universum*; sería imposible nombrar a todos los colegas que colaboraron, sin caer en omisiones.

No hay en el mundo otro museo dedicado íntegramente al tema de la luz

Dadas la vastedad y riqueza del tema, hubo que ser selectivos en cuanto a los tópicos y la forma de desarrollarlos. En el recuadro 3 se presentan las secciones del proyecto original y los temas bajo cada una. Puede apreciarse una cierta lógica en el temario, que no es casual: el público prefiere visitar una exposición con itinerario, aunque se desvíe de él por voluntad propia. En la propuesta implícita, el recorrido ofrece una narración que va de lo más puro y objetivo hasta lo más subjetivo al terminar con las artes, pasando por niveles crecientes de complejidad y elaboración.

Originalmente se contaba con un espacio relativamente amplio en el edificio: la planta baja y el entresuelo de la hemeroteca (cada uno de aproximadamente 400 metros cuadrados), la subida a la torre (con tres pequeños cuartos adicionales), el campanario (con una vista panorámica de la zona centro de la ciudad) y, naturalmente, una azotea bien asoleada. Este espacio ya nos parecía reducido para albergar todas las secciones del proyecto; cuál no sería nuestra desazón cuando se nos comunicó que, por decisión de las autoridades responsables de la conservación de monumentos históricos, habría de eliminarse el entresuelo y de evitar todo contacto con paredes y plafones (esto último ya lo habíamos decidido, por razones de respeto mínimo al excelente recinto). Estas severas restricciones en el uso del edificio, aunadas a los breves plazos y limitados recursos disponibles, condujeron a que el Museo abriera sus puertas con sólo una fracción de lo proyectado.

Índice del proyecto original del Museo de la Luz

Sección 1. Naturaleza de la luz

- 1.1. Luz, ¿de dónde vienes?
- 1.2. Luz, ¿por dónde vas?
- 1.3. Luz, ¿qué eres?

Sección 2. Un mundo de colores

- 2.1. El color de los objetos
- 2.2. Composiciones de colores
- 2.3. Química y color
- 2.4. Colores en el cielo y en la tierra

Sección 3. Torre fotónica

- 3.1. La camera obscura
- 3.2. Computadoras e imágenes
- 3.3. Luz y electrones
- 3.4. Energía solar

Sección 4. Cámara celestial

- 4.1. Mensaje de las estrellas
- 4.2. ¿De qué está hecho el mundo?

Sección 5. La luz y la biosfera

- 5.1. Luz, motor de la vida
- 5.2. La luz y la atmósfera

Sección 6. La visión

- 6.1. Los ojos
- 6.2. El proceso visual
- 6.3. El gabinete del oculista
- 6.4. Luz y salud
- 6.5. ¿Realidad o ficción visual?

Sección 7. La luz en las artes

- 7.1. La luz en las artes visuales
- 7.2. La luz como protagonista escénica
- 7.3. La luz en la arquitectura

Sección 8. Luz e historia

- 8.1. Grandes momentos en la historia de la luz
- 8.2. La luz en la historia del pensamiento

Sección 9. Fuera de la galería

- 9.1. Espectáculos
- 9.2. Talleres
- 9.3. Centro de documentación
- 9.4. La tienda, el café

A continuación haremos una breve presentación de algunos temas o equipos que a nuestro juicio convendría retomar en algún momento. Como se podrá apreciar, varios de los equipos requieren de un espacio adicional, con el que ahora no cuenta el edificio, lo cual significa que también habría que retomar los pasos ya iniciados para obtener dicho espacio. Podría pensarse que al cabo de seis años ésta es una tarea ociosa, puesto que la vida misma ha ido transformando y enriqueciendo el museo; pero si bien esto último es cierto, la conclusión de algunos pendientes importantes lo enriquecería aún más y ofrecería una visión más integral, interesante y actual de tan vasto tema.

Antes de pasar a los pendientes, permítasenos describir brevemente cuatro de los muchos equipos que sí se hicieron realidad. De seguro que, puestos a escoger, los visitantes harían elecciones muy diversas; nosotros hemos seleccionado éstos por su interés, simplicidad y calidad de funcionamiento.

UNAS CUANTAS EXPERIENCIAS INTERESANTES

Escultura de luz. En el centro de un nicho oscuro de aproximadamente 1.5 metros de fondo, cuyas paredes están recubiertas de negro, se encuentra un disco horizontal pintado de colores, montado sobre un eje que sube y baja periódicamente. Un delgado haz de luz blanca que sale de una fuente giratoria cae verticalmente, describiendo un círculo sobre la superficie del disco. La combinación de las frecuencias a la que el disco sube y baja, y de rotación del haz de luz, forma una figura de Lissa-

jous, una escultura de luz de colores suspendida en el espacio. El visitante puede controlar la velocidad de rotación del haz y cambiar con ello la forma de la escultura.

Luz fantástica. Escultura interactiva inspirada en la del escultor Piero Fogliati, que se encuentra en el Museo de La Villette, en París. En el fondo de una vitrina de cerca de 2 m de profundidad, cuyo interior es totalmente blanco, se coloca un disco vertical pintado de blanco, montado sobre un eje vertical que gira de frente al observador. Desde una fuente cercana se ilumina el disco con un haz de luz blanca. Sin embargo, el disco se ve de colores cambiantes, y la sombra que proyecta sobre la pared del fondo presenta a cada momento el color complementario. El efecto se debe a que, a la salida del proyector, la luz blanca pasa por una placa giratoria (a mil revoluciones por minuto, aproximadamente) cubierta con filtros alternos de tres colores primarios (verde, rojo y azul). El visitante puede detener el movimiento del disco con un botón y verificar que es totalmente blanco, y su sombra, gris.

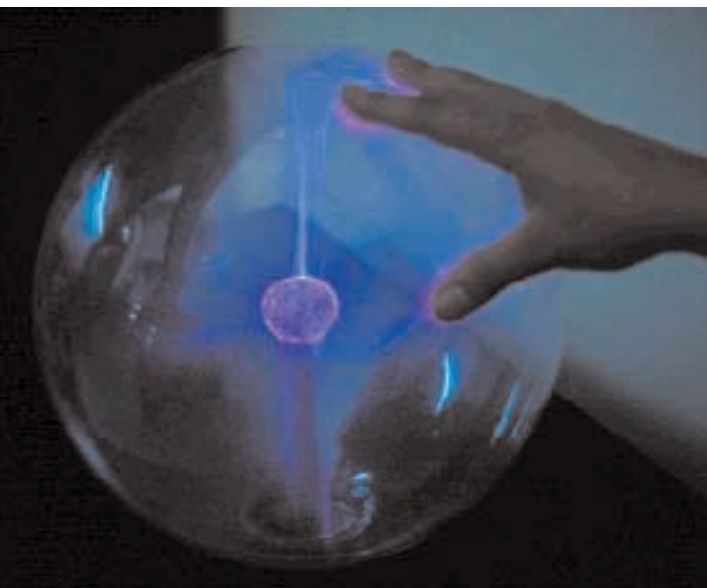
Ventana al infinito. Un marco rectangular (de 70 × 40 × 12 centímetros, aproximadamente) contiene en el fondo un espejo plano de primera superficie. El interior de los cuatro costados tiene una hilera de focos separados alrededor de 4 centímetros entre sí; el interior del frente está cubierto con un segundo espejo de primera superficie al que se le han raspado dos círculos de 2.5 centímetros de diámetro y 7 entre centros, a la altura de los ojos (los pequeños visitantes pueden usar el escalón provisto). El visitante puede mover ligeramente este segundo espejo. Las múltiples reflexiones entre los dos espejos dan la apariencia de un largo túnel con hileras de lucecitas que se pierden en el fondo; el túnel se desvía hacia un lado u otro, arriba o abajo, según la inclinación fijada por el visitante.

Sombras tridimensionales (visión estereoscópica). En el interior de una cabina gira lentamente un móvil suspendido del techo. El visitante lo observa a través de una ventana. Dos luces intensas ocultas, una roja y la otra verde, iluminan el móvil desde el frente, produciendo dos sombras sobre la pared blanca del fondo. Observado el todo a simple vista, sólo se ven las sombras coloreadas en movimiento, sin gracia alguna. Sin embargo, el vidrio de la ventana está cubierto de bandas verticales sucesivas de filtros verde y rojo, que permiten que cada ojo

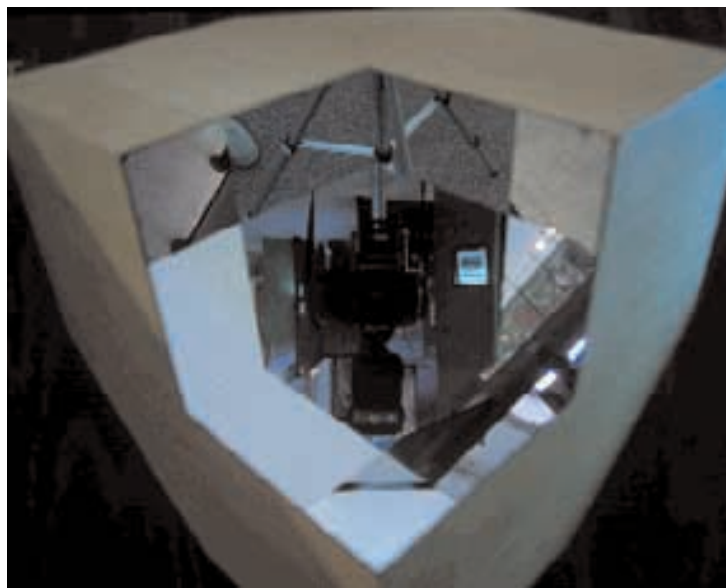


Caleidoscopio de Sandoval. Aquí vemos varios poliedros regulares virtuales, producidos por un caleidoscopio de diseño muy especial y que produce bellísimos efectos.

Luz fantástica.
Escultura interactiva
inspirada en la del escultor
Piero Fogliati



Esfera de plasma. Una esfera hueca de vidrio contiene un gas enrarecido, al que se le aplica un voltaje muy alto para ionizarlo. El plasma que resulta permite la conducción de corrientes eléctricas que pueden guiarse desde el exterior con la mano, produciendo bellos e interesantes efectos, como el mostrado aquí.



Triedro de espejos. Tres espejos que forman un triedro (semejante a la esquina de una habitación con dos paredes y el piso) devuelven una imagen invertida. Aquí se aprecia al fotógrafo y su cámara de cabeza.

Una buena parte del proyecto no pudo realizarse inicialmente o se realizó sólo en parte

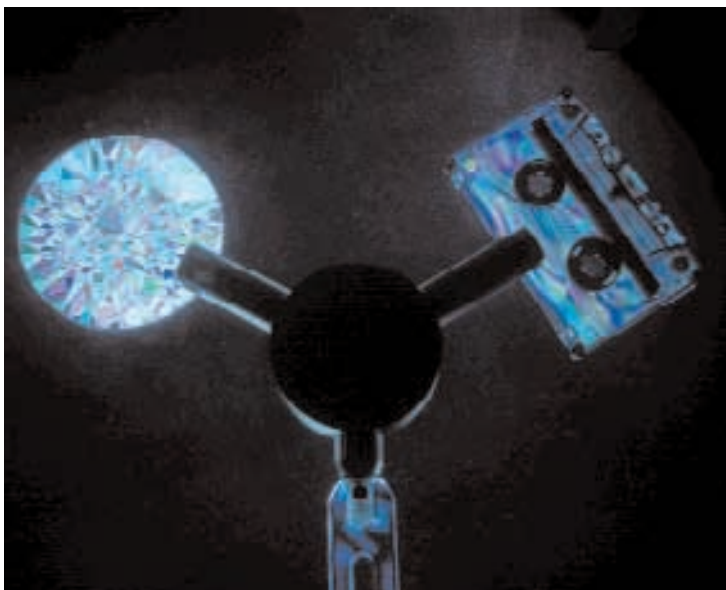
perciba sólo una de las sombras (la del color del filtro). De esta manera se ve la sombra gris girando en el espacio y anterior al móvil, casi al alcance de la mano del observador.

ALGO DE LO QUE SE QUEDÓ EN EL TINTERO

Como hemos explicado, una buena parte del proyecto no pudo realizarse inicialmente o se realizó sólo en parte por muy diversas razones, y aunque naturalmente se han hecho modificaciones e innovaciones en el transcurso de estos años, aún continúan pendientes partes importantes del proyecto original (proyecto del Museo de la Luz, 1995). Como testimonio que alguna vez podría ser de utilidad, presentamos a continuación una muy breve reseña de algunos de estos elementos virtuales.

SECCIÓN “NATURALEZA DE LA LUZ”

Somos hijos del Sol. La representación del Sol en diferentes culturas desde la antigüedad, y como figura central de diferentes mitologías ocupa (según el proyecto) un lugar prominente en la entrada al recinto. Como para resaltar la importancia de la luz solar para la vida sobre el planeta, el primer domo queda cubierto con una gran escultura en vidrio que capta los rayos del



Efectos de la luz polarizada. La luz polarizada permite observar efectos que no son percibidos al iluminar con luz sin polarizar. En el dispositivo circular de la izquierda se ven colores producidos por interferencia de luz blanca que pasa a través de hojas de celofán de diferentes espesores. En la derecha se revelan los esfuerzos de tensión y compresión típicos de la cajita de plástico de una cassette musical.



Sombras de colores. Sobre una pantalla blanca se superponen parcialmente haces de luz de tres colores fundamentales, provenientes de tres lámparas. Donde coinciden los tres haces se obtiene luz blanca, mientras que en el resto de la pantalla aparecen diversos colores generados por la superposición de sólo dos colores fundamentales. Al tapar alguno de los haces con un objeto (aquí las manos y brazos de un visitante) cambia el color de la luz resultante, con lo que se generan sombras de diversos colores por sustracción de una o dos componentes.

Sol y los arroja, polícromos, a los pies del espectador. Esta instalación podría crear un calendario solar.

Megacámara. Una gran cabina es dividida por una pared opaca con tres juegos de lentes de cámara fotográfica que muestran cómo se ajustan: 1) la profundidad de campo, 2) el campo visual y 3) el enfoque de objetos en diferentes planos. A través de estas ópticas el visitante observa diferentes obras artísticas colocadas en el lado oculto de la cabina y aprende el funcionamiento de la cámara. Como complemento, por fuera se instala un modelo de cámara fotográfica de fuelle, con disco de diafragmas al frente y con fondo de vidrio esmerilado para poder ver las mismas obras. A un lado, un diagrama muestra la similitud del funcionamiento óptico de la cámara y el ojo humano; esta instalación se apoya con un audiovisual sobre la historia de la cámara fotográfica.

El espectro electromagnético. La intención es mostrar la luz como un fenómeno electromagnético; hacer ver que a diferentes colores corresponden diferentes longitudes de onda y que hay luces que no se ven, y dar a conocer efectos y aplicaciones de las diferentes radiaciones electromagnéticas. El elemento central es un gran mural interactivo del espectro electromag-

nético, con identificación de las diversas bandas (desde rayos gamma hasta ondas de radio, con amplificación de la región visible), sus intervalos de frecuencias y longitudes de onda, sus usos, efectos y aplicaciones, y algunos aparatos o dispositivos que las generan, detectan o usan. El equipo puede apoyarse con un video que muestra la historia de las teorías sobre la luz, como una historia que aún no termina de escribirse. Hay actualmente en exposición un intento un tanto fallido e incompleto de este mural.

SECCIÓN "UN MUNDO DE COLORES"

Del color de la luz con que se mira. El visitante puede escoger un objeto (o imagen impresa) entre varios e iluminarlo con luces de diferen-

tes colores, para comprobar que la apariencia del objeto puede sufrir fuertes modificaciones con tan sólo cambiar el color de la luz, al grado de “perderse”. Incluye dos imágenes impresas traslapadas de diferentes colores, de manera que se vea una, la otra o ambas según el color de la luz con que se ilumine.

Luces y colores celestiales. Se trata de un pequeño centro de descanso, aislado del resto del museo y sonorizado, que se aprovecha para mostrar y explicar mediante proyecciones periódicas la formación del arco iris y otros fenómenos luminosos en el cielo (un eclipse solar, los halos en una noche fría y húmeda, una aurora polar, un bello amanecer rosado, etcétera) representados en una atmósfera que invite al descanso y la reflexión. A un lado ha de explicarse con diagramas simples cómo se producen estos fenómenos.

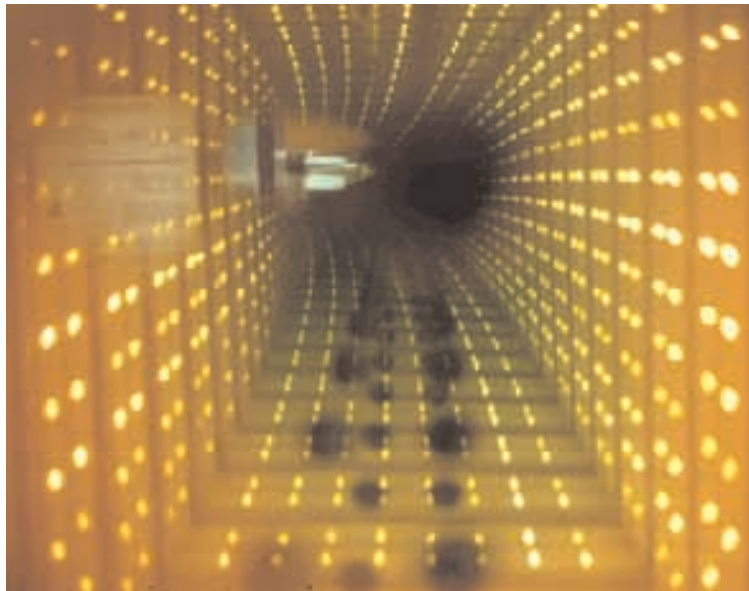
Plafón artístico. Esta escultura consta de un tubo vertical de vidrio que contiene figuras de celofán en movimiento entre dos placas horizontales de filtro polaroid, una de ellas giratoria; la luz viene de abajo y se proyecta sobre el plafón, dibujando figuras de formas y colores puros que cambian con el movimiento.

Plafón artístico. Esta escultura consta de un tubo vertical de vidrio que contiene figuras de celofán en movimiento entre dos placas horizontales de filtro polaroid, una de ellas giratoria; la luz viene de abajo y se proyecta sobre el plafón, dibujando figuras de formas y colores puros que cambian con el movimiento.

SECCIÓN “TORRE FOTÓNICA”

Se propone usar la torre y el campanario del edificio para mostrar cinco siglos de tecnología óptica, empezando con una cámara obscura en la cúpula del campanario y terminando con algunos de los más importantes desarrollos en fotónica y optoelectrónica. La torre es, pues, el espacio del museo donde el énfasis se da en la tecnología asociada a la luz.

Se mostrará el papel que ha jugado la cámara obscura en el arte, como recurso óptico que fue de primordial importancia para pintores y arquitectos desde el Renacimiento, particularmente en la invención de la perspectiva. Asimismo se mostrará el papel de la tecnología óptica contemporánea, con digitalización e intervención de imágenes (el rostro del visitante, por ejemplo), imágenes creadas por computadora, circuito cerrado de televisión, introducción al multimedia y a la realidad virtual, etcétera. Como aplicaciones se presentarán ejemplos de sistemas de conteo (por ejemplo, de glóbulos rojos), identificación de objetos, rotación de figuras tridimensionales, creación de hologramas, estereogramas, etcétera. Se dedicará una sec-



Ventana al infinito. Ilusión óptica de un túnel profundo obtenida mediante las reflexiones sucesivas entre dos espejos planos colgados uno frente al otro, y una serie de foquitos alrededor de los bordes. El observador mira a través de dos pequeñas aberturas circulares raspadas en el espejo frontal.

ción al láser y sus aplicaciones, particularmente las médicas, y al trazado de imágenes con ayuda de una computadora que controla una pareja de espejos.

La generación de fenómenos eléctricos por acción de la luz ha conducido al desarrollo de importantes dispositivos optoelectrónicos, desde las fotoceldas y celdas fotovoltaicas, hasta la máquina fotocopidora. La muestra de optoelectrónica incluirá un sensor infrarrojo, una cámara de termovisión, un CCD (dispositivo de acoplamiento de carga para transformar las imágenes ópticas en eléctricas, usado ampliamente en cámaras digitales), impresora láser y fotocopidora, ambas abiertas para mostrar su complejo mecanismo. Se mostrarán dispositivos fotovoltaicos, señalando la importancia de la energía fotovoltaica como alternativa energética.

SECCIÓN “ENERGÍA SOLAR”

Exposición, en la azotea del edificio, de aparatos construidos en México que sirven para captar la radiación solar y transformarla en otras formas de energía: térmica, mecánica, eléctrica, etcétera. Habrá también aparatos para medir la irradiación solar y un mapa que muestre las zonas de alta irradiación en México. Se insistirá en la gran importancia que la energía solar puede tener en nuestro país si aprendemos a utilizarla de manera adecuada.

SECCIÓN “LA LUZ Y LA BIOSFERA”

La intención de esta sección es mostrar que la luz solar es fuente primaria de la mayoría de las formas de energía presentes en nuestro mundo y que, además, en su interacción con el planeta, ha favorecido las condiciones para que la vida se desarrolle y continúe.

Son dos los componentes principales del planeta con los que interactúa la radiación del Sol: uno es el biológico, que a través de la fotosíntesis hace utilizable la energía solar a todos los seres vivos; otro es el componente físico, donde la luz pone en movimiento casi todos los ciclos de materia y energía (por ejemplo el hidrológico, el balance radiativo, los vientos, el ciclo del ozono, etcétera). Las dos divisiones de esta sección corresponden a estos dos aspectos importantes de la relación entre la luz y la biosfera.



Flor de metal. Se trata de un objeto diseñado por un artista, en forma de flor con pétalos, compuestos cada uno por dos láminas pegadas de metales diferentes. El calor de una lámpara es suficiente para que los pétalos bimetálicos se deformen y la flor se abra. Al abrirse, las láminas se alejan del foco y se enfrían, por lo que regresan a su forma inicial y la flor se cierra. El fenómeno puede continuar indefinidamente.

En el proyecto inicial se contemplaron diversas áreas; algunas se implementaron total o parcialmente, pero otras quedaron pendientes para mejores épocas. Las secciones previstas fueron: *Ecosistema pelágico* (un mural con diorama interactivo de grandes dimensiones, que mostraría la riqueza de organismos y los flujos de energía y materiales movidos por la luz del Sol); *Fotosíntesis y respiración* (una maqueta interactiva de un árbol para mostrar los requerimientos para la fotosíntesis, sus productos, los requerimientos para la respiración y sus productos); *Aparato fotosintético* (una ilustración artística de los diferentes niveles de organización de una hoja); *Fotosíntesis y cadena trófica* (panel interactivo para mostrar en forma

El arte y la estética
debían ser evidentes
en las formas de presentar
y representar
los fenómenos de la luz

esquemática una cadena alimentaria, formada por productores, consumidores primarios y secundarios, y descomponedores de materia orgánica muerta que cierran el ciclo de la materia y la energía); *Ecosistema cerrado en equilibrio* (la ecosfera que se encuentra en exhibición; se trata de un sistema acuático sencillo, cerrado y autosuficiente, que mantiene en equilibrio sus ciclos de materia y energía, con entrada únicamente de luz); *Competencia por la luz* (ambientación de una selva tropical con ayuda de fotomurales, maquetas de plantas e iluminación, para mostrar los distintos estratos en que está organizada la comunidad); *Los sentidos de las plantas* (video que muestre en acción los di-

versos mecanismos que las plantas han desarrollado para detectar y responder de manera óptima a la luz); *Energía fósil* (panel con animación y textos, que muestre el proceso de formación de combustibles fósiles, la evolución reciente de su uso y algunas consecuencias de su uso excesivo).

La segunda sección es *La luz y la atmósfera*; se muestra la otra gran interacción del Sol con la biosfera a través de los componentes físicos del planeta. En el proyecto inicial se contemplaron las siguientes secciones: *Evolución de la atmósfera* (estereovisor con una secuencia de paisajes característicos de las distintas etapas de la evolución terrestre; una primera versión de este equipo está en operación); *La atmósfera en que vivimos* (presentando al globo terráqueo rodeado por la atmósfera, con los diversos efectos que sufre la luz solar incidente sobre las capas, así como los fenómenos atmosféricos a que da lugar y los flujos de energía respectivos); *Propiedades ópticas de la atmósfera* (en un hipermedio puede el visitante variar arbitrariamente las condiciones atmosféricas y observar lo que le pasa a la radiación solar que incide sobre la tierra); *Cambios atmosféricos* (panel interactivo que ilustra en una sección el ciclo del carbono en el planeta y en otra el ciclo del ozono).

SECCIÓN “LA VISIÓN”

El ojo adaptable. Se trata de un modelo de ojo de tamaño regular, parcialmente interactivo, que muestra los componentes anatómicos del ojo y la función de cada uno de ellos en la formación de una imagen en la retina. El cristalino es una bolsa transparente con aceite, en forma de lente biconvexa, cuya curvatura se controla de manera continua cambiando la presión, para simular el acomodamiento del ojo a la distancia. El iris es un diafragma que se puede abrir y cerrar para controlar el paso de la luz. Mediante un juego de lentes externas que modelan el uso de los anteojos se muestra la corrección de la miopía y la hipermetropía. Hay actualmente en desarrollo una versión algo simplificada de este equipo.

SECCIÓN “LA LUZ EN LAS ARTES”

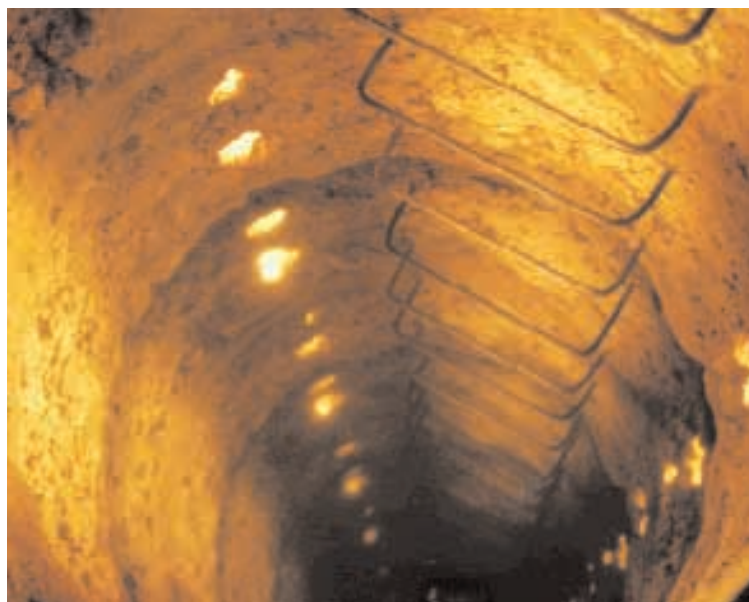
Consideramos que, en todas las secciones del museo, el arte y la estética debían ser evidentes en las formas de presentar y representar los fenómenos de la luz, en el uso de los espacios, y en el diálogo con los visitantes. Pero también habría que abordar específicamente algunos aspectos importantes del uso y de la percepción de la luz en las artes. La exposición se inició con

la presentación de los elementos más objetivos y externos al hombre, para continuar con aspectos relativos a la interacción de la luz con el mundo biológico y a su acción fisiológica sobre el ser humano. Se complementan estos temas con la presentación de algunos usos notables de la luz y la óptica en la vida cotidiana y en la tecnología, y con la ilustración del papel fundamental de la luz en la historia cultural del hombre. Las propuestas referidas a las artes plásticas y escénicas y a la arquitectura permiten concluir este recorrido con una breve ojeada a los aspectos más subjetivos —mas no por ello secundarios— de nuestra relación con los fenómenos de la luz.

Las secciones pendientes de desarrollar son básicamente dos. En la primera, *La luz como protagonista escénica*, se intenta mostrar cómo la dramatización de la expresión corporal de la que ha echado mano la representación teatral desde sus orígenes está basada en la acentuación de los rasgos, movimientos y cambios de escala del propio cuerpo a través de los juegos de luces y sombras a que el cuerpo es sometido y en el efecto psicológico que se produce en quien presencia estos juegos. A través de la evolución de la representación teatral tanto en oriente como en occidente, se han dado ejemplos donde la luz es un elemento claramente protagonista: como ejemplo, el teatro oriental de sombras está basado en el juego de cambio de escala de la figura y del movimiento a través de la proyección luminosa.

La sección interactiva de *Expresión corporal y luz* sería un espacio experimental de al menos $4 \times 4 \times 4$ metros cúbicos, con iluminación y audio controlados por computadora, y con una pared de espejo al fondo, para someter al visitante a diferentes efectos de luz (rasante, concentrada, filtrada, lateral, zenital, etcétera) sobre su propio cuerpo. Fuera de la cabina se presentaría, mediante audiovisuales, la utilización de la luz desde el punto de vista escénico, así como diversas experiencias en teatro; otro audiovisual explicaría los orígenes del cinematógrafo y se proyectarían ejemplos de las primeras experiencias cinematográficas.

En la sección *La luz en la arquitectura* se intenta mostrar cómo las fuentes de luz son determinantes en la apreciación del ámbito espacial. Cortinas de luz horizontales y verticales, haces luminosos, variación de intensidad y tonalidad pueden



Pozo infinito. Aquí vemos un pozo aparentemente muy profundo. Se trata en realidad de una ilusión óptica, pues el dispositivo no tiene más de 60 centímetros de profundidad. Consta de un espejo sobre el piso y otro semitransparente frente a él, para producir múltiples reflexiones del interior, que simula una escalera de emergencia dentro de un pozo pobremente iluminado.

modificar sustancialmente la percepción de un espacio, desde el extremo de la ausencia de luz que crea la total indeterminación y desorientación, hasta la luz homogénea y difusa que crea una experiencia anodina. Tratándose de la luz natural, los asoleamientos sobre los edificios crean áreas de mayor o menor exposición que deben estar relacionadas con las funciones que se desarrollan en sus diversos ámbitos. Las áreas de luz y sombras que el propio volumen del edificio genera son determinantes en la conformación funcional y plástica del mismo.

Se contemplan dos áreas: una es *La luz, creadora del espacio*, un espacio experimental también de al menos $4 \times 4 \times 4$ metros cúbicos, con iluminación y audio controlados por computadora, en el cual a partir de la obscuridad absoluta se iluminan los diversos planos que lo conforman y se crean haces y cortinas de luz de diferente intensidad que modifiquen sus dimensiones, de tal suerte que el visitante paulatinamente vaya descubriendo la forma total del espacio en que se encuentra y la presencia de elementos contenidos en él. La segunda es *La arquitectura bajo el Sol*, maqueta de una casa a través de cuyas ventanas pueda percibirse la penetración de los rayos solares. El modelo estará montado sobre una mesa heliográfica móvil que simule las diversas declinaciones solares a través del año y en latitudes diversas. Estará acompañado de un hipermedio interactivo con un paquete de diseño por computadora (CAD) que explique con mayor profundidad el modo de orientar las construcciones para tener un óptimo aprovechamiento de la luz solar y los factores ambientales que la acompañan.

SECCIÓN “LUZ E HISTORIA”

El área aún pendiente, *La luz en la historia del pensamiento*, estaría formada por un mural artístico con textos ilustrados para mostrar la influencia que en la filosofía y en nuestra concepción del mundo han tenido la luz y los fe-

nómenos ópticos y luminosos diversos (colores, eclipses, arcoiris, espejismos, aureolas, manifestaciones corpusculares y ondulatorias, etcétera) a través de la historia, incluyendo referencias a la luz extraídas de la literatura y la poesía.

Bibliografía

- Díaz y de Ovando, C. (1985), *El Colegio Máximo de San Pedro y San Pablo*, México, UNAM.
- Minnaert, M. (1954), *The nature of light and colour in the open air*, Nueva York, Dover.
- Proyecto del Museo de la Luz* (1995), varios autores, México, Dirección General de Comunicación de la Ciencia, UNAM.
- Zavala, L. (1993), en Zavala, L., M.P. Silva y J.F. Villaseñor, *Posibilidades y Límites de la Comunicación Museográfica*, México, ENAP-UNAM.

Los autores dedican este trabajo con mucho cariño a la memoria de Carlos Vázquez-Yáñez, de inolvidable gentileza y capacidad.

Ana Maria Cetto es maestra y doctora en Física por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y maestra en Biofísica por la Universidad de Harvard. Es investigadora del Instituto de Física, profesora de la Facultad de Ciencias de la UNAM y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha publicado libros, artículos de investigación sobre los fundamentos de la mecánica cuántica, y trabajos sobre temas de ciencia y sociedad. Fue directora de la Facultad de Ciencias, coordinadora del proyecto del Museo de la Luz (UNAM) y directora de la *Revista Mexicana de Física*. Es miembro de la Junta de Gobierno de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y secretaria general del Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU). Fue presidenta del Comité Ejecutivo de las Conferencias Pugwash (Premio Nobel de la Paz 1995). Actualmente se desempeña como directora general adjunta del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a cargo del Departamento de Cooperación Técnica. ana@fisica.unam.mx

Luis de la Peña es ingeniero en Comunicaciones Eléctricas y Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional y doctor en Ciencias Físico-Matemáticas por la Universidad Estatal Lomonósov de Moscú. Es investigador emérito del Instituto de Física y profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM, e Investigador Nacional Emérito (Sistema Nacional de Investigadores). Ha publicado libros, artículos de investigación en el área de física teórica con énfasis en los fundamentos de la mecánica cuántica, y artículos de divulgación y sobre temas de política científica.

Fue vice-presidente de la Sociedad Mexicana de Física y presidente de la Asociación Mexicana de Epistemología. Recibió la Medalla Académica de la Sociedad Mexicana de Física, el Premio Universidad Nacional en Investigación en Ciencias Exactas y el Premio Nacional de Ciencias y Artes en la rama de Ciencias Físicas y Naturales. luis@fisica.unam.mx

