

[PREMIO 1998]

Museo Guggenheim Bilbao

.....
César Caicoya Gómez-Morán

Arquitecto

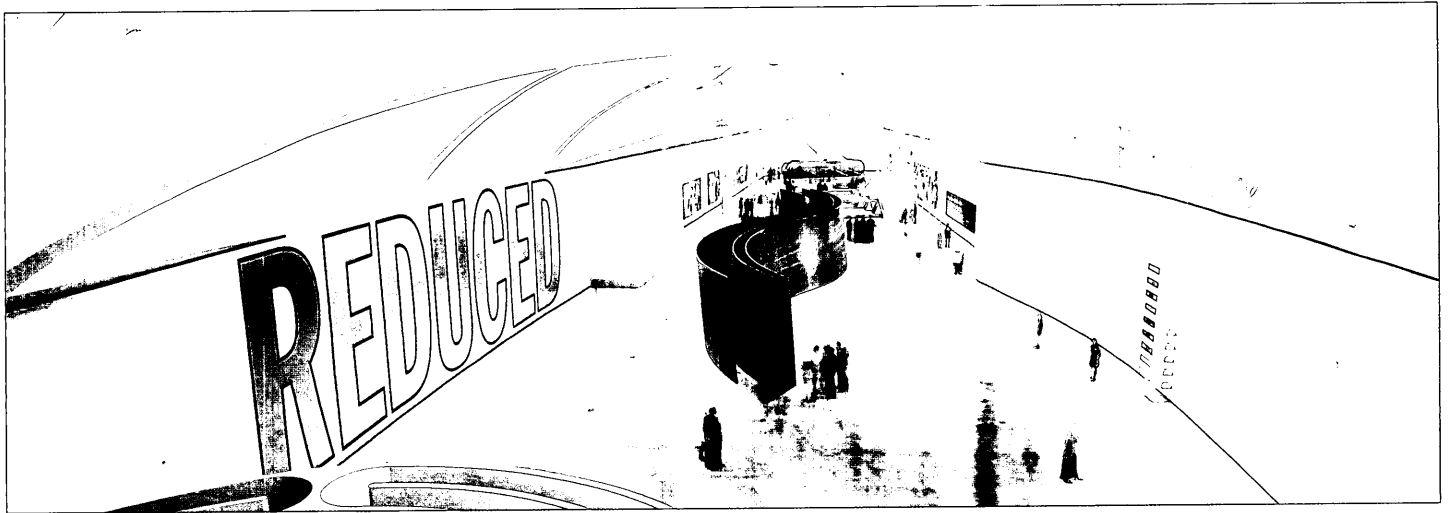
IDOM
.....

RESUMEN

El edificio de Frank O. Gehry ha venido capturando a partir de las primeras fases de su construcción una inusitada atención internacional. En cada etapa de su paulatino crecimiento existían elementos que despertaban fascinación. Primero la magnífica y compleja estructura de acero de complicado diseño. Luego los volúmenes curvilíneos que iban tomando cuerpo. Finalmente el revestimiento de piedra, titanio y cristal. Hoy el Museo es una realidad que se alza majestuosa en el centro del triángulo cultural de la ciudad de Bilbao. El Museo Guggenheim Bilbao sobrevivirá a sus creadores, al siglo XX y a todos nosotros, constituyendo un titánico legado para las próximas generaciones.

ABSTRACT

The Frank O. Gehry building, right from the first phases of its construction, has captured unusual international attention. In each stage of its ongoing development there have been elements which have awakened great fascination. First the magnificent and complex steel structure of complicated design. Then the curved volumes starting to take shape. Finally the stone, titanium and glass facing. Today the museum is a reality which stands majestically in the centre of the cultural triangle of the city of Bilbao. The Bilbao Guggenheim museum will outlive its creators, the XX century and all of us, becoming a titanic legend for generations to come.



El proyecto del Museo Guggenheim Bilbao surge de una conjunción de intereses. Por un lado las instituciones del País Vasco que, tras un rápido proceso de desindustrialización del país, programan en los últimos años de la década de los 80, un cambio de actividad dirigido a impulsar el sector servicios apoyándose en la transformación de las comunicaciones (aeropuerto, de S. Calatrava; Metro, de N. Foster; estación intermodal, de J. Stirling; superpuerto; puentes sobre la ría de Bilbao, etc.), en las nuevas tecnologías (parques tecnológicos de Zamudio, Miramón y Miñano) y en la cultura (Museo Guggenheim Bilbao, de Frank O. Gehry, Palacio de la Música y Congresos de Bilbao, de F. Soriano; Palacio de Congresos de San Sebastián, de R. Moneo, etc.). Uno de los principales catalizadores de este cambio habría de

ser el Museo Guggenheim Bilbao, según se planeó.

Por otra parte, la Solomon R. Guggenheim Foundation, pese a su recién acabada ampliación de la sede de la Quinta Avenida (Ch. Gwathmey) y la reforma de la del Soho (A. Isozaki), ambas en Nueva York, no tenía capacidad expositiva suficiente para mostrar su magnífica colección de arte moderno y contemporáneo (un 94% de sus fondos estaban almacenados), por lo que ya llevaba unos años buscando una alianza en Europa (Salzburgo, Venecia, Berlín...).

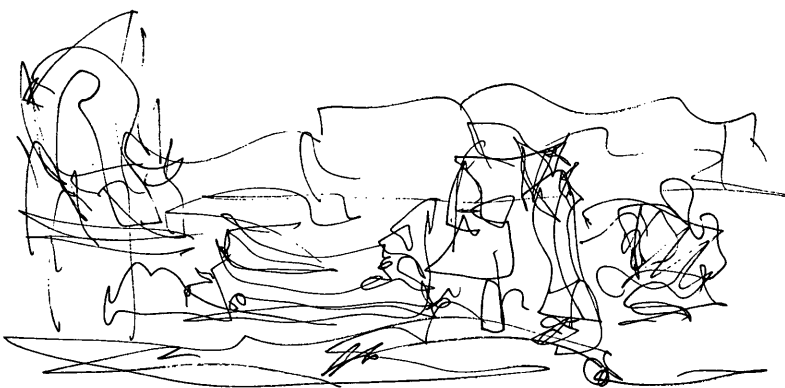
Así, en 1991 se llega a un acuerdo por el que, en síntesis, las instituciones del País Vasco aportan el inmueble y una colección propia y la Solomon R. Guggenheim Foundation su conocimiento museográfico y su colección.

El interés de las dos partes no es sólo el de tener un museo, sino el de activar todo un proyecto cultural que regenere el tejido urbano de Bilbao y además sirva de signo internacional del nuevo rumbo que toma el País Vasco.

Los requerimientos a los que el proyecto del Museo Guggenheim Bilbao debía dar solución incluían aspectos de muy diversa índole.

El terreno se sitúa en la frontera entre el ensanche clásico de los siglos XIX y XX y la ría postindustrial, y está deprimido 10 m. respecto a la cota de la ciudad y atravesado por un gigantesco puente de tráfico rápido ajeno al sistema viario estrictamente urbano.

Desde el punto de vista funcional se pedía un museo de arte moderno y contemporáneo capaz de exponer obras de arte de todo tipo y tamaño (desde una escultura de 45 m de largo y 60 t de peso, hasta un pequeño boceto de 15 x 15 cm), con unas características tales que el vi-



Bilbao, 1991
Frank O. Gehry

sitante de cualquier cultura y condición encontrara un ambiente amistoso y confortable, para así asimilar mejor lo expuesto.

Se deseaba un edificio que tuviera al menos tanto valor artístico, cultural y de atracción como el contenido, de tal manera que su lenguaje formal arquitectónico fuera una expresión del deseo de las instituciones del País Vasco de terciarizar la ciudad.

Por último la calidad edificatoria debía ser tal que no planteara problemas a un contenido de gran valor cultural y económico y, por otra parte, que la obra permitiera un fácil mantenimiento y una gran durabilidad, siempre dentro de un costo y un plazo fijos.

Tras un concurso entre tres estudios de arquitectura (Arata Isozaki, Coop. Himmenblau y Frank O. Ghery) seleccionados como representantes de tres continentes, el jurado reunido en Francfort y presidido por Heinrich Klotzle, otorgó el 1er premio a la propuesta de Frank O. Gehry.

En el proyecto ganador, Frank O. Gehry se libera tanto del seguimiento de la modernidad como del romántico recurso a la memoria histórica, utilizando un lenguaje arquitectónico libre, optimista y fresco, que probablemente supone un paso de página en la historia de la arquitectura, y del que son protagonistas la luz y el espacio, a los que les añade la cuarta dimensión del tiempo por medio del

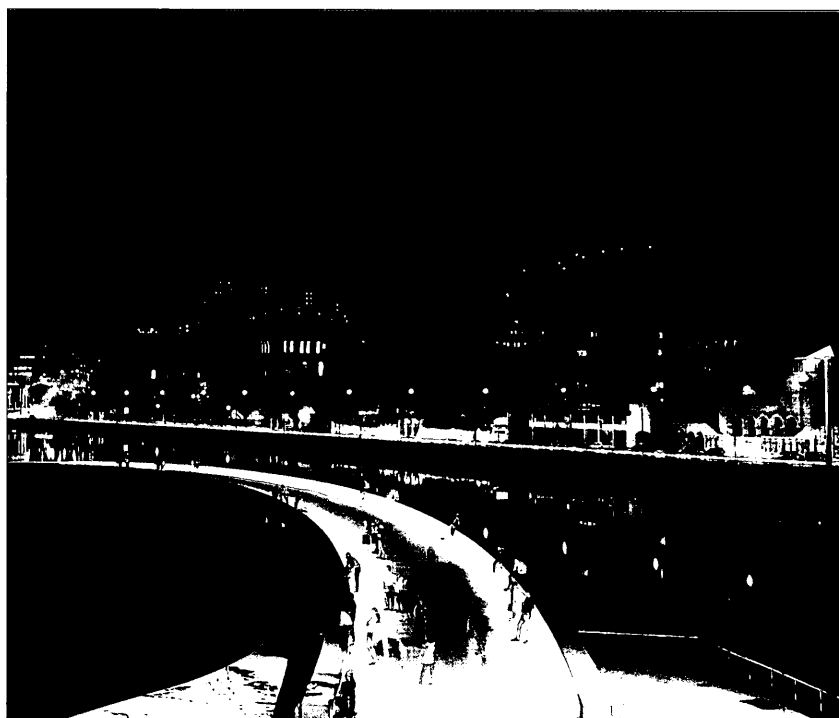
movimiento de las formas del edificio y del recorrido de sus espacios.

Así, en las proximidades de la ría postindustrial se colocan los volúmenes de titanio de complejos perfiles que acogen el atrio y las galerías de formas curvas. El enlace con la ciudad se realiza mediante cuerpos prismáticos de piedra que albergan las salas rectangulares en concordancia con las alturas y el lenguaje formal de

la ciudad. El impacto paisajístico del tablero del puente de La Salve, se absorbe mediante la bellísima torre de compleja geometría en piedra curva (70 m. de alto) y los impactantes lucernarios de la gran galería de exposiciones temporales que pasa bajo el puente. Se cede a la ciudad la plaza peatonal de piedra de acceso al museo, así como el paseo de ribera que enlaza peatonalmente con el puente

de La Salve a través de la torre y que dialoga con la ría mediante el paso peatonal que vuela sobre ésta y las láminas de agua que lamen los basamentos de distintos cuerpos edificatorios. Además, se crea una rampa-escalinata pública que enlaza la plaza urbana con el paseo de ribera.

En el proyecto ganador, Frank O. Gehry se libera tanto del seguimiento de la modernidad como del romántico recurso a la memoria histórica...



Por otra parte, el tratamiento del museo, fracturado en diversos volúmenes, consigue, a pesar de sus casi 30.000 m² y de espacios de hasta 54 m. de altura, una escala urbana y humana en virtud de la cual ningún cuerpo se impone a la ciudad, permitiendo además que su enorme fuerza estética no grave sobre el visitante.

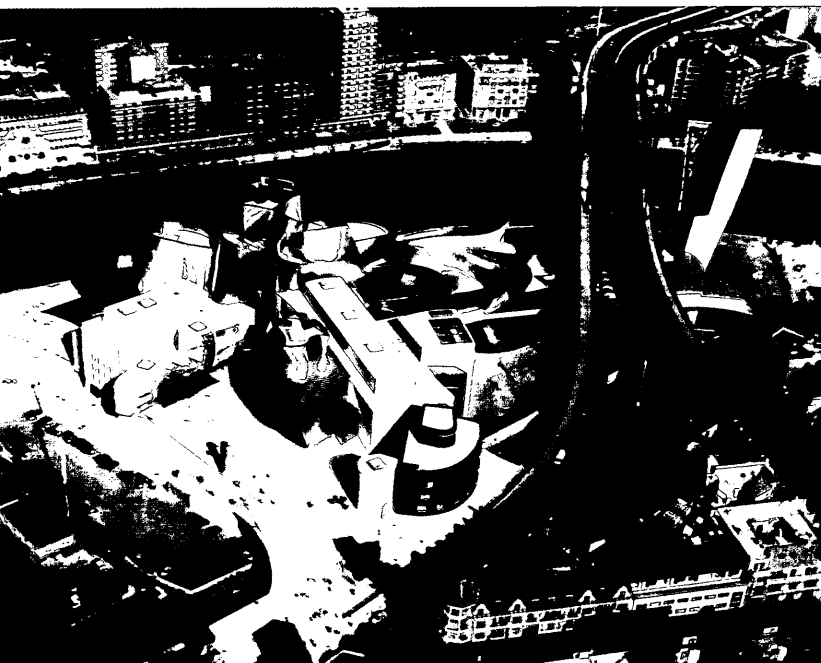
Se concibe el museo como una "constelación de espacios" de variadas formas, tamaños y materiales (desde una galería de 3.200 m² revestida de titanio, enfrentada a otra de 15 m² revestida de piedra curva), unidos entre sí mediante complejas "rótulas" de cristal que articulan cada volumen alrededor de un gran espacio común (el "atrio" de 45 m. de alto), el "corazón" del museo, de tal modo que el visitante, desde este espectacular espacio de aire catedralicio que alberga el núcleo de comunicaciones verticales y horizontales, puede elegir el recorrido museográfico que desee, entrando y saliendo una y otra vez del mismo, paseando por las grandes cristaleras que ofrecen vistas cruzadas sobre la ría y la ciudad, encontrando así el descanso intelectual y visual, que le permita acceder a otra sala relajado y con nuevo ímpetu.

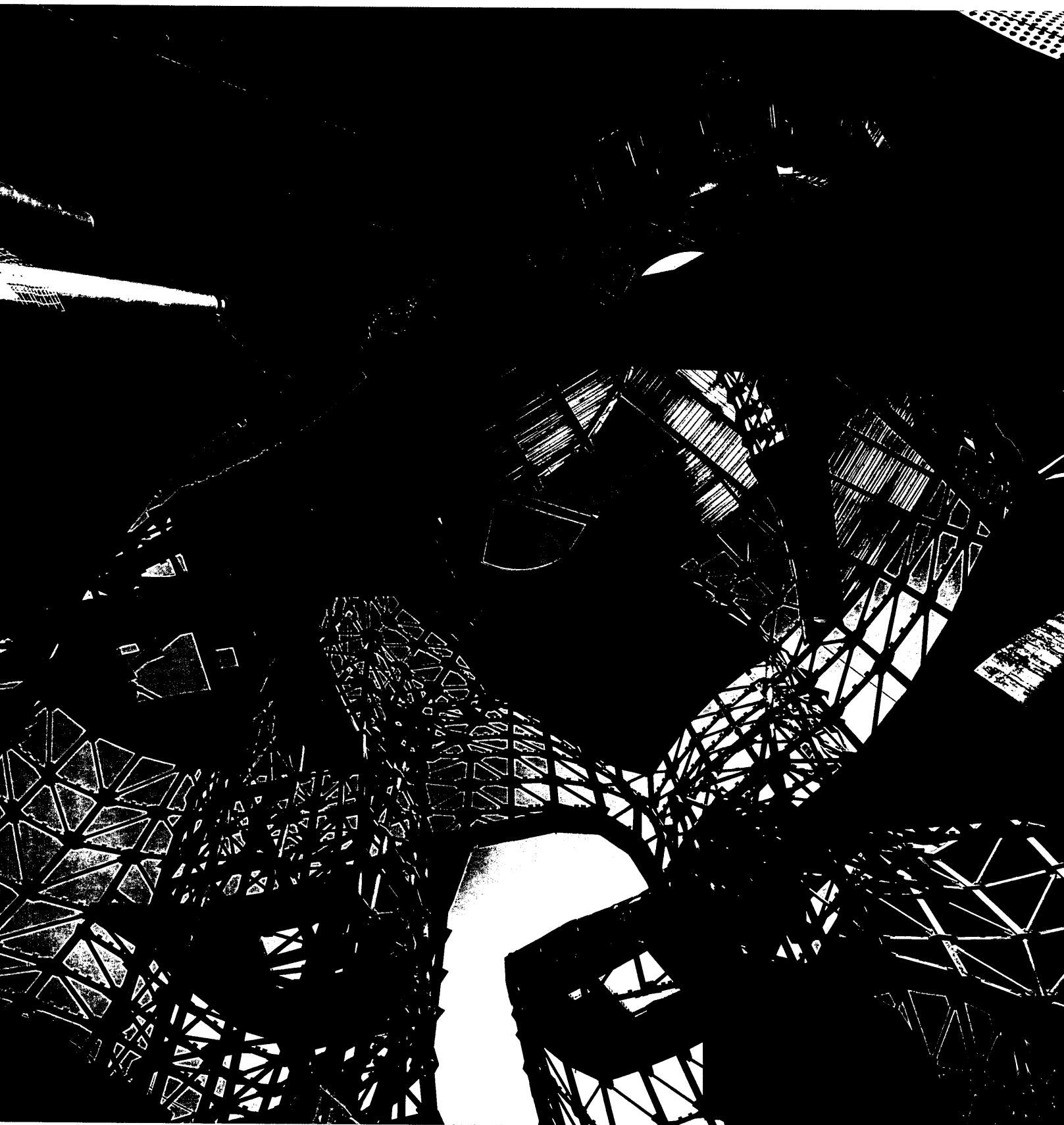
En general, cada galería o función se concibe como un cuerpo edificatorio con un tratamiento plástico y funcional diferenciado. Así, el atrio y las galerías curvas (Nemo, Zorro, River, Fish, Boot) se construyen como cuerpos metálicos de doble curvatura, acabados con "escamas" de titanio de 0,38 mm de espesor engati-

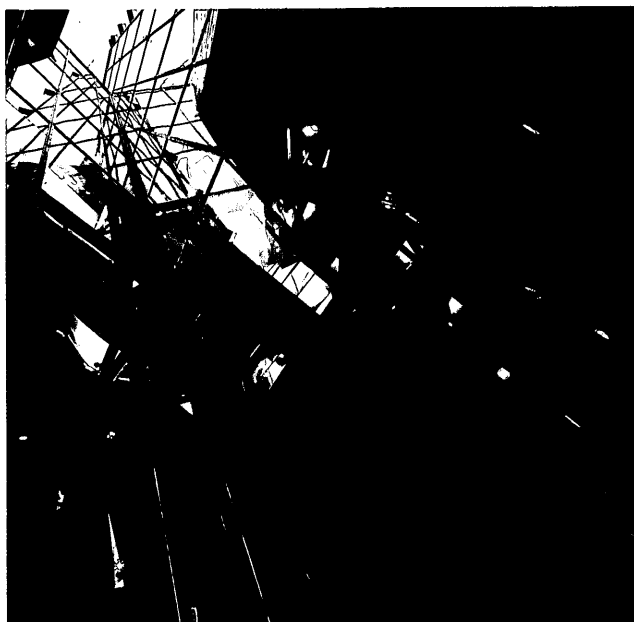
lladas a grapas de acero inoxidable, que además de su valor plástico, permiten tanto una perfecta adaptación a la gran complejidad geométrica de las fachadas metálicas ligeras (45 Kg/m²) como la continuidad en todos los paramentos de los volúmenes, salvando así la tradicional división entre paredes recubiertas. De este modo, y aun prescindiendo del ornato, se confiere al edificio un gran movimiento, lo que le permite recuperar, cara al viandante, la amabilidad arquitectónica acaso perdida por la modernidad.

Como contrapunto, las galerías rectangulares y otros volúmenes edificatorios se conciben como cuerpos prismáticos revestidos de piedra caliza del sur de España, color ámbar de gran densidad y baja porosidad, lo que conforma un carácter estático que contrapesa los volúmenes de formas libres del titanio, anclando así el edificio al terreno. Esta ley (superficies planas=superficies de piedra), se rompe en determinados lugares, como en el edificio azul de administración -la "cabeza"-, de superficie cilíndrica, o en la cafetería del Fish y en la torre tras el puente de La Salve, así como en las torres interiores del atrio donde la piedra es tallada con doble curvatura mediante una fresadora de control numérico para formar superficies de gran belleza y complejidad.

La conexión entre los diferentes cuerpos edificatorios de titanio y piedra (así como en el







atrio), se realiza mediante muros cortina de cristal incoloro y estructura de acero que juegan, por lo tanto, un importante papel desde el punto de vista compositivo en tanto que piezas que engranan la citada "constelación de espacios" que conforman el edificio además de permitir la entrada de la luz y las vistas hacia el exterior. Cada uno de ellos se ha tratado como un elemento independiente, llegándose a resultados de una elevada complejidad formal que ha requerido una labor ingente de ingeniería, fabricación y montaje, siendo los casos más extremos

El Museo Guggenheim Bilbao asume una arquitectura no dogmática sino contingente, en la que se acepta el natural pluralismo humano.

en este sentido correspondientes a las zonas "faceteadas", en las que los muros cortina normalmente inclinados, aquí se curvan mediante el empleo de vidrios triangulares. Así mismo, las zonas vidriadas cumplen las funciones de baja emisividad, aislamiento térmico, antivandalismo, aislamiento acústico y control riguroso de los rayos ultravioletas e infrarrojos. Para la iluminación natural de las galerías

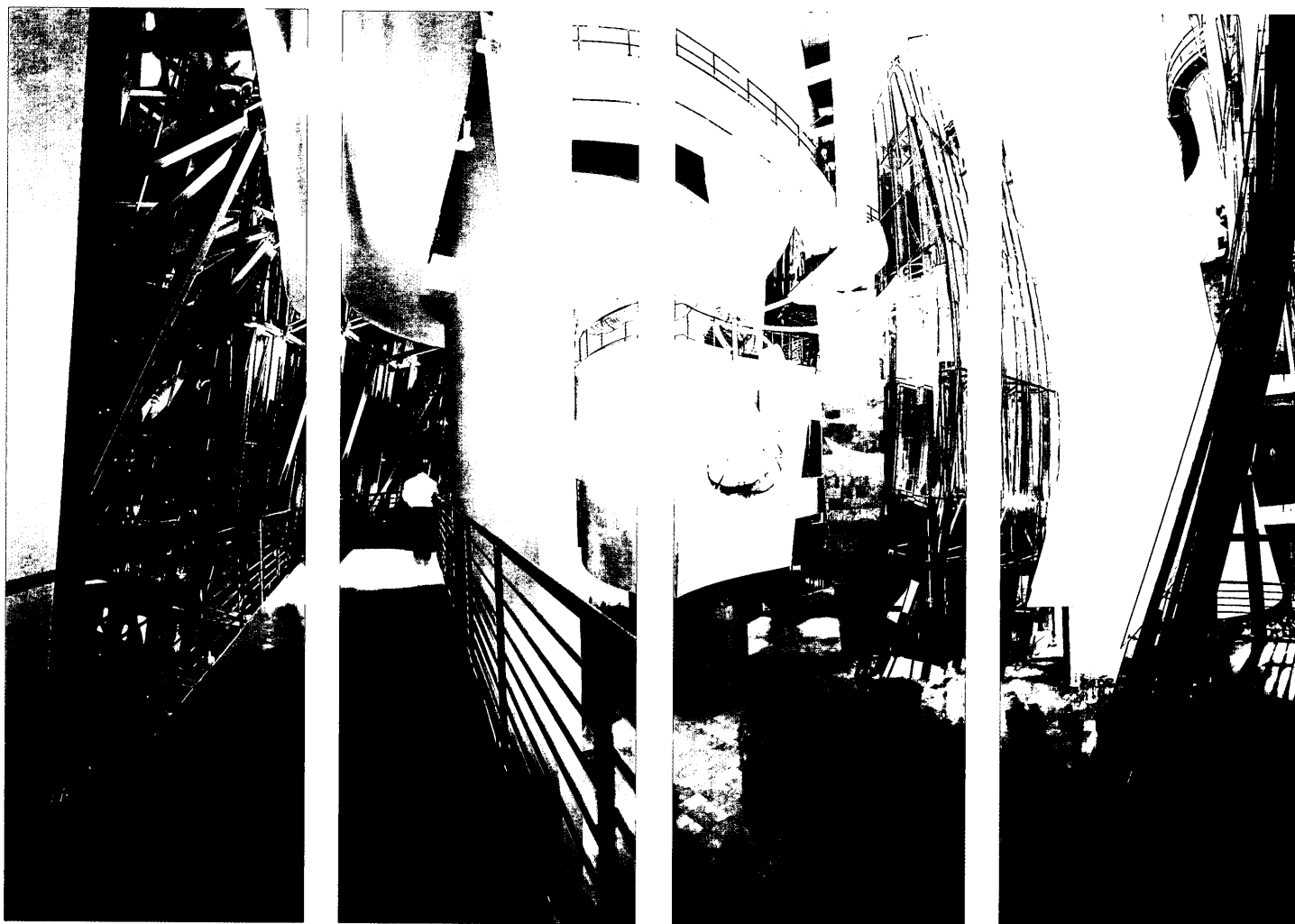
se utiliza el sistema de lucernarios cenitales, para evitar deslumbramientos, confiando el riguroso control lumínico al flexible proyecto de iluminación artificial.

El Museo Guggenheim Bilbao responde al deseo de disponer de un edificio cuya calidad

estética y funcional tenga al menos tanto atractivo como el contenido. El Museo ocupa una superficie total de 24.000 m²; de ellos, 11.000 m² están destinados a salas de exposiciones: las Galerías Este y Oeste para colecciones permanentes, y la Galería Temporal, donde se instalarán las muestras de carácter itinerante. El resto de la superficie alberga servicios e instalaciones de uso público, como el auditorio, restaurante, cafetería, tienda y espacios de circulación y auxiliares, o bien salas y galerías de instalaciones y Servicios Técnicos de almacenes y Museo.

El proyecto define por tanto las tres galerías de exposiciones, y sobre estos tres elementos principales del Museo gravitan el resto de estructuras, cubiertas y anexos; bajo ellos, los corredores de instalaciones que los interconexiónan, de forma que se puede hablar de un solo edificio aunque no de un solo bloque. El edificio es en realidad un conjunto de estructuras casi independientes entre sí, comunicados bajo rasante por las galerías de instalaciones y entrelazadas a diferentes niveles por rampas, pasarelas y vestíbulos comunes.

De esta forma el arquitecto Frank O. Gehry, posiblemente el más influyente del mundo hoy en día, ha conseguido adaptar el proyecto a unos terrenos de características muy particulares, puesto que el solar, de 46.000 m², tiene una forma triangular irregular, limitando su fachada más larga al Norte, con la Ría, y al Sur, con la línea del ferrocarril. El acceso por este lado se soluciona con una plaza elevada sobre las vías del tren. Los terrenos



quedan atravesados, además, por el Puente de la Salve, a una cota variable elevada.

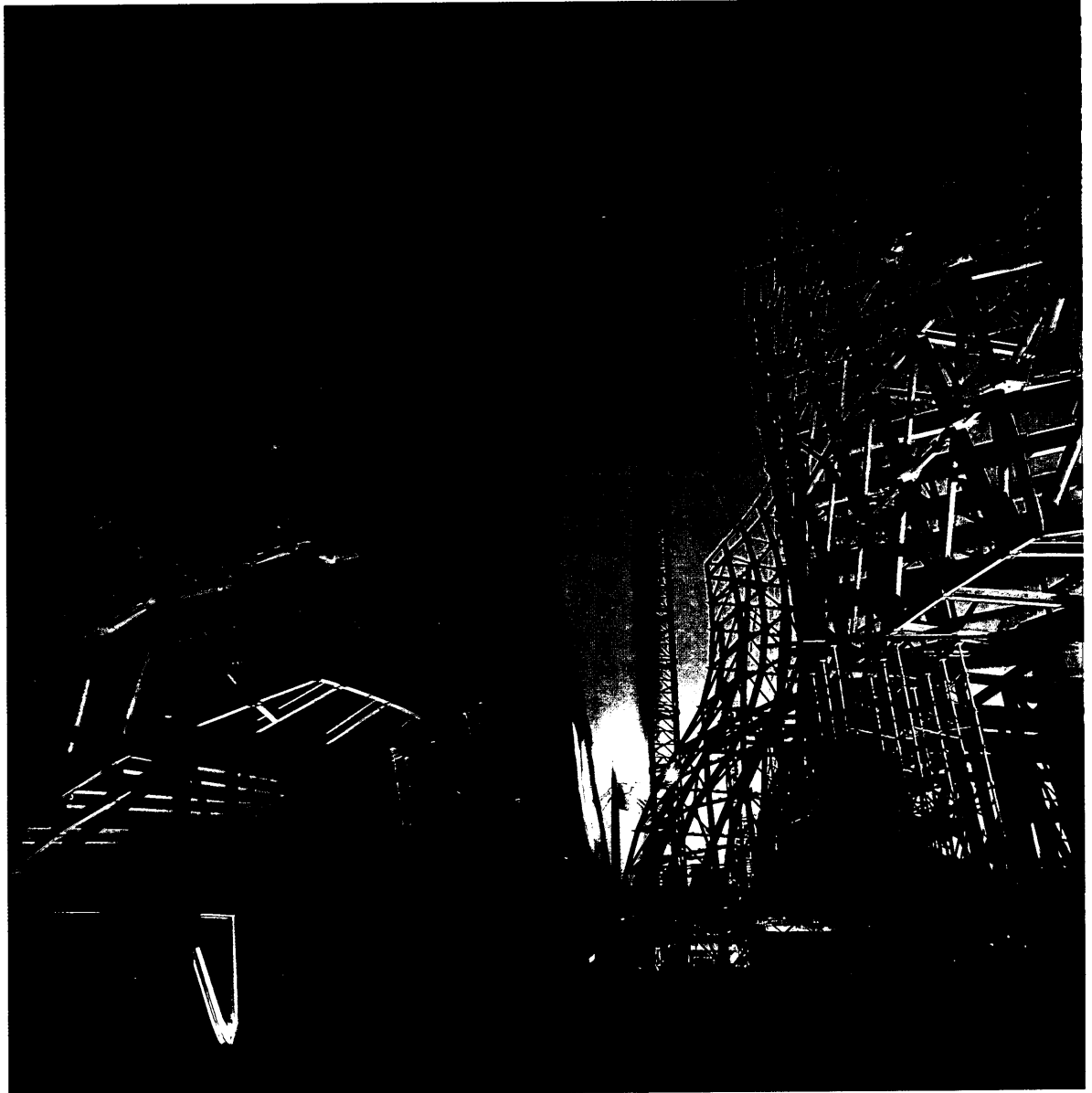
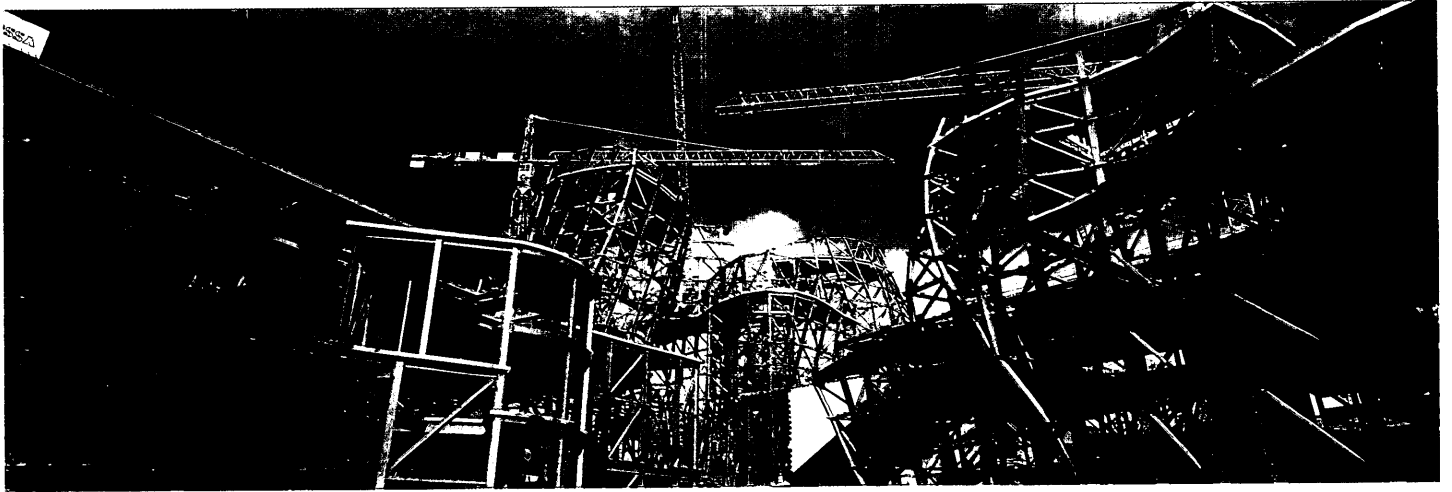
El edificio en su conjunto consta de una planta baja y tres altas, además de una torre abierta que surge al otro lado del Puente con un cometido puramente simbólico. Las zonas de exposiciones se organizan alrededor de un atrio central, en el que un sistema de pasarelas curvilíneas, ascensores panorámicos y torres de escaleras conectan las galerías dispuestas concéntricamente en tres de sus niveles. La escala sin precedentes de este atrio, que se alza sobre la Ría a una altura de más de 50 metros, es una invitación a las instalaciones monumentales y a los eventos multitudinarios. Asimismo, en la plaza ubicada sobre las vías del tren se erige un bloque de oficinas para la Gerencia del Museo.

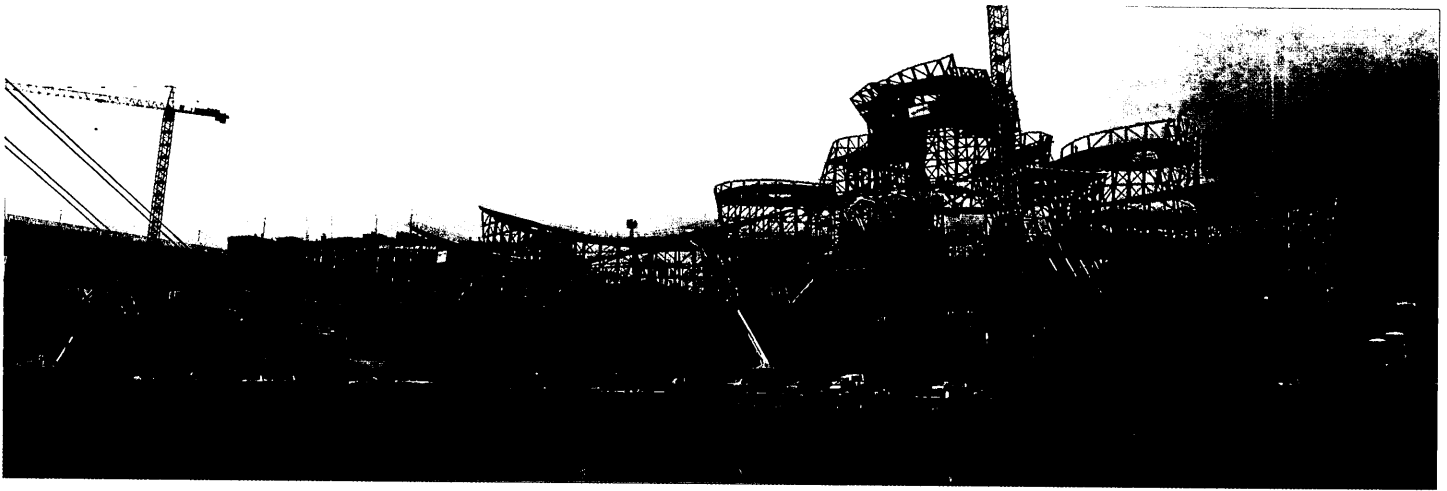
Los trabajos de las distintas fases de construcción se describen en ficheros informáticos de modelos de ordenador, desarrollados con un programa de diseño tridimensional llamado Catia, utilizado por Frank O.

Gehry para diseñar superficies complejas, por lo que es imprescindible la capacidad de leer, interpretar y procesar ficheros de este programa para lograr una perfecta comprensión del diseño, desarrollo de planos de taller y, por lo tanto, para la realización de los trabajos.

La mecánica a desarrollar consiste en obtener cuantas secciones de las superficies se deseen, y aproximarlas a arcos de circunferencia, con objeto de proceder al cálculo, dimensionamiento y fabricación de las estructuras soporte de los distintos revestimientos.

Nacido de la investigación aeronáutica (se aplica en la industria aeroespacial), Catia es una aplicación de diseño tridimensional muy compleja que sirve para trazar superficies curvadas mediante control numérico finito. Esta herramienta permite la traducción a fórmulas matemáticas de la digitalización de una maqueta que el arquitecto ha creado artesanalmente ("diseño de formas").

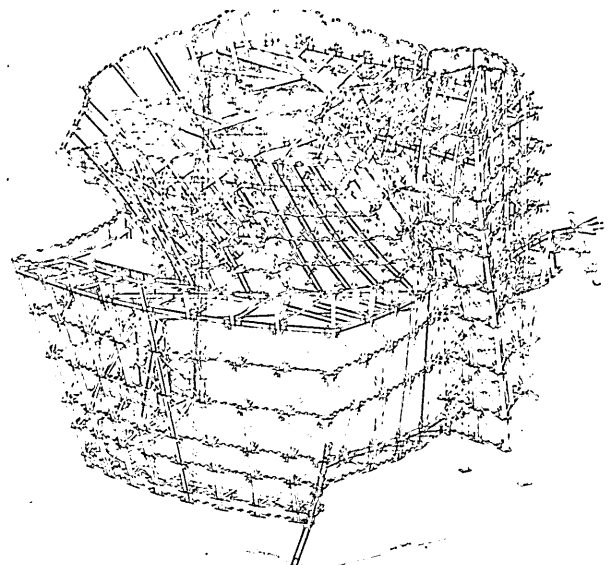
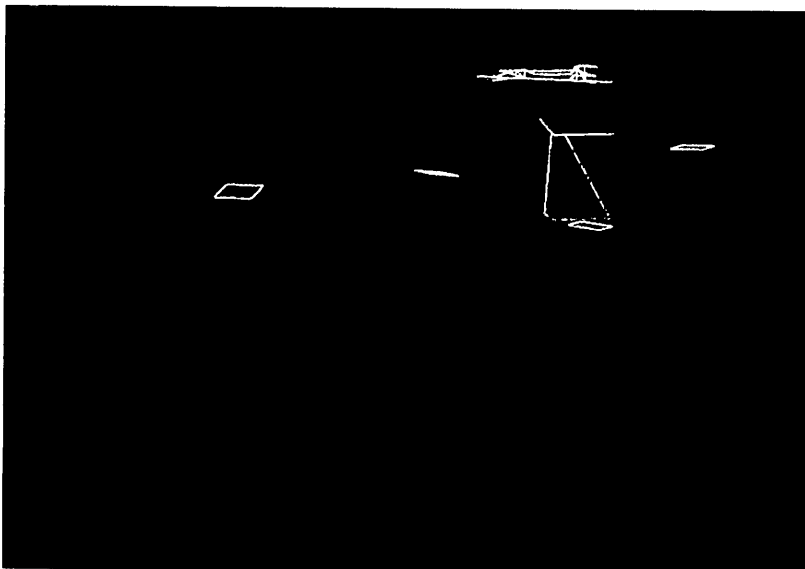




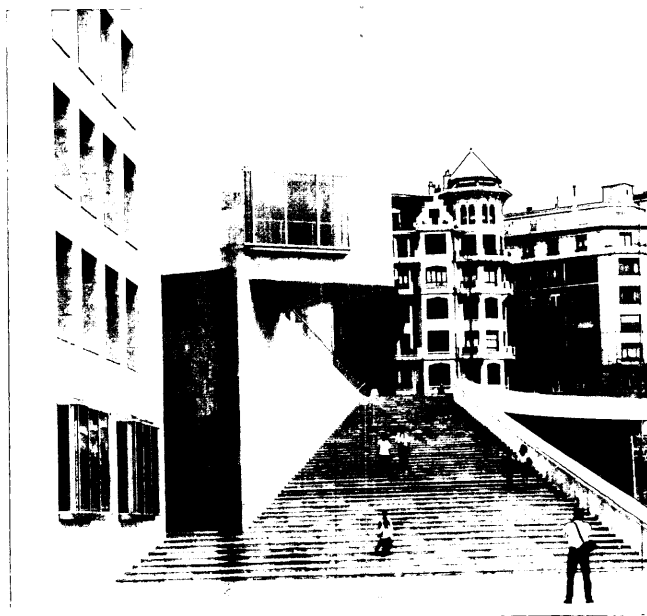
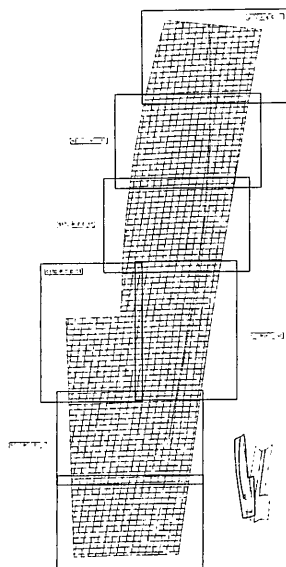
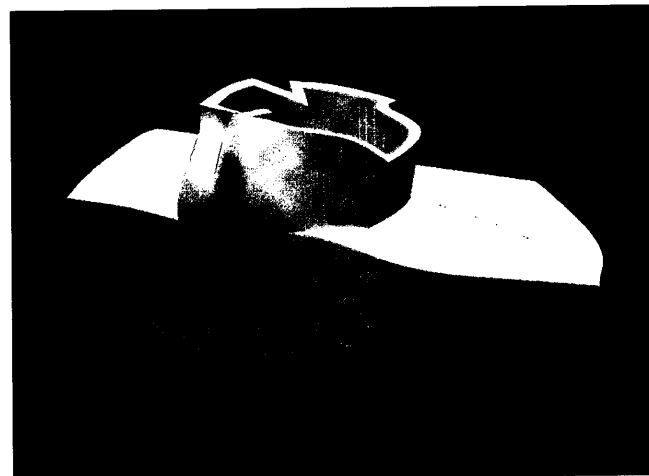
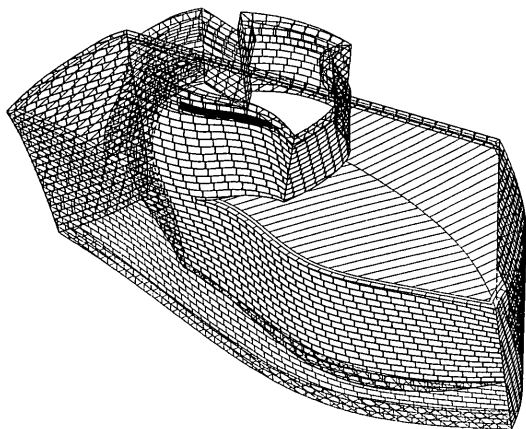
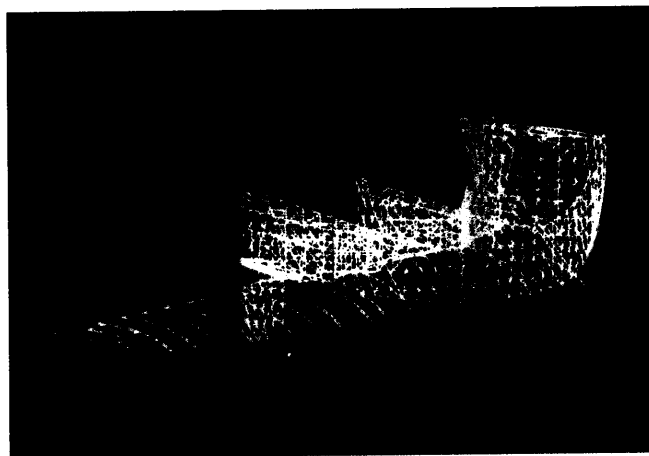
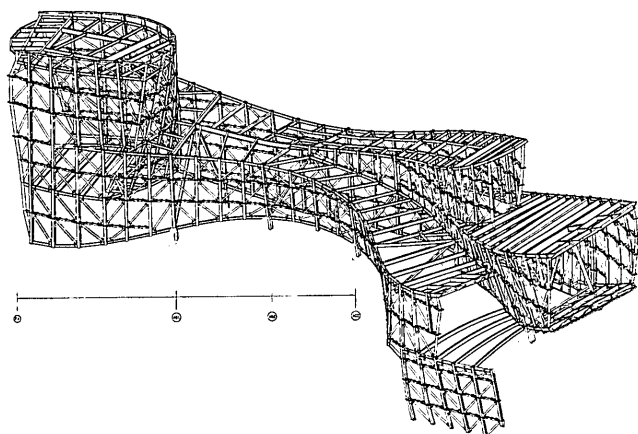
Al someter a escáner esa maqueta, el programa informático generó las líneas maestras de todos los volúmenes. Al superponerse las superficies con los planos de estructura de los edificios, se obtienen los puntos y líneas de contacto. Estos datos, como ya está indicado anteriormente, son la fuente de información básica para el control dimensional en el proceso de fabricación de los sistemas específicos del edificio, tales como la estructura de acero, los revestimientos de titanio, cartón- yeso o vidrio, así como el corte automatizado de los demás materiales, como la piedra, por ejemplo.

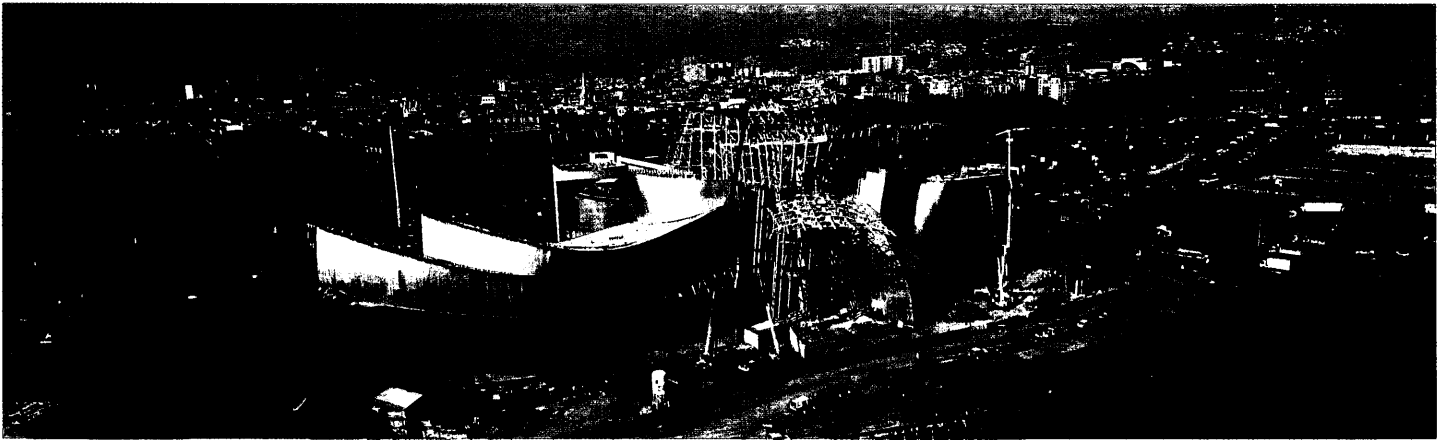
La cimentación se ha realizado mediante 664 pilotes de diferente diámetro, de más de 14 metros de longitud media. En algunos casos, se ejecutaron con encamisado metálico al encontrarse en zonas de posibles corrientes subterrá-

neas. Sobre estos pilotes y varias grandes losas de hormigón armado, se levantan las estructuras de acero laminado que configuran el esqueleto de los distintos núcleos del edificio. Sobre la estructura principal se proyectan una serie de estructuras metálicas mucho más complejas, tanto por sus extrañas formas como por su ubicación y dimensiones. Se definen, al menos, nueve estructuras metálicas no convencionales y de gran complejidad formal, soportes de los revestimientos exteriores e interiores, bajo nombres propios tan ilustrativos como Potem Zorro, Nemo, Flower, Beppo, Boot o Canopy. Se trata de verdaderos mecanos de volúmenes curvilíneos con los que se obtienen esas formas arquitectónicas tan particulares que recuerdan la proa de un barco de guerra o la visera de una



SELECCIÓN DE MODELIZADO EN BOCAD Y CATIA





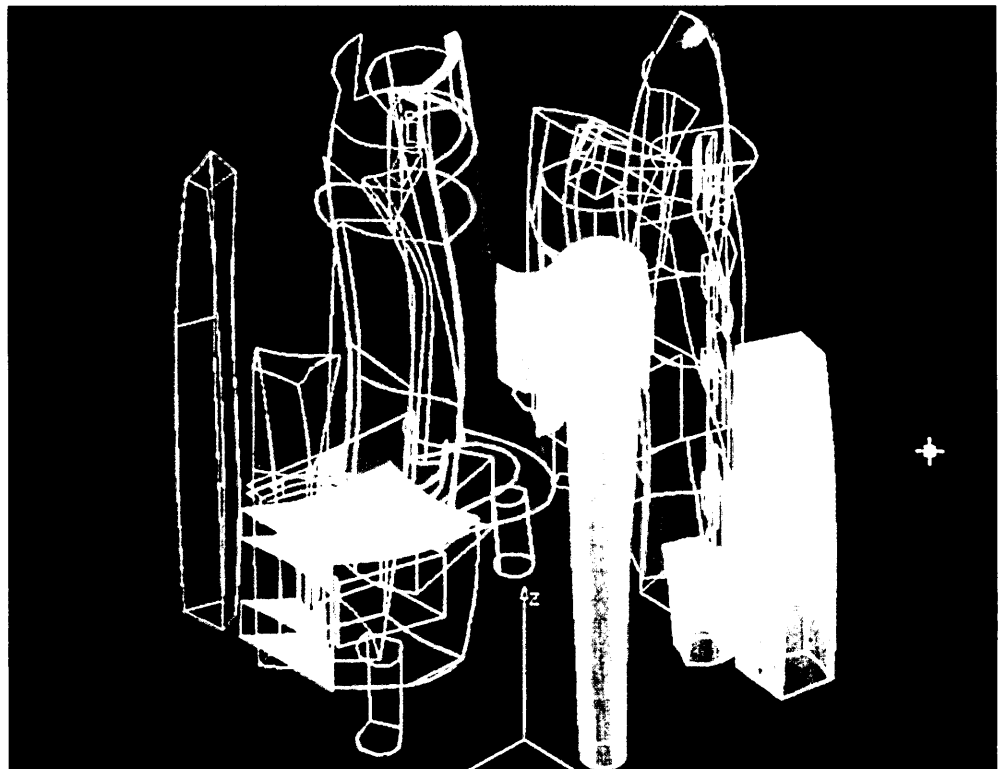
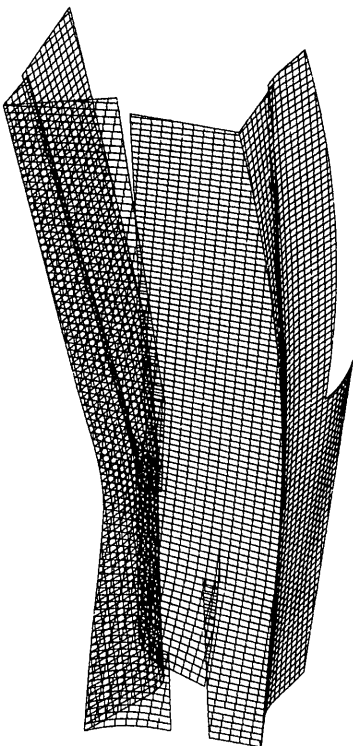
gorra de béisbol. El revestimiento exterior de titanio que se coloca sobre ellas destaca aún más ese efecto espectacular y vanguardista, en contraste con las otras fachadas rectas del edificio que están acabadas en aplacados de piedra caliza o muros cortina.

Una de las características principales de la estructura que comentamos es precisamente que no hay dos piezas iguales o simétricas, sino que cada perfil ha sido diseñado y cortado a su medida exacta. Asimismo, no hay dos nudos iguales, por lo que el trabajo de ingeniería para el diseño y cál-

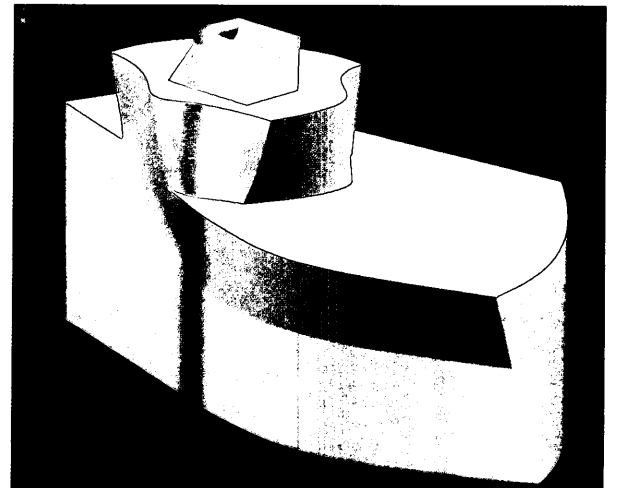
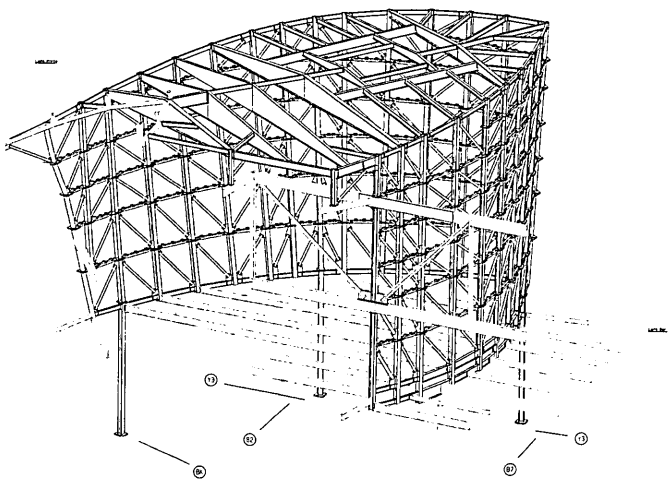
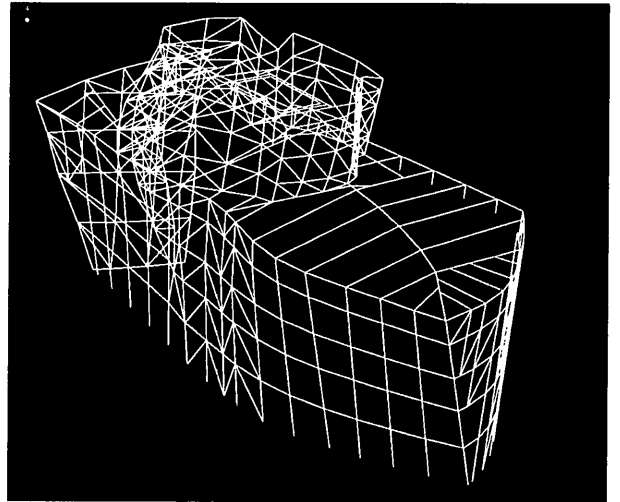
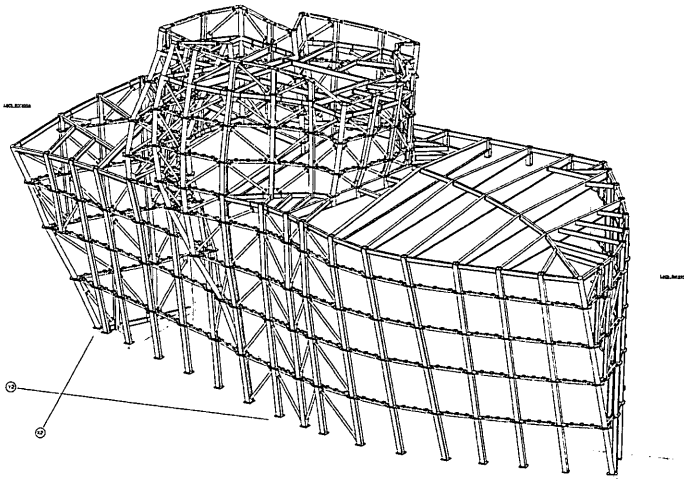
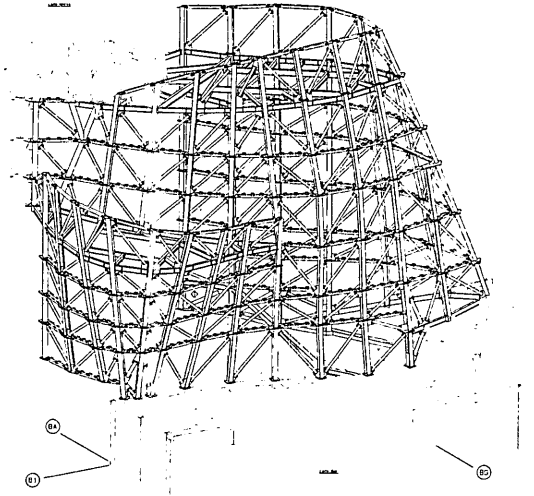
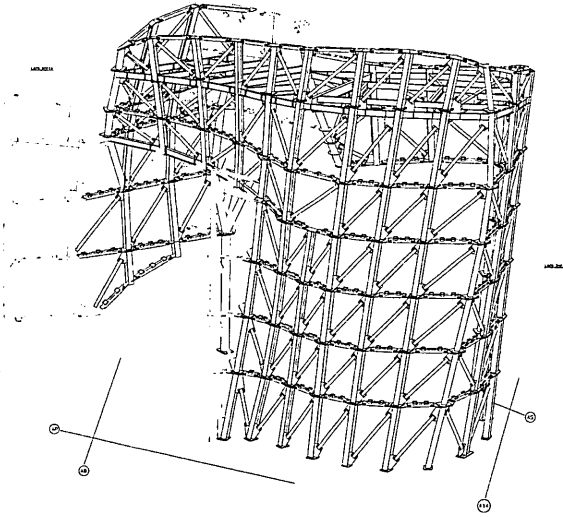
culo de los mismos ha sido tremendamente exhaustivo.

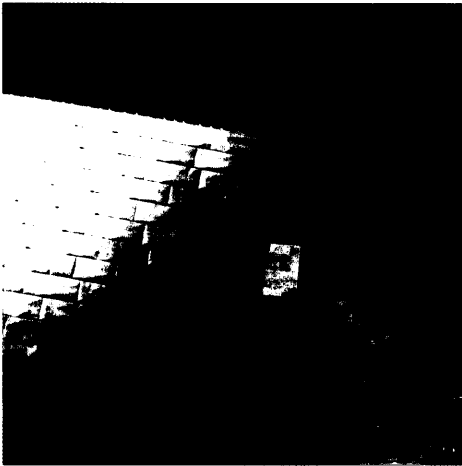
La estructura primaria, atornillada, está formada por una malla de perfiles metálicos que define, de una forma ya muy aproximada, la geometría del volumen. La disposición y forma de los diferentes elementos están justificadas no sólo por su misión estructural, sino también por la estrecha relación que guardan con los cerramientos, tanto interiores como exteriores.

La retícula estructural de las paredes está compuesta por una serie de líneas verticales o colum-



SELECCIÓN DE MODELIZADO EN BOCAD Y CATIA





nas (perfiles HEB), y otro de líneas horizontales cada tres metros (perfiles tubulares de sección rectangular), con los correspondientes arriostramientos diagonales.

El proceso de elaboración de los planos constructivos para la posterior fabricación de la estructura metálica ha sido el siguiente:

A) Modelización básica de la estructura.

Se genera, mediante sistemas de CAD, un modelo tridimensional de la estructura del proyecto, mediante los siguientes métodos:

- a) Lectura de coordenadas de los extremos de los ejes de las barras que forman la estructura y su consecuente representación espacial automática, tomando los datos de un archivo transmitido mediante soporte magnético.
- b) Lectura directa del modelo gráfico tridimensional, previamente creado, recibido sobre soporte magnético.

B) Modelización de piezas para fabricación.

Una vez obtenido el modelo base de la estructura, se procede a la definición detallada y exacta de los distintos elementos que físicamente la componen, mediante la utilización de un modelo sólido:

- a) Posicionado de los sólidos que representan las barras que forman el entramado estructural, colocadas sobre los ejes base, teniendo en cuenta la forma y orientación de su sección en el espacio.
- b) Definición de la forma y detalles de los extremos de las barras en función de las limitacio-

nes impuestas por las barras concurrentes en cada nudo y por el tipo de unión a realizar.

C) Numeración y recuento de componentes.

Después de haber modelado un conjunto de piezas lo suficientemente extenso como para formar un grupo de fabricación o de montaje coherente con el Plan de Desarrollo de los Trabajos, se procede a la adjudicación de marcas de identificación así como a su recuento para la elaboración de las listas definitivas de materiales

Cada marca representa una pieza o grupo solidario de piezas que se envía a obra para su montaje. Si una marca se compone de varios elementos simples, estos se refieren como submarcas.

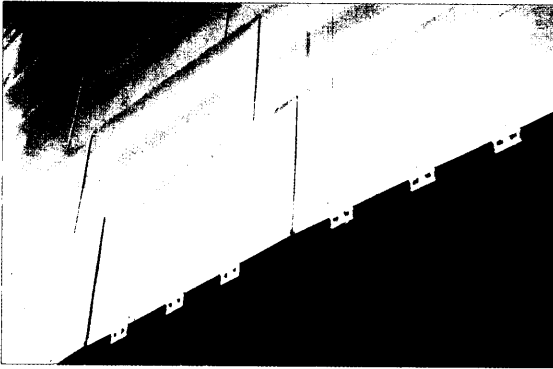
D) Planos y croquis de fabricación.

Para cada pieza se realiza una información individual mediante la generación de planos o croquis en los que se detalla, con criterios de fabricación, su forma. Esta información se realiza a base de incorporar vistas, secciones y detalles complementarios que permitan conocer exactamente la pieza a fin de poder hacer el corte, mecanizado y armado.

E) Procesos CAM.

Las piezas que en su proceso de fabricación, prácticamente todas, van a ser trabajadas en máquinas gobernadas por un CNC (Control Numérico de Corte), son procesadas de forma complementaria a fin de obtener los programas de CNC necesarios para su elaboración.

Esto se realiza mediante el tratamiento individualizado de cada pieza que, tras una preparación



complementaria, dependiente del tipo de mecanización a recibir, permite, mediante un postprocesador, la obtención automática del programa pieza para el CNC.

En el proceso de montaje se han realizado prearmados, tratando de evitar el subir pieza a pieza, ya que así se producen menos situaciones de riesgo para los equipos de montaje.

Todo el sistema constructivo está encaminado a hacer posibles las formas creadas desde las maquetas. Los cerramientos se componen de diversas capas que permiten realizar la transición entre la forma poligonal de la estructura primaria y las superficies exterior e interior de curvatura complejas.

Estas capas o niveles son, hacia el exterior: la estructura secundaria (definición de la curvatura horizontal), la estructura terciaria (definición de la curvatura vertical), el forro de chapa galvanizada, soporte tanto de la impermeabilización como del aislamiento térmico, y el recubrimiento exterior de escamas de titanio.

La estructura secundaria se fija a los elementos horizontales de la primaria, y está compuesta por perfiles galvanizados de sección abierta en C, perpendiculares al plano de fachada y regulables en profundidad. En sus extremos se fija el tubo que define la curvatura horizontal de la superficie. El sistema está concebido para absorber las tolerancias de la estructura primaria y permitir una colocación precisa, con un margen de error muy pequeño, del tubo horizontal. La estructura terciaria está compuesta por perfiles abiertos de acero galvanizado, dispuestos verticalmente cada 60 cm. y fijados mediante abrazaderas a los tubos horizontales. La chapa galvanizada de 2 mm de espesor, atornillada sobre la estructura terciaria, constituye el auténtico cierre de los volúmenes metálicos. Por su cara exterior se coloca la membrana impermeabilizante Bituthene, formada por un compuesto flexible de asfalto elastómero, autoadherente en frío y laminado a una película de polietileno de alta densidad. Este mate-

rial es autocicatrizante, de modo que impide el paso de agua a través de perforaciones producidas por tornillos. Por la cara interior de la chapa galvanizada se coloca el aislamiento térmico, lana de roca en mantas con una lámina para vapor en su cara interior. La fijación es mecánica, mediante clavos de acero cobreado que se sueldan por termoinducción a la chapa galvanizada.

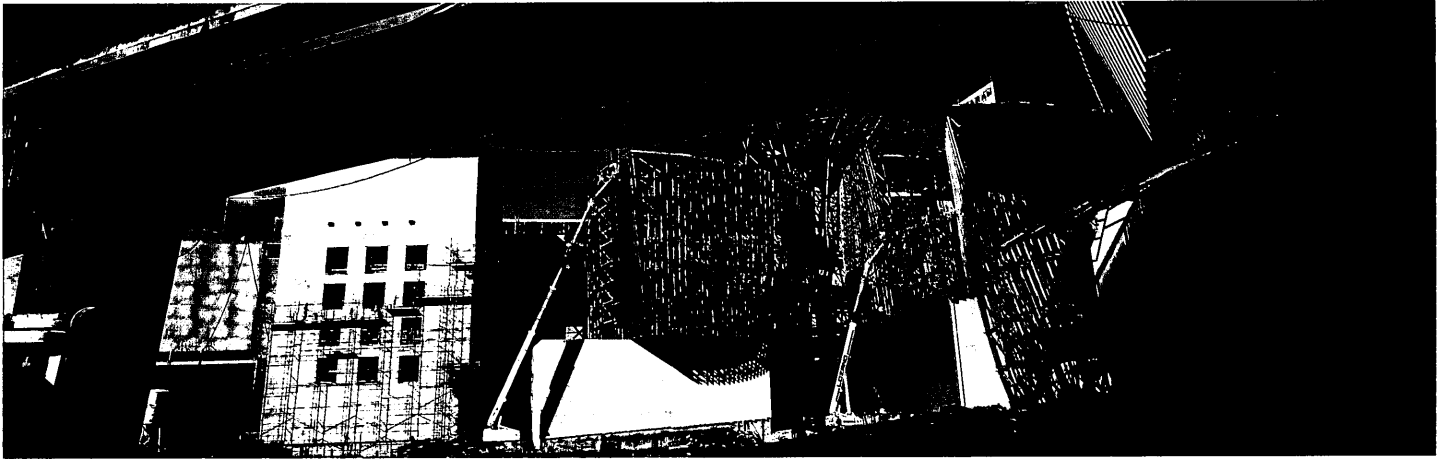
Finalmente, sobre la superficie impermeabilizada, se disponen las chapas de titanio. El mineral de titanio se extrae en Australia, se funde en Francia, se lamina en Pittsburg (Estados Unidos), recibe un tratamiento especial en el Reino Unido, se corta y pliega en Italia y es enviado finalmente a obra en paneles para ser montado. Este material fue elegido debido a sus valores de color, textura y capacidad de reflexión a la luz, a los que se añaden sus extraordinarias capacidades mecánicas y de resistencia a la corrosión. Las chapas tienen un espesor de 0,38 mm, lo que confiere a las superficies su particular textura arrugada. Las escamas se engatillan entre sí y se fijan mediante grapas de acero inoxidable, atornilladas a su vez sobre la chapa galvanizada. El número y disposición de las grapas fueron establecidos tras la ejecución de ensayos de arranque de chapas por succión.

Las capas o niveles hacia el interior son: la estructura secundaria y terciaria que son coplanarias, dando lugar a una estructura en retícula, el recubrimiento interior de cartón-yeso y, en según qué clase de cerramientos, tableros de madera contrachapada y aislamientos acústicos.

La estructura en retícula se compone de conectores a la estructura primaria, perfiles verticales y transversales encajados, que pertenecen a la misma superficie. La operativa consiste en ir subiendo la retícula y conectándola a la primaria mediante atornillado, disparo, grapa estructural o abrazado, según el caso. No se utiliza la soldadura en obra como práctica habitual, salvo casos puntuales con control y protección ulterior.

La retícula puede ser de hasta 600*600 mm, lo que garantiza el perfecto afianzamiento de la placa aunque no exista perfil continuo en su junta con las otras placas. La definición de la superficie se realiza a través de planos verticales equidistantes, referenciados en el suelo, que contienen los perfiles verticales, colocando conector y perfil al mismo tiempo referenciados sobre una distancia a la vertical del punto del suelo. No se utilizan referencias sobre la obra ejecutada.

La colocación de los perfiles secundarios es como máximo a 1.800 mm, lo que permite la utiliza-



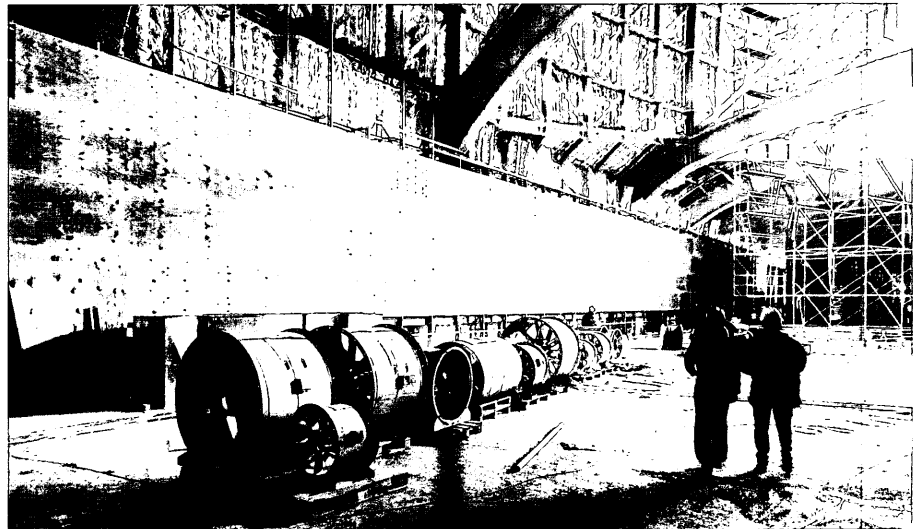
ción de una terciaria curvable u omega en obra sin peligro de deformaciones al colocar la placa. La densidad de estructura, en este caso, es mucho mayor, lo que garantiza un poder de carga que además está mejor repartido en toda la superficie. La definición de la superficie se realiza a una distancia igual al grueso de las placas a colocar solamente, lo más cercano a la definición verdadera. Al ser una estructura continua en dos direcciones, resulta más fácil de establecer puntos de ruptura o cambio de nivel sin que la estabilidad del conjunto se vea afectada. La retícula utiliza la base de apoyo en el suelo como primer soporte a nivel estructural y de definición de curvatura. En superficies más complejas, torres, por ejemplo, se define la secundaria con perfiles deformables y conectores, y la terciaria en retícula, con perfiles curvables u omegas.

La estructura primaria está protegida contra el fuego con una proyección de lana de roca y tanto a ésta como al aislamiento térmico colocado por la

cara interior de la chapa galvanizada, se les exigió la inexistencia de desfibración ante el paso de corrientes de aire. Este condicionante viene impuesto por el hecho de que la cámara comprendida entre las superficies exterior e interior hace las veces de plenum de retorno del aire acondicionado.

Otro aspecto importante del edificio es la solución aportada al conjunto de las instalaciones, como la relativa a la protección contra incendios. Entre sus características destaca el sistema de rociadores automáticos. Para evitar la posibilidad de mojar accidentalmente obras de arte, se ha instalado un sistema de protección de doble enclavamiento. Además, el Museo dispone de un sistema de detección analógico real basado en la comparación con curvas patrones de la evaluación real del estado del detector. Se instalan cuatro centrales conectadas en red, siguiendo una filosofía de distribución de riesgos.

En cuanto a la climatización, la función del sistema adoptado tiene como objetivo establecer y man-







tener unas condiciones ambientales preestablecidas en el interior del edificio. En este sentido, para el Museo Guggenheim existen dos objetivos principales: asegurar que la temperatura, humedad y calidad del aire contenido en el interior son las correctas para el mantenimiento de las obras de arte expuestas o almacenadas, y crear un ambiente satisfactorio para los ocupantes. Por otra parte, es de gran importancia producir velocidades adecuadas del aire en las salas y mantener un bajo nivel sonoro. Además de los recintos con contenido de obras de arte (galerías, almacenes, restauración, preparación), existen otros cuyos sistemas de climatización difieren en objetivos: la tienda, la cafetería, el restaurante, el auditorio o el espacio destinado a las funciones administrativas.

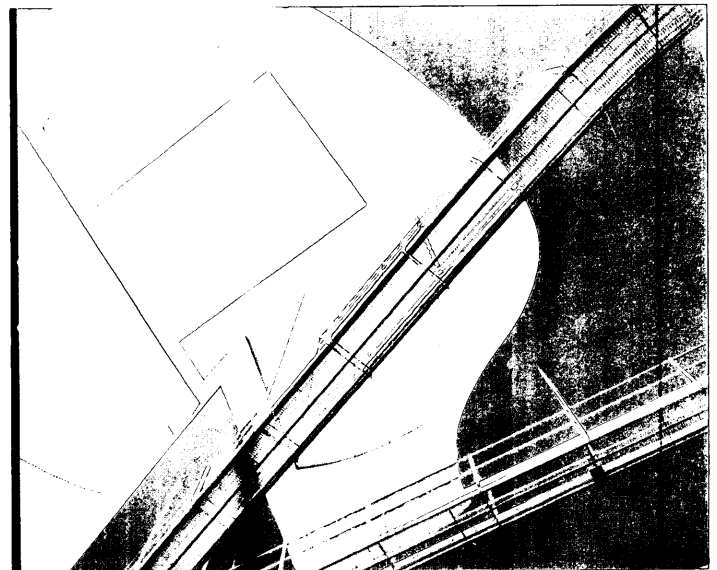
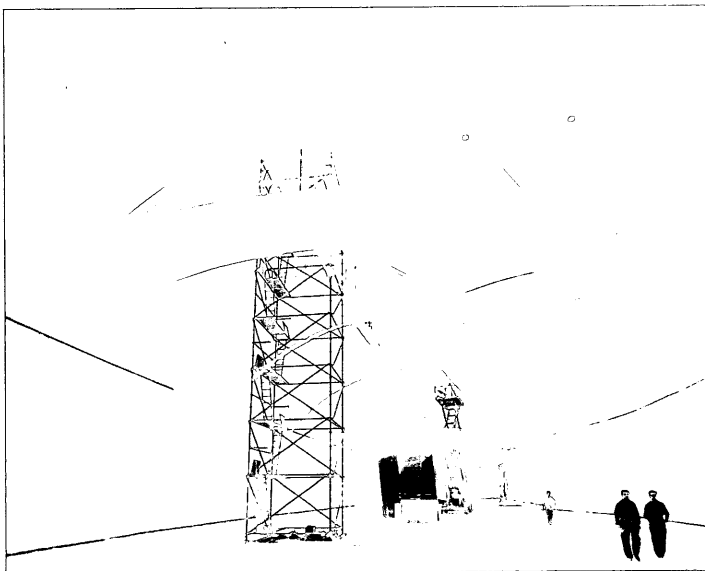
Las condiciones de proyecto en galerías de arte son las de lograr una temperatura entre 21° y 24° C, una humedad relativa entre 48 y 52 %, un nivel sonoro máximo de 35 dBA, óptima calidad y distribución del aire e integración con la arquitectura.

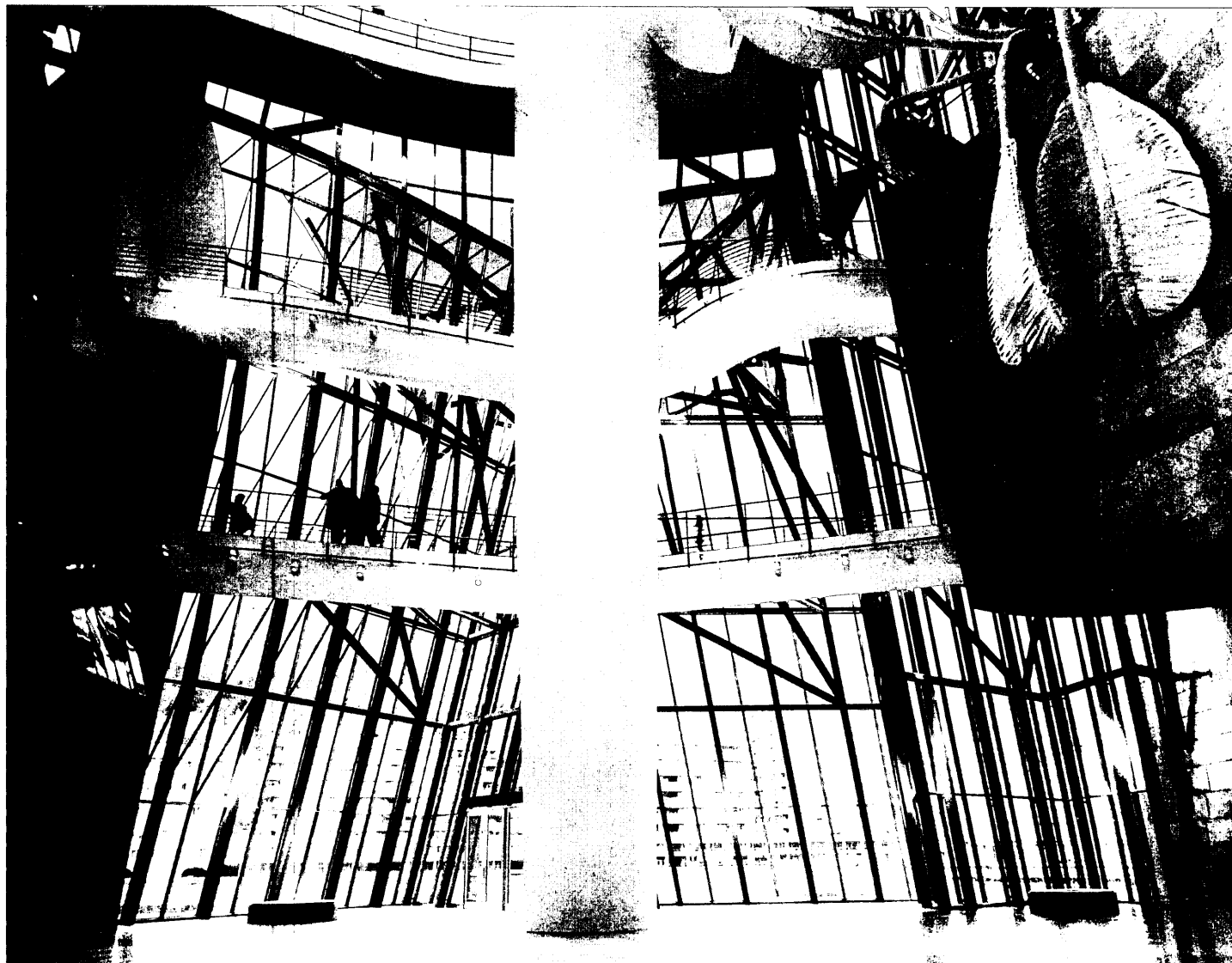
En cuanto a la generación de calor, ésta se realiza mediante cuatro calderas de agua caliente, tres de ellas (con una potencia conjunta de 2.244 Kw), se utilizan en el circuito de alimentación de agua caliente a climatizadoras. La cuarta, de 165 Kw, alimenta a elementos radiantes ubicados en zonas perimetrales acristaladas. Se han seleccionado calderas de acero adecuadas para baja temperatura.

La generación de frío, por su parte, se produce a través de tres enfriadoras eléctricas agua-agua de 5.100 Kw de potencia conjunta dotadas de compresor centrífugo. El agua fría producida se distribuye a las unidades de tratamiento de aire. Asimismo, tanto el agua fría como la caliente producida en los generadores se distribuye a las climatizadoras que atienden cada zona por una red de tuberías mediante un sistema de cuatro tubos.

Los recintos que albergan obras de arte se mantienen en una ligera sobrepresión sobre el resto y exterior, evitando entradas incontroladas de aire que varíen las condiciones ambientales. Respecto a la difusión de aire, ésta es de especial importancia en las galerías. Es imprescindible combinar a la perfección las exigencias arquitectónicas, que precisan que los difusores se integren en el diseño arquitectónico, con unas estrictas condiciones ambientales que obligan a dotar el edificio de un sistema que permita una óptima difusión del aire y de su calidad.

La solución adoptada se basa en la impulsión horizontal de aire desde las partes superiores de los recintos (utilizando difusores integrados en ranura), y retorno a plenum desde la parte inferior de las paredes, mediante ranuras que comunican con el plenum formado por la falsa pared y el falso techo.





El sistema, tanto en galerías como en otros recintos, excepto en Administración y en Conservación, es del tipo caudal constante, entendido como que la relación de caudal por los diferentes conductos y ramificaciones se mantiene constante.

La gestión y control de la instalación es del tipo digital directo, distribuida mediante módulos basados en tecnología microprocesada, ubicados en las diferentes áreas del edificio. El sistema de control, según pautas preestablecidas sobre condiciones a mantener en los diferentes recintos, actuará de modo totalmente automático para mantener las consignas.

El sistema de gestión se encarga, de modo automático, de establecer, según horarios y programas, las condiciones de funcionamiento de los equipos. El sistema de gestión facilita, asimismo, las

labores de mantenimiento de los equipos e informa sobre el estado de funcionamiento.

También es de destacar el control de la iluminación. El sistema instalado en el Museo está dotado de regulación electrónica de la intensidad lumínica de hasta 2.000 circuitos con 96 niveles de iluminación; con correcciones automáticas en función de la luz solar y toda clase de secuencias y espacios programables.

Un último aspecto tecnológico e innovador es la integración de los sistemas de climatización, iluminación, detección, extinción y control de accesos dentro de un mismo puesto de control.

El Museo Guggenheim Bilbao asume una arquitectura no dogmática sino contingente, en la que se acepta el natural pluralismo humano. A base de un constante "probar" por el procedimiento de iteracio-

Una vez más, abrimos **Vías** al progreso.



Vías y Construcciones incorpora a sus equipos la máquina Bateadora de vía más moderna y de mayor producción del mundo.

En VIAS llevamos más de 70 años construyendo el futuro y abriendo vías al progreso.

Y sabemos que esa labor sólo es posible manteniéndola día a día el mejor Equipo Tecnológico y Humano. Para garantizar la idoneidad de nuestros trabajos. Para generar valor y obtener la plena satisfacción de nuestros clientes. Para sentirnos satisfechos con nosotros mismos.

Por eso, bajo el criterio de la mejora continua, incorporamos a nuestros equipos la Bateadora tecnológicamente más avanzada existente en el mercado.

Seguimos empeñados en alcanzar el futuro.



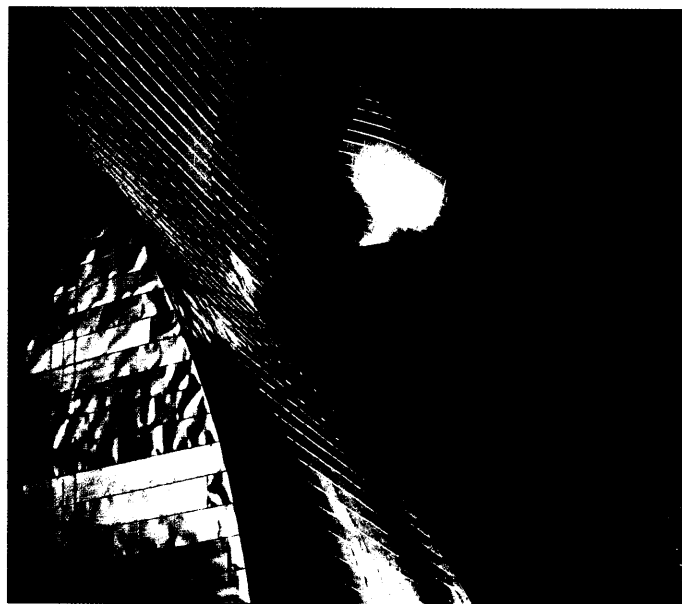
Más de 70 años Construyendo Calidad



nes sucesivas con maquetas y en ordenador (Catia) se consigue la frescura, lo natural y espontáneo de lo aparentemente improvisado, transmitiendo una imagen de movimiento y belleza que ha calado muy hondo, tanto en el ciudadano de a pie (popular) como en el más exigente crítico de arte y arquitectura (culto), aglutinando así una nueva imagen iconográfica local e internacional ya pretendida en el original proyecto cultural.

El prestar una total y obsesiva atención a los detalles se ha demostrado como esencial para encontrar buenas soluciones, al por tantos anunciado como un proyecto bellissimo en maquetas, pero inconstruible. Así mismo, la transmisión de esta dedicación a todos los contratistas y subcontratistas ha sido fundamental, pues el hallazgo de nuevas soluciones a nuevos problemas se debe en buena parte a su gran compromiso con el proyecto. Por otra parte, a

esta constante tensión ha colaborado no sólo el reto de construir un sueño nunca antes ejecutado, sino las muchas restricciones que han existido, entre las que se pueden contar como muy importantes la de el plazo (inaugurar en 1997) y la de el costo (10.000 millones de pesetas para el edificio), ambos muy limitados, escasos y perfectamente definidos y exigidos por las instituciones del País Vasco desde el inicio, las cuales, por su parte, han conseguido liderar este proyecto obteniendo lo mejor de cada una de las partes involucradas en él, sin permitir en ningún momento a lo largo de los cinco años que ha durado el proyecto y la construcción, que nadie rebajara la tensión en cuanto a la calidad, el plazo y el costo prefijados, y habiendo obtenido como resultado un edificio que ha llegado a constituir un referente obligado en los finales del siglo XX y una semilla cultural, artística y arquitectónica para el tercer milenio. ●





FICHA TÉCNICA

Nombre del proyecto
Museo Guggenheim Bilbao

Situación: Bilbao

Arquitecto de diseño:
Frank O. Gehry & Associates

Arquitectos ejecutivos:
César Caicoya Gómez-Morán
José Antonio Amann Murga
Aitor Azcárate Gómez

**Ingeniero de Caminos,
Delegado Edificación
(País Vasco):**
Juan Ramón Pérez González

**Ingeniero de Caminos,
Jefe de Grupo de Obra Civil
(País Vasco):**
Jesús Orcajo Núñez

**Ingeniero de Caminos, Jefe de Grupo
de Obra (Hormigones y
Estructura Metálica):**
Ignacio Lecumberri Castaños

**Arquitecto Técnico, Jefe de Obra
(Fachadas y Cubiertas):**
Santiago Garmendia

**Arquitecto Técnico, Jefe de Obra
(Interiores e Instalaciones):**
Juan José Blasco Muñoz

**Ingeniero de Caminos,
Jefe de Obra (Urbanización):**
Claudio M. Masip Arrighi

Ingeniería de Estructuras:
Skidmore, Owings & Merrill (Chicago)

Ingeniería de Instalaciones:
Cosentini Associates (Nueva York)

Dirección de Obra: IDOM

Empresas Constructoras:
FERROVIAL-LAUKI-URSSA
(Hormigones y Estructura Metálica)
Construcciones y Promociones
BALZOLA (Cerramientos)
FERROVIAL (Interiores e Instalaciones)
FERROVIAL (Urbanización)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Ingeniería de desarrollo del Proyecto	175.000 h.	Aislamiento exterior.....	7.365 m ²
Pilotes.....	665 ud.	Aislamiento interior.....	23.280 m ²
Encepados	444 ud.	Impermeabilización con telas asfálticas.....	14.950 m ²
Hormigón.....	25.760 m ³	Muros cortina	5.850 m ²
Encofrados	58.820 m ²	Raseo exterior	1.370 m ²
Armaduras	3.256.395 Kg	Potencia calderas climat./fontanería.....	3.720 Kw
Vigas hormigón armado	1.640 ml	Potencia eléctrica instalada	6.500 KVA
Micropilotes.....	181 ud	Tuberías climat./fontanería/incendios	37.449 ml
Movimiento de tierras.....	85.720 m ³	Cables eléctricos.....	121.000 ml
Placas borde ría	1.320 m ²	Cables seguridad/telecom./incendios.....	295.000 ml
Estructura metálica	4.854.800 Kg	Conductos climatización	36.500 ml
Protección Pasiva	68.000 m ²	Cartón-yeso.....	60.000 m ²
Rellenos.....	36.490 m ³	Pavimentos interiores.....	28.080 m ²
Cierre metálico y titanio	23.530 m ²	Pavimentos de piedra	4.800 m ²
Piedra exteriores	14.505 m ²	Pavimentos de adoquín	13.480 m ²