

ARQU

TECT

Arquitectura e Ingeniería

e ING

ERIA

La edición de esta publicación ha sido posible gracias a la colaboración de la **Escuela Superior de Arte y Arquitectura de la Universidad Europea de Madrid**

Edición a cargo de: Francisco José Domouso de Alba

Revisión de los textos los autores, Francisco Domouso, Fernando Espuelas y Fernando Inglés

Revisión y edición del texto de John Ochsendorf: Fernando Inglés

Trcripciones: Sofía Pérez Pombo

© de los textos, sus autores

© de las fotos, sus autores

© Fundación COAM

C/Piamonte, 23. 28004 Madrid

Edita: Editorial Fundación COAM

Diseño y maquetación: gráfica futura

Impresión: Elece

1ª edición: mayo de 2007

ISBN: 978-84-96656-27-7

Depósito legal: M-21698-2007

# Arquitectura e Ingeniería

Jesús Anaya Díaz

Julio Martínez Calzón

Lorenzo Fernández-Ordóñez

John Ochsendorf

Vicente Negro Valdecantos

José María Churtichaga

Javier Manterola Armisén

Enrique Álvarez-Sala

## índice

	<b>Presentación</b>	05
	<b>Ciclo 2005</b>	
24/01/05	Jesús Anaya Díaz La figuración arquitectónica de las ideas de ingeniería	10
21/02/05	Julio Martínez Calzón Los sistemas estructurales en la arquitectura actual	40
07/03/05	Lorenzo Fernández-Ordóñez JAFO, últimas obras y proyectos	86
18/04/05	John Ochsendorf Eladio Dieste, ingeniero uruguayo	140
	<b>Ciclo 2006</b>	
30/01/06	Vicente Negro Valdecantos Las obras marítimas, los espaldones y su conexión funcional, estética y arquitectónica	160
27/02/06	José María Churtichaga Con el pie en el otro lado... la difusa frontera entre arquitectura e ingeniería	180
27/03/06	Javier Manterola Armisén ¿Existe relación entre el trabajo del arquitecto y del ingeniero en la arquitectura actual?	220
24/04/06	Enrique Álvarez-Sala Torre SyV. Aspectos constructivos	248

Ciclo 2005: 24/01/05

**Lorenzo Fernández-Ordóñez**

JAFO, últimas obras y proyectos



## Lorenzo Fernández-Ordóñez Arquitecto

Buenas tardes. Voy a presentar algunas de las últimas obras de mi padre, José Antonio Fernández-Ordóñez. Estoy aquí debido al tesón de Francisco Domouso porque la verdad es que no veía muy clara mi participación en este ciclo. Ni soy un experto en estructuras de ingeniería, ni creo que sea muy válido explicando los trabajos de mi padre, porque muchas veces la cercanía, y la fuerte relación personal, no dejan ver lo verdaderamente importante. Pero, aunque le propuse varias alternativas en catedráticos que también habían trabajado con él en varios proyectos como José Ramón Navarro Vera<sup>1</sup>, o Salvador Pérez Arroyo, insistió tanto en que quería que participara personalmente, que no me quedó más remedio que estar aquí esta noche en esta tribuna. Por tanto, disculpen si se les hace pesada mi intervención, ya que él es en buena parte el culpable de que esté hoy aquí en vez de otra persona mucho más interesante, y con un conocimiento mayor y más profundo de las estructuras y la tecnología.

Tuve la suerte de participar en el trabajo de mi padre desde los años 80, cuando aún era estudiante, siguiendo el desarrollo de muchos de sus Proyectos. Hoy voy a hablar de alguna de las últimas obras, a las que yo me incorporé de una forma activa en el estudio. Y lo enfoco así porque, para mí, es bastante difícil abordar un período o una actividad mayor, ya que al mismo tiempo que ejercía de proyectista, estaba al frente de un grupo empresarial, PACADAR (dedicado a la prefabricación), ejercía como Presidente del Museo del Prado, y era catedrático de Arte e Historia de la Ingeniería en la Escuela de Caminos de Madrid, sin olvidar que en el año 99 publicó una monografía sobre Torroja con José Ramón Navarro Vera, por lo que debería ser otra persona la que reflexione sobre su obra en su totalidad y no alguien de su familia, o tan cercano.

En cualquier caso, como sí participé en los proyectos que voy a mostrar, los puedo explicar desde el conocimiento que me dio formar parte del equipo que los proyectó y construyó. Estas últimas obras, que para mí corresponden a una etapa concreta de su carrera, distintas en algunos aspectos del resto de su obra, siento que están unidas por un discurso común. Estas obras son el puente de San Sebastián sobre el Urumea, el puente de Oporto sobre el Duero y la Pasarela Padre Arrupe en Bilbao sobre el Nervión.

El puente de San Sebastián sobre el Urumea lo realizó, como muchos de los puentes que construyó, con Julio Martínez Calzón. El puente de Oporto se realizó con Francisco Millanes y la ingeniería IDEAM, y un ingeniero portugués que se llama Antonio Adao, que dirige la ingeniería AFA. La pasarela de Bilbao la realizó también con Francisco Millanes y el equipo de ingenieros de IDEAM.

Mi padre creía que las obras de ingeniería nunca se debían atribuir a un solo hombre, sino que son el esfuerzo de muchas personas. Sólo la necesidad mediática de la prensa elige una figura mientras otras quedan en la sombra injustamente.

1. José Ramón Navarro Vera es Catedrático de Urbanismo en la Universidad Politécnica de Alicante. Tuvo una intensa relación con mi padre José A., y colaboró con él en diversos proyectos.

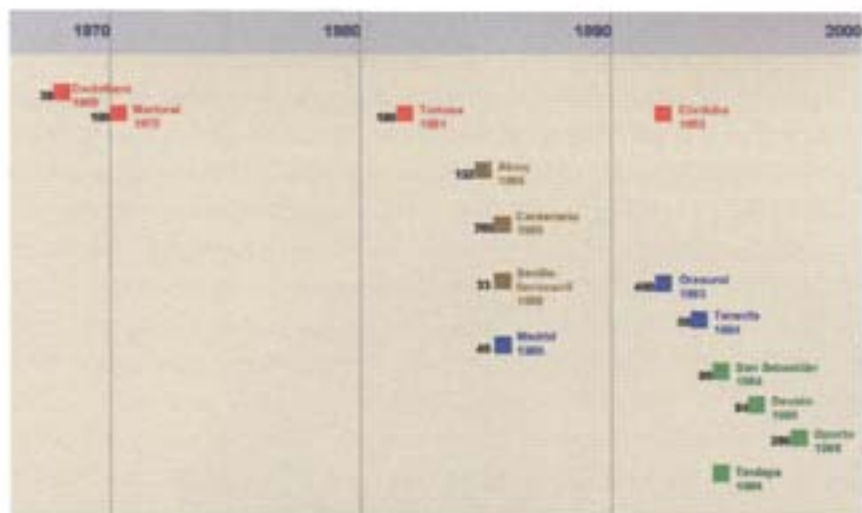


Imagen 1. Las 4 etapas creativas en los puentes de JAFD: En rojo, etapa "orgánica". En marrón, etapa "clásica". En azul, etapa "purista". En verde, etapa "sintética". Junto al nombre del puente, se indica su fecha y la luz del vano principal.

Foto 1. Eduardo Chillida, José A. Fernández-Ordóñez y Lorenzo Fernández-Ordóñez. Tudaya. Diciembre 1996.

Foto 2. Su primer puente, el de Juan Bravo en Madrid, que gana en concurso en el año 1968 y se inaugura en 1970 tiene una nueva influencia de la reinterpretación espacial y formal del mundo clásico

Espero que se entienda que cuando me refiero a una obra de mi padre me estoy refiriendo a todo el equipo que le acompañó en esa aventura. Y lo digo también porque, sin él, tanto Julio Martínez Calzón y su equipo de MC-2, como Paco Millanes y su equipo de IDEAM han sacado adelante estos Proyectos fantásticamente, lo cual ha sido una gran alegría para todos nosotros.

Es común a los 3 proyectos de puentes mencionados, el hecho de que todos ellos se ganaron por concurso, y que todos ellos se terminaron después de fallecer mi padre. Finalizaré con el Proyecto de Eduardo Chillida para la Montaña de Tindaya en Fuerteventura, que es el único que aún no está terminado del grupo que dejó sin concluir cuando murió, en enero de 2000. Este trabajo, al ser de ingeniería subterránea se inició con el apoyo de la ingeniería IBERINSA, la ingeniería OVE ARUP Madrid, y se incorporaron como expertos geotécnicos ARUP GEOTECHNICS y la ingeniería SCOTT WILSON de Londres.

### **Cuatro etapas**

Para mí, en el trabajo de Ingeniero de Puentes de mi padre hay una clara evolución en 4 etapas fundamentales, en cada una de las cuales entiendo que hay un posicionamiento en una línea filosófica y formal. Aunque muchas veces estas etapas no terminan completamente, o tajantemente, antes de iniciar otra, sino que se solapan y reaparecen mezclándose entre sí, sí veo que puede haber 4 intereses de Proyecto fuertemente definidos, o quizá de "estilos" susceptibles de estratificar.

Como digo, los proyectos de los que voy a extenderme son los que corresponden a lo que es la última etapa, que yo llamo la "sintética". Las etapas anteriores las he denominado la etapa "orgánica", la etapa "clásica", o "postmoderna", y la etapa del "purismo geométrico" (ver imagen 1).

Resumiendo brevemente, las características y los elementos más importantes de las primeras 3 etapas son los siguientes:

#### **1. Etapa "orgánica"**

La etapa "orgánica" es la primera, aunque no corresponde el primer puente limpiamente a esta etapa, sino que su primer puente, el de Juan Bravo en Madrid (ver foto 2), que gana en concurso en el año 1968 y se inaugura en 1970 tiene una enorme influencia de la reinterpretación espacial y formal del mundo clásico.

En estos años entra en contacto con Eduardo Chillida, cuya influencia en las pilas de los puentes posteriores es enorme a mi entender. Una influencia que seguramente, al analizar las piezas cronológicamente, puede que sea incluso mutua (ver imagen 2). No hay que olvidar que es un trabajo que desarrolla al mismo tiempo que se realizan las primeras esculturas de hormigón de Eduardo Chillida en el taller de PACADAR, la fábrica que había fundado su padre, mi abuelo (ver foto 3 y 4), y cuya empresa mi padre dirigía entonces.

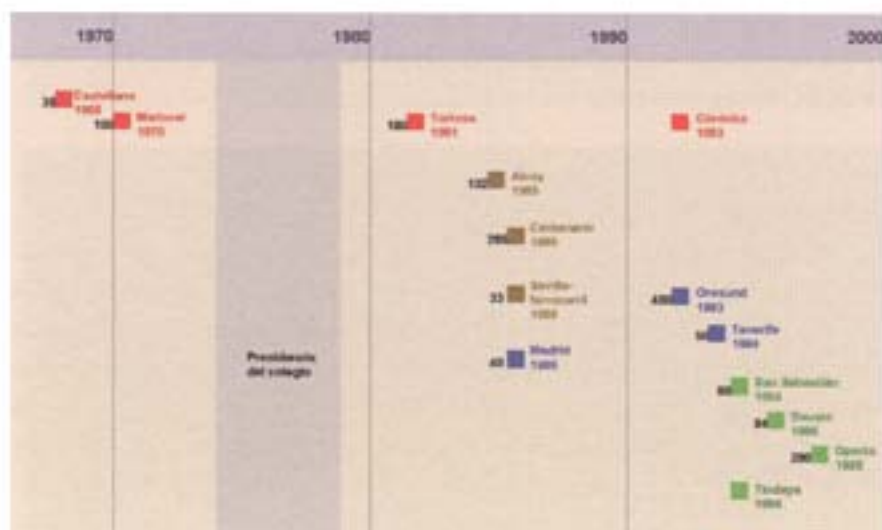


Foto 3. El puente del Diablo sobre el Llobregat en Martorell es un proyecto de 1970, construido en los años 73-74. Tiene una estructura mixta de hormigón pretensado y acero corten. Una luz central de 100 metros y laterales de 50. Los materiales empleados son hormigón blanco y acero corten. Está cerca del famoso puente gótico de origen romano de Martorell.

Foto 4. En estos años entra en contacto con Eduardo Chillida, cuya influencia en las pilas de los puentes posteriores es enorme.

Imagen 2. La etapa "orgánica" está cortada por la actividad pública desarrollada en la Presidencia del Colegio de Caminos, Canales y Puertos que le impide acometer nuevos proyectos de ingeniería al mismo tiempo. Creo que este fue sin duda uno de los errores más grandes que pudo cometer.

Las obras más importantes de la primera etapa son para mí el Puente sobre el Llobregat en Martorell de 1970 (ver foto 5), y el Puente sobre el Ebro en Tortosa de 1981 (ver foto 6).

El puente del Diablo sobre el Llobregat en Martorell es un proyecto de 1970, construido en los años 73-74. Tiene una estructura mixta de hormigón pretensado y acero corten. Una luz central de 100 metros y laterales de 50. Los materiales empleados son hormigón blanco y acero corten. Está cerca del famoso puente gótico de origen romano de Martorell.

La influencia de las primeras esculturas de Chillida que realiza en hormigón parece que le seducen por la plasmación de unas formas que buscan no solo la expresión de un elemento técnico, aunque siempre hay una disculpa o explicación técnica en el caso de las pilas de Martorell, como el paso del agua, la mejor solución hidráulica, la respuesta formal a las tensiones a las que está sometida la pieza, etc., sino también la búsqueda de unas piezas de gran presencia estereotómica que dialogan con el tiempo.

El carácter rotundo de estas piezas, en su expresión de la tensión a la que está sometido, no es completamente diferente al clasicismo en el que se mueve, por su amor al mundo griego y a la prefabricación, en el Puente de la Castellana, en el que, por otra parte, coincidía también con Chillida.

Esta etapa "orgánica" está cortada por la actividad pública desarrollada en la Presidencia del Colegio de Caminos, que le impide acometer nuevos proyectos de ingeniería al mismo tiempo. Creo que este fue sin duda uno de los errores más grandes que pudo cometer. Al presentarse y ganar unas elecciones antes de la muerte de Franco, cogió un protagonismo político que le impidió desarrollar, en una época muy temprana, con apenas 40 años, todo su potencial creativo como ingeniero. Creo que es una pena que no hubiera perdido esas elecciones (ver imagen 2).

El Puente de Tortosa sobre el Ebro, tiene una gran continuidad dentro de esta etapa ya hacia su final. Es un proyecto de 1981, construido entre 1984 y 1988 (ver foto 8). Su estructura es también mixta, de acero corten y hormigón blanco pretensado. Tiene una luz central de 180 metros y de 102 en los laterales.

A todas las etapas les unen varias características comunes, a pesar de la experimentación formal, o el cambio de estilo que lleva a cabo en cada una de ellas, como son la búsqueda de la expresión del material, para que los materiales (hormigón blanco, acero corten, el acero inoxidable, etc) sean protagonistas de la obra, tratando de estar a la vanguardia técnica.

Sin duda la creación filosófica de la máquina conceptual que idea con Chillida, "la vibradora universal" se puede aplicar en todos los puentes que realiza a lo largo de su vida. Se trata de una máquina conceptual o espiritual que se puede aplicar tanto a personas como a cosas. Si, por ejemplo, se aplica a un general engalanado

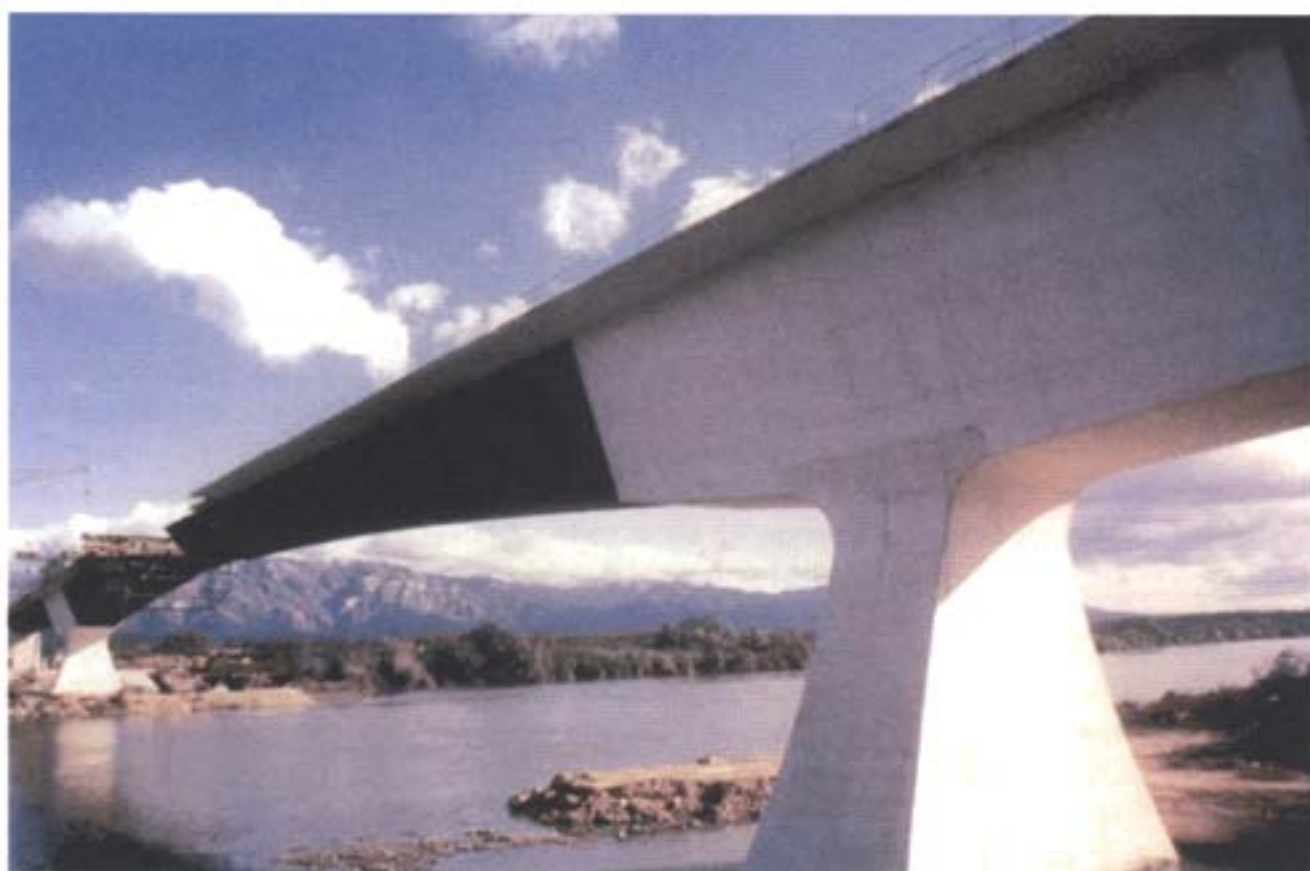


Foto 5. La influencia de las primeras esculturas de Chillida que realiza en hormigón le seducen por la plasmación de unas formas que buscan no solo la expresión de un elemento técnico, aunque siempre hay una disculpa o explicación técnica en el caso de Martorell, como el paso del agua, la mejor solución hidráulica, la respuesta formal a las tensiones a las que está sometida la pieza, etc. . . , sino también la búsqueda de unas piezas de gran presencia tectónica que dialogan con el tiempo.

Foto 6. El Puente de Tortosa sobre el Ebro, tiene una gran continuidad dentro de esta etapa ya hacia su final. Es un proyecto de 1981, construido entre 1984 y 1988 (ver foto 8). Su estructura es también mixta, de acero corten y hormigón blanco pretensado. Tiene una luz central de 180 metros y de 102 en los laterales.

Foto 8. El puente de Tortosa en obras.

de medallas, todas ellas, y los florones y las plumas se le caerían, para dejar lo que verdaderamente es: un hombre.

En una escultura de Chillida esta máquina no tiene ninguna trascendencia, ya que en ella todo es verdadero, lo que hay es lo que se ve y permanece con una gran contundencia. A un puente, mi padre pensaba que había que aplicarle esta máquina conceptual, para tratar de ver qué es lo que queda de él dentro de 500 años. Por eso las imágenes de sus puentes en construcción son tan bellas, porque nos enseñan lo que es verdadero, su pasado y su futuro. No hay luego máscaras ni forros que tapen una estructura engañosa.

Si aplicamos esta máquina a la arquitectura, hay muchas que sobreviven muy bien, pero también hay mucho de lo que se hace actualmente que no resiste su impacto, y desde luego es difícil encontrar arquitecturas que se dejan fotografiar en construcción, como un puente.

En cualquier caso cada uno debe aplicarse esta máquina espiritual a sí mismo para prescindir de lo superfluo y tratar de conocer lo que de verdad es o quiere ser. O aplicarlo a las cosas que nos parecen importantes o que nos atraen, para tratar de vislumbrar su verdadera importancia.

Puede pensarse que la "vibradora universal" nos lleva a una visión de la realidad donde no existe lo accesorio, lo superfluo. Pero yo, en estos puentes, sí veo una distinción clara entre unos elementos que se piensan para permanecer, con los que se define el puente, y otros que son accesorios, como las barandillas, la iluminación, los bordillos, etc.

En la naturaleza, tal y como han formulado los paisajistas japoneses aparecen dos conceptos, el "sabi" y el "wabi". Uno, el "sabi" corresponde a lo que quedaría de aplicar la "vibradora universal". Es lo que los orientales veneran como lo antiguo, curtido por el tiempo. El "wabi", en cambio, corresponde al florecimiento de la naturaleza. A su esplendor momentáneo y fugaz. A este mundo pertenecen las barandillas y elementos accesorios. Son creaciones que se añaden, que no pertenecen a la verdadera unidad inicial, sino que crecen en él como la hierba sobre una ruina, como el musgo sobre la piedra.

## 2. Etapa "clásica"

La segunda etapa, "clásica" o "postmoderna", lleva a su máximo exponente la prefabricación de grandes elementos. En esta etapa los puentes más importantes comienzan con el Puente de Alcoy en 1985 y termina en 1986 con el Puente del ferrocarril de Sevilla, aunque a lo largo de su carrera realiza múltiples estructuras prefabricadas que le sirven de experimentación y depuración.

Mi padre siempre decía que las únicas innovaciones estructurales en el siglo XX habían sido las láminas de hormigón y el pretensado.



Foto 10. El puente del Centenario sobre el Guadalquivir en Sevilla es un proyecto de 1987, y se construyó entre 1989 y 1991. La estructura es atirantada con tablero formado por grandes dovelas prefabricadas pretensadas y machihembradas en seco. Luz central de 265 metros y laterales de 130 metros. Las pilas tienen una estructura mixta de hormigón y acero corten.

Foto 11. La tercera etapa es la que denomino "purismo geométrico", y tiene su inicio en los puentes de Madrid de 1986, donde simplifica lo formal de los anteriores proyectos. También se desarrolla en los puentes de Tenerife de 1994, o la propuesta para el del estrecho de Oresund de 1993, con unos elementos abstractos y puros que se muestran con una gran independencia respecto de la expresión de las tensiones. Son piezas de geometría abstracta, que mantienen una clara independencia formal hacia el resto de elementos que componen el puente.

El puente del Centenario sobre el Guadalquivir en Sevilla es un proyecto de 1987, y se construyó entre 1989 y 1991. La estructura es atirantada con tablero formado por grandes dovelas prefabricadas pretensadas y machihembradas en seco. Luz central de 265 metros y laterales de 130 metros. Las pilas tienen una estructura mixta de hormigón y acero corten (ver foto 10).

### 3. Etapa "purismo geométrico"

La tercera etapa es la que denomino "purismo geométrico", y tiene su inicio en los puentes de Madrid de 1986, donde simplifica lo formal de los anteriores proyectos. También se desarrolla en los puentes de Tenerife de 1994, o la propuesta para el del estrecho de Oresund de 1993, con unos elementos abstractos y puros que se muestran con una gran independencia respecto de la expresión de las tensiones estructurales (ver foto 11).

### 4. Etapa "sintética"

La cuarta etapa, en la que participé más directamente, es la etapa que denomino "sintética". Es una etapa que comienza en los años 90 y que desarrolla hasta su muerte en 2000.

Sin duda el auge del barroquismo estructural y mediático en los años 90, le llevó a la búsqueda de un discurso formal que defina y defienda una propuesta convincente ante lo que para él era un error, y un horror, en el mundo de la ingeniería. Sobre todo por su influencia<sup>2</sup>, más que por su presencia, y es una de las claves de esta etapa.

El fenómeno del barroquismo estructural ha supuesto para los ingenieros un terremoto que ha removido las bases de su profesión. Una profesión que por otro lado, tal como yo la percibo actualmente, se encuentra completamente extraviada y bloqueada ante el cambio que ha supuesto la introducción de artistas y arquitectos en proyectación y la realización de puentes, o la introducción de biólogos y ecólogos en áreas, hasta hace poco, de su estricta o exclusiva dependencia, como los ríos, las costas, o los puertos.

Una profesión que se encastrilla para no perder sus parcelas de poder (y tiene muchas, ya que los miembros del colectivo de ICCP ocupan muchas de las más altas posiciones técnicas dentro de la Administración), y que al mismo tiempo quiere el reconocimiento que disfrutaban los artistas, arquitectos o los ecólogos en la sociedad.

Lo que se plantea en esta etapa "sintética", (y me sirve la obra de Calatrava para explicarla muy bien), es que en vez de mostrar el puente como una escenografía estructural, la estructura "desaparece" dejando que el puente vuele, escondiendo lo que le hace saltar. Por ejemplo, en el puente de Bach de Roda de Barcelona, o en el de Mérida, o en tantos otros, donde el tablero se sujeta a sí mismo y el arco

2. Su influencia era peor, ya que mostraba un camino a seguir a los jóvenes ingenieros basado en lo superfluo, en lo escenográfico, que colisionaba con su visión ética y estética.

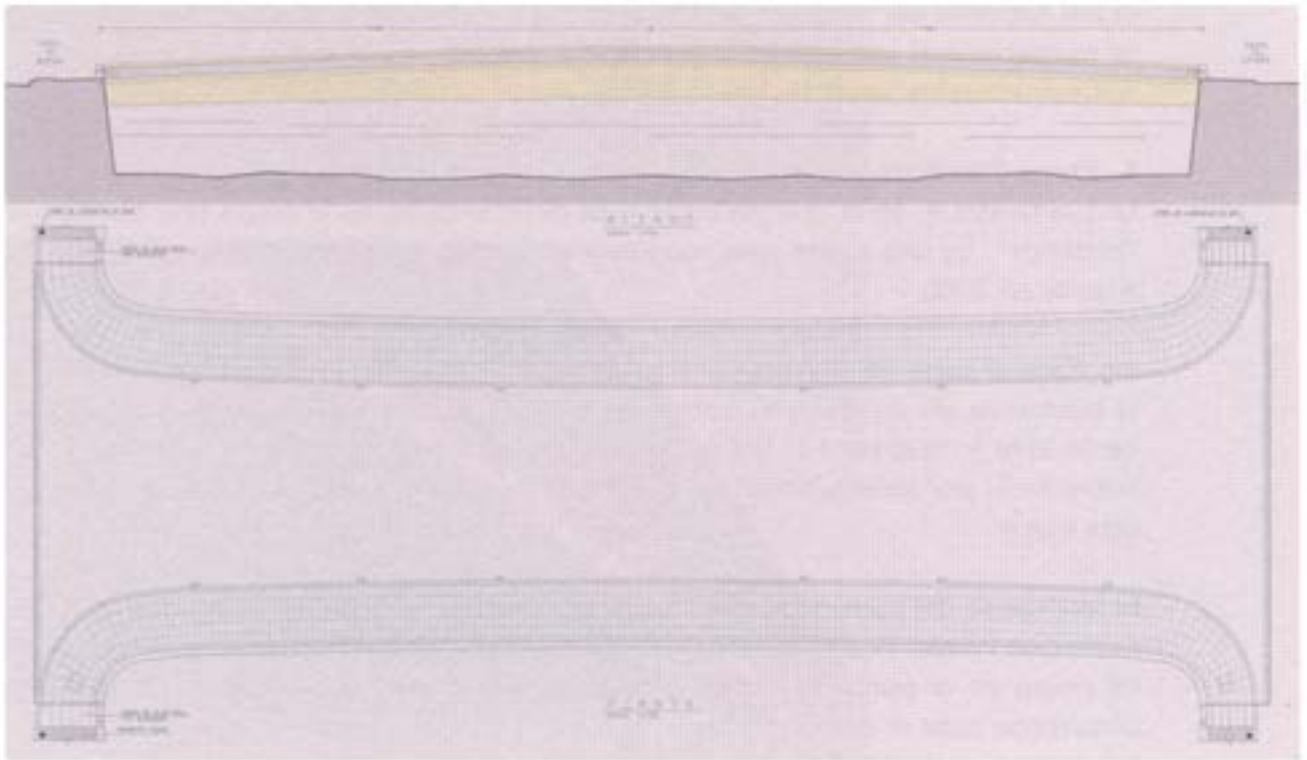


Foto 12. En esta última etapa desaparecen las pilas. Hay una crítica a la profusión de pilas que aparecen en la ingeniería, que incluso se aplica a sí mismo y a sus discípulos. Las pilas de Martorell, Juan Bravo y Tortosa abrieron unos caminos que él abandona.

Foto 13. Surge el discurso de un puente que no necesita ni mástiles ni arcos ni pilas para saltar de un lado a otro del Urumea. Para dejar en evidencia que todos los gestos que haya por encima del tablero son simplemente elementos decorativos. Es un puente de 80 metros de luz que en la maqueta parece que tiene 25.

Foto 14. El puente tiene un trazado ligeramente curvo tanto en planta como en sección longitudinal, eliminando la discontinuidad entre puente y los paseos de las márgenes del río.

superior lo único que hace es crear una peineta que en realidad no está sujetando nada más que a sí mismo, ya que los cables no están en tensión, sino que es todo él una escenografía barroca colocada apoyándose en el tablero. O por ejemplo el puente del Alamillo en Sevilla, donde la expresión artística de Calatrava inclina el pilón, y pretende hacer creer que los cables sujetan el tablero. Y pongo el ejemplo de Calatrava, ya que es el más fácil, y el más mediático, y el original, porque sus imitadores son en muchos casos mucho peores proyectistas.

Con esta última etapa de Proyectos se ataca el carácter epatante de estas soluciones con sus mismas armas. Se trata de generar un elemento mágico, pero en vez de hacerlo mediante la construcción de una gran escenografía, se realiza mediante la creación de un objeto que está suspendido en el aire. La ingeniería en vez de expresar sus fuerzas lo que hace es esconderlas, baja a un segundo nivel formal, para desaparecer.

Una ingeniería que permita que el paseante se sorprenda con un puente que aparentemente está flotando en el aire, dando una sensación de levitación, y deje sin explicación cómo se sujeta realmente, para que la emoción surja de lo mágico (ver foto 12). Se busca la innovación técnica para que la técnica desaparezca. Aquí se une en el discurso de Torroja, quien plantea también estructuras de apariencia incompresible y de una gran pureza en su realización. Son obras que, en la aparente simplicidad de lo ligero, de aparente facilidad, ocultan toda una complejidad interior. La complejidad técnica que esconde el “truco” en vez de mostrarlo, dejando a los que lo muestran en evidencia por lo innecesario de su gesto.

En su texto *“funcionalidad, estética y coste de los puentes”* de 1996 denuncia que “en nombre de la estética” se realizaran diseños arbitrarios y tipologías excesivamente costosas que sólo buscan perpetuar la originalidad de sus proyectistas. Es un texto en el que defiende que el barroquismo estructural es nefasto para los ingenieros desde una perspectiva ética, ya que la ausencia de moral pública que tolera los desmanes estructurales a su vez implica una ausencia de moral técnica, que fuerza a soluciones innecesarias. Así como desde una perspectiva económica, ya que generan gastos superfluos, y desde un punto de vista técnico, ya que se usa la Estética como coartada ante la falta de avance técnico.

Mi padre creía, como decía Eugenio Trias, que *“la belleza o es un símbolo moral o es pura ornamentación que solo sirve de ornato y de legitimación del poder”*.

#### **El 4º Puente sobre el Urumea**

El primer puente en que se opera con este discurso quizá sea el de San Sebastián, sobre el Urumea. Es un puente surgido de un concurso. Seguramente el único de España (y quizá del mundo), que se ha ganado 2 veces, ya que se ganó un concurso en el año 76 en el mismo lugar, pero no se construyó. La solución original (del año 76) tiene 3 vanos. Años más tarde, mientras se hacía el Kursaal, el Ayuntamiento de San Sebastián decidió retomar el proyecto pero, en vez de encargarlo



Foto 15. La tipología estructural, plantea una solución mixta constituida por 2 cajones metálicos semiabiertos, de sección trapezoidal ligeramente irregular y de sección variable en el lado exterior.

Foto 16. Los 2 cajones metálicos se conectan a una losa de hormigón armado para formar una sección mixta que permite una extraordinaria esbeltez. La losa, además de servir como cabeza de compresión del sistema principal mixto, trabaja apoyándose transversalmente en una estructura que une ambas vigas cajón.

directamente al ganador del concurso anterior obligó a un nuevo concurso (movido por las influencias del momento), y se invitó a Manterola, Calatrava, Arenas, Torroja, y el equipo de JAFO al concurso. Como mi padre había ganado el concurso con Julio Martínez Calzón, aunque llevaba algunos años sin colaborar con él, decidió presentarse con el mismo equipo.

La verdad es que Julio Martínez Calzón y mi padre tuvieron muchas dudas sobre si presentarse o no al concurso, y al final surgió una propuesta que era un discurso contra la ingeniería exuberante que colapsaba los estudios de ingeniería de entonces, llena de mástiles inclinados, arcos torcidos, y otros elementos accesorios.

Yo creo que mi padre era consciente que con Martorell y Tortosa había abierto las puertas de un mundo formal que se usaba sin contención a partir de entonces y quería criticarlo.

En esta última etapa desaparecen las pilas. Hay una crítica a la profusión de pilas que aparecen en la ingeniería de los años 90, que incluso se aplica a sí mismo y a sus discípulos. Las pilas de Martorell, Juan Bravo y Tortosa abrieron unos caminos que él abandona. Mientras en los primeros puentes las pilas son lo más distintivo, por su carácter atractivo y escultórico, en estos últimos puentes desaparecen para dejar una estructura que se queda en el aire, y oculta cómo se sustenta.

Frente a las propuestas formales que se intuía iban a competir con la del estudio, surge el discurso de un puente que no necesita ni mástiles, ni arcos, ni pilas, para saltar de un lado a otro del Urumea. Para dejar en evidencia que todos los gestos que haya por encima del tablero son simplemente elementos decorativos.

Es un puente de 80 metros de luz que en la maqueta parece que tiene 25 (ver foto 13).

El puente tiene un trazado ligeramente curvo tanto en planta como en sección longitudinal, eliminando la discontinuidad entre puente y los paseos de las márgenes del río (ver foto 14). Se eligió una tonalidad dorada (ya planteada en el puente Oresund) que nos seducía como reflejo de luz, rayo de luz, como una muestra del brillo del rayo de sol al atardecer.

La tipología estructural, plantea una solución mixta constituida por 2 cajones metálicos semiabiertos, de sección trapezoidal ligeramente irregular y de sección variable en el lado exterior (ver fotos 15 y 16). Los 2 cajones metálicos se conectan a una losa de hormigón armado para formar una sección mixta que permite una extraordinaria esbeltez. La losa, además de servir como cabeza de compresión del sistema principal mixto, trabaja apoyándose transversalmente en una estructura que une ambas vigas cajón. La rasante está peraltada, lo que favorece la salida de agua y la sensación de levitación, e impulso en el salto, gracias a la ligera curvatura del puente.

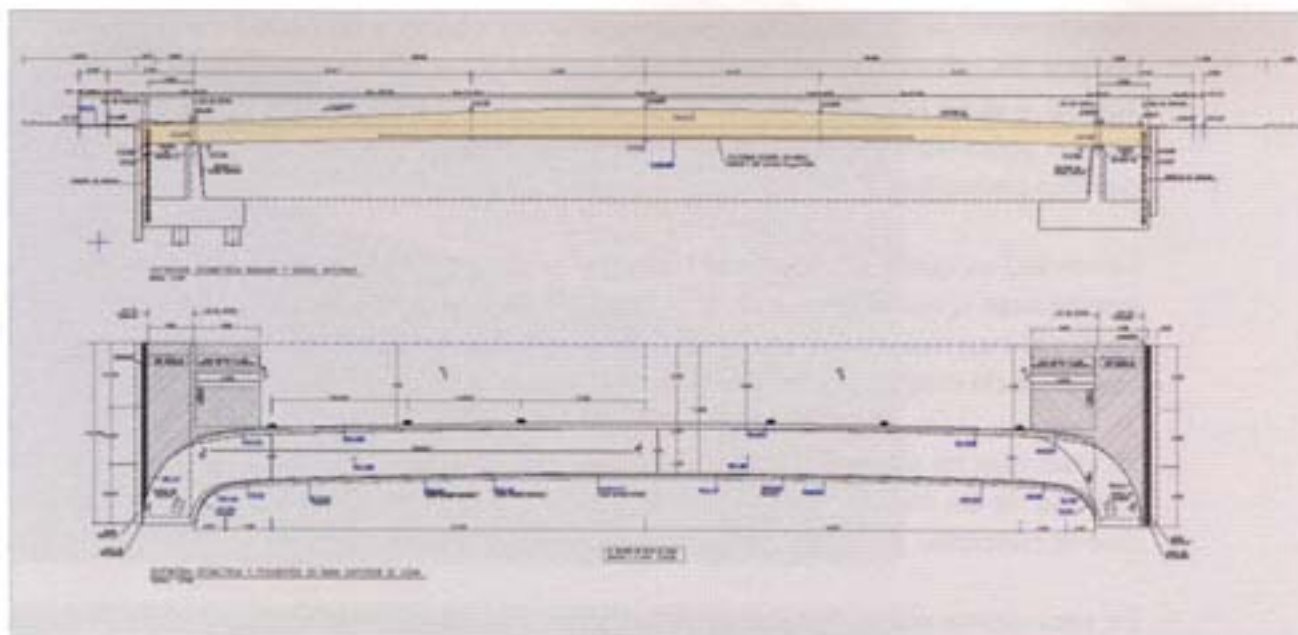


Foto 17. Hay 2 unidades singulares de la estructura: El puente tiene un pretensado en el interior de las zonas centrales de los cajones, que permite aligerar el sistema estructural. Hay 2 células atirantadas en los extremos que actuando como leves empotramientos elásticos que permiten una distribución de flexiones más homogénea, correlacionada con la forma de la pieza.

Foto 18. Anclajes de estribo.

Foto 19. La rasante está peraltada, lo que favorece la salida de agua y la sensación de levitación, e impulso en el salto, gracias a la ligera curvatura del puente.

Hay 2 unidades singulares de la estructura:

- El puente tiene un pretensado en el interior de las zonas centrales de los cajones, que permite aligerar el sistema estructural.
- Hay 2 células atirantadas en los extremos que actuando como leves empotramientos elásticos que permiten una distribución de flexiones más homogénea, correlacionada con la forma de la pieza. (ver fotos 17 y 18)

El tablero se compone de 4 grupos de elementos:

- a) 2 vigas mixtas en cajón de canto y ancho variables, de acero estructural A-52d, de sección trapezoidal semiabierta, conectada a una losa superior. La viga mixta se completa con una serie de diafragmas en celosía y rigidizadores para torsiones y abolladuras.
- b) 16 tirantes vinculados a las vigas cajón en sus extremos, colocadas verticalmente, accesibles en las cámaras de los estribos (y en cada apoyo).
- c) Armaduras activas de pretensado, dispuestas en el fondo de las vigas cajón, en su parte central.
- d) Un sistema de perfiles de arriostramiento y unión entre vigas cajón.

Los 2 estribos no son tradicionales. Hay unas cámaras para el acceso a inspecciones y control de todos los elementos. Hay una gran disparidad entre los 2 extremos del puente. La margen derecha aparece la roca a 7 metros. En la margen izquierda la roca se sitúa a 40 metros. La derecha tiene cimentación directa sobre la roca, mientras que la izquierda tiene un pilotaje de 4 Ø 125 m por pila.

Las impostas y barandillas buscan acompañar la esbeltez del tablero con iluminación incorporada (ver foto 19).

### La Pasarela Padre Arrupe en Bilbao

El segundo proyecto es el de la Pasarela Padre Arrupe en Abandoibarra, Bilbao, de 142 metros de longitud y 84m de luz en el tramo central. La estructura es una lámina plegada en U de acero inoxidable de 20 mm de espesor constante en todo el puente.

Este Proyecto es fruto de un concurso de ideas de 1995 (ver foto 21). El lugar entonces tenía una fuerte presencia de piezas muy contundentes:

- Universidad de Deusto
- Museo de Bellas Artes, junto al Parque de Doña Casilda
- Puente de la Salve
- Puente de Deusto. (Levadizo)

El resto de las piezas estaban en proyecto o ni siquiera aún, por lo que era uno de los lugares más duros de la ría. Se veía aún la reconversión en toda su crudeza. Aunque ya se sabía que aparecían grandes obras como:

- Biblioteca de Moneo
- La torre de Pei, para la Diputación de Vizcaya



Foto 21. El Concurso obligaba a resolver el salto de Abandoibarra (margen izquierda) a la Universidad de Deusto (margen derecha), y que también resolviera las conexiones de los paseos de rívera. Por ello necesitaba una geometría muy compleja, ya que saltaba 140 mts entre Abandoibarra (cota 6, que llevamos a la cota 9) y la Universidad (a la cota 11). Al mismo tiempo el concurso exigía un galibo de 13 mts. en el centro de la ría, y exigía acceder a los pasos de rívera (cota 4,50).

Foto 22. La idea es que la pasarela baja a buscar al ciudadano. Los pliegues conforman la estructura. Se trata de un elemento continuo en el que no hay diferencia entre rampas laterales y centrales. Presentamos al concurso una maqueta de plata. Habíamos realizado un puente en Tenerife con pila de acero inoxidable. Fue un fracaso por el acabado. El acero inoxidable es un material que brilla, tal como se ve normalmente. Brillo implica piel. Desde el primer momento la idea de trabajar con el Inox estuvo en la base de la conformación del proyecto.

- Del Guggenheim sólo había una maqueta
- Palacio Congresos, de Soriano

Rodeada de la Montaña de Deusto y la ciudad, Abandoibarra era originalmente una marisma inundable, por lo que no se utilizó para el ensanche de Bilbao, sino que se aprovechó mediante rellenos para colocar los Engladus y la actividad industrial. En la margen izquierda el firme está a 14 mts de profundidad – rellenos yodos. Toda la urbanización que se ha hecho en el borde de la ría tiene una losa de 1 metro de canto sobre pilares 4x4 o 5x5.

El Concurso obligaba a resolver el salto de Abandoibarra (margen izquierda) a la Universidad de Deusto (margen derecha), y que también resolviera las conexiones de los paseos de ribera. Por ello necesitaba una geometría muy compleja, ya que saltaba 140 mts entre Abandoibarra (cota 6, que llevarnos a la cota 9) y a Universidad (a la cota 11). Al mismo tiempo el concurso exigía un galileo de 13 mts. en el centro de la ría, y exigía acceder a los paseos de ribera (cota 4,50), (que se pensaban ensanchar ya que entonces no había aceras). A mismo tiempo se quería mantener la privacidad de Universidad en días festivos, y que fuera la entrada principal desde la ciudad en días lectivos.

El resto de los concursantes, como preveíamos, propusieron un salto único al que se le añadirían rampas y escaleras, pero pensábamos que esa no era la solución, ya que resolver todas las conexiones entre los paseos de ribera de la ría, a Universidad de Deusto y Abandoibarra no permitía una solución convencional de pasarela con un salto único. El proyecto nos llevó a buscar un elemento que se adaptara humildemente a las tensiones del lugar y a las circulaciones peatonales. Una pasarela con soluciones tipológicas, formales y técnicas, como las habituales, no podía resolver elegantemente las cuestiones planteadas, ya que las conexiones con los paseos de ribera quedarían como unos añadidos pegados al salto principal. Convierte las necesidades en virtud nos llevó a un elemento que, usado como materia única, desembocó en una solución de fuerte carácter. Partimos de un elemento continuo, de una lámina estructural de espesor constante, con dos pieles diferentes, una de acero inoxidable y otra de madera. Esta lámina solo es quebrada mediante un juego de plegamientos y cortes. Todo el proceso proyectual se lleva con esas únicas leyes, de modo que no hay diferencia entre los plegamientos que forman los puentes y los plegamientos que forman los quiebros de las rampas de acceso al paso principal de la pasarela. Es un juego de papiroflexia con una lámina de espesor constante.

El juego visual entre el liaz y el envés de la lámina convierte a la pasarela en un inusual objeto. Se construye así en una pieza urbana más que diálogue con personalidad propia acorde con el resto de grandes piezas de la zona (ver foto 21). El juego de reflejos con el agua de la ría y, en los quiebros, sobre la propia piel de la pasarela genera todo un ámbito de reflexiones. El cuerpo de la lámina entre las dos pieles se compone de elementos metálicos dispuestos de manera que forman una estructura esponjosa, que permite el paso de instalaciones y servicios a la vez



Foto 23. Fue muy importante diferenciar claramente entre lo metálico y la piedra de ciudad con un corte limpio. La idea es que la pasarela baja a buscar al ciudadano.

que distribuye las cargas. El encuentro entre las dos pieles se resuelve con una pieza especial de madera que sirve de albardilla a los petos laterales de cada tramo de pasarela y, a la vez, de pasamanos y de apoyo cómodo para ver la Ría y el entorno urbano desde la pasarela. La piel exterior se compone de una sucesión de grandes piezas prefabricadas de sección variable de chapa de acero inoxidable de 20 mm de espesor. Estas piezas forman la estructura principal de la pasarela y desempeñan una función portante. Las piezas se sueldan entre sí y la junta queda oculta bajo un resalte de acero inoxidable que crea un ritmo en la piel continua y sirve de “backing” durante el soldado de piezas. El aspecto deseado desde el exterior es el de una pieza unitaria con una gran presencia urbana que se pliega y divide en los encuentros de los distintos tramos. La piel interior tiene un carácter mucho más cálido y envolvente, tanto por el material del que se compone, madera, como por la modulación de sus elementos. Tanto el revestimiento vertical como el horizontal de la piel interior se resuelven con duelas de madera de lapacho (Tabebuia) de gran calidad estética y resistencia (alta densidad, excelente comportamiento ante agentes atmosféricos y orgánicos, alta resistencia al deslizamiento, tanto en condiciones secas como húmedas, se efectuaron ensayos de medida de la resistencia al deslizamiento en dos laboratorios independientes).

El carácter duro, agresivo e industrial que tenía Bilbao (debido a la reconversión) había que conservarlo (tal como propusieron el Palacio de Congresos y Guggenheim) en la memoria de los nuevos edificios. Todo lo que había allí, tenía una fuerte personalidad, con lo metálico, la siderurgia de fondo, pero también era claro que había que transformarlo en un proceso que fuera limpio, tecnológico, ligero.

El resultado, debido a los seis apoyos, es realmente un objeto con una potente imagen zoomorfa, una pieza que se ha posado buscando naturalmente los soportes, como si fuera una libélula. A esta visión ayudan las rampas y escalinatas de piedra que la elevan del suelo de la ciudad. Fue muy importante diferenciar claramente entre lo metálico y la piedra de ciudad con un corte limpio. La idea es que la pasarela baja a buscar al ciudadano. Los pliegues conforman la estructura. Se trata de un elemento continuo en el que no hay diferencia entre rampas laterales y centrales (ver foto 23).

Al trabajar con esta lámina, desde el principio apareció el acero inoxidable en una de las caras y en otra la madera, aunque en la maqueta no se puso la madera en la cara interior para que expresara mejor el material único que se pliega. Durante el proyecto se realizó una reflexión sobre el material de esta lámina, esponjosa en su interior. En los puentes pasa algo parecido a las esculturas, donde el material está en el inicio de la obra. No es un recubrimiento que se decide al final, como pasa muchas veces en arquitectura. El material en la escultura tiene propiedades poéticas en las que la materia se une al significado. Mientras que en arquitectura quizá son estructura, espacio, luz los que definen la forma de la materia, no ocurre lo mismo en la escultura, ni en la ingeniería, donde la materia se une a la forma. En la ingeniería muchas veces el punto de partida es el material. De él sale la forma, como en la escultura, y si se cambia el material, se cambian esbeltos y formas.

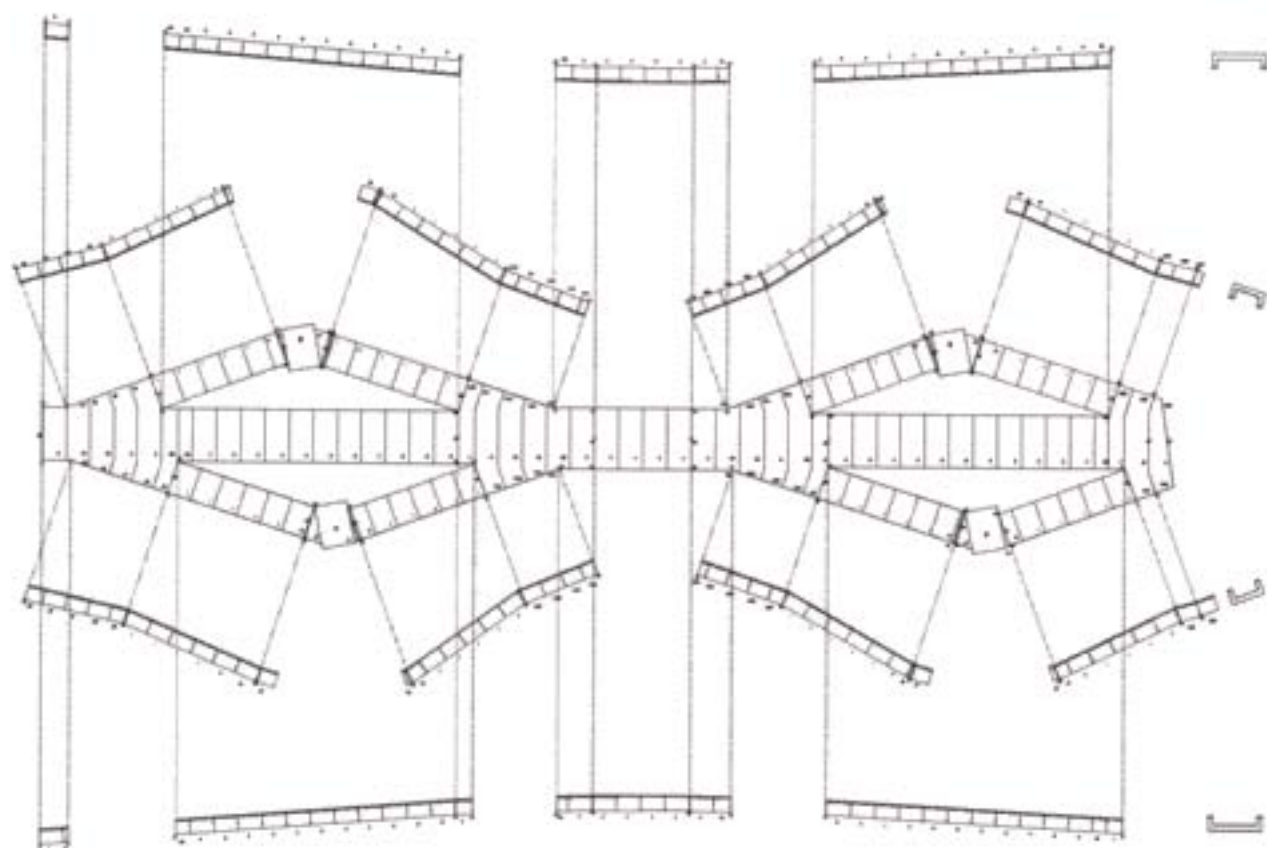


Foto 24. El proyecto parte del material, de sus dimensiones y sus posibilidades, y la tecnología actual.

Foto 25. Al final del proceso industrial de la fundición, se produce un granallado metálico y su inmersión en bañeras de ácido. El ácido saca el cromo al acero y da un aspecto de "piel de naranja" que refleja luz pero no produce un brillo marcado en un punto sino superficialmente. Un brillo como el habitual en los petos de acero inoxidable era algo indeseado para una superficie tan amplia como la que se planteaba, y que con este acabado de "piel de naranja" se resolvía adecuadamente.

Foto 26. Una vez que las planchas salen de la laminadora, se pliegan y cortan en sus extremos, y así aproximadamente 100 dovelas se enviaron desde Suecia dobladas hasta Vitoria, donde se soldaron en taller para convertirse en 25 piezas, que se enviaron a su vez a Bilbao, a pie de obra, donde se soldaron para montar las 13 grandes piezas que configuran el puente. La lámina plegada es un ejercicio de papiroflexia frente al componente estereotómico o tectónico de otros puentes.

El acero inoxidable en nuestras ciudades se usa profusamente pero creo que sin una reflexión profunda de su expresión. Se usa para tratar de dar una impresión de modernidad, enfatizando el brillo, el espejo. Si comparamos un peto de piedra y uno de acero inoxidable enseguida vemos cómo el peto de madera/piedra tiene vetas, color, transmite información, la información que está en la historia del material. Es un material que recuerda. Admite manipulaciones, como las que han tenido en su conformación. Se trata de una belleza que recuerda. El acero inoxidable, en cambio, siento que no admite manipulaciones posteriores a su conjunción original. Como un coche, o un cuchillo, no permite una abolladura. O pienso que no le da mayor belleza, porque la memoria de la nueva conformación (una vez terminada la pieza) no se incorpora bien al material. Es como si el acero inoxidable expresara la fuerza exterior que lo forma y difícilmente es capaz de asumir otra. Después no tiene capacidad de memoria (de ir incorporando lo que se sucede con naturalidad). El acero inoxidable no se pinta, no tiene cualidad propia. Todo depende del exterior, sin que se degrade con el paso del tiempo (no quiere cambiar con el tiempo). Es un material que simplemente no cambia con el tiempo. No tiene memoria.

Por otra parte, más brillo implica densidad de luz. Concentración de todo el universo en un punto (por ejemplo en las obras de Brancusi). Son silbidos de luz, concentración de lo externo en un punto lugar de excitación máximo en el que se valora la superficie frente a lo hondo, lo oculto.

Como en los otros puentes, en que se tenía un acceso al origen industrial de los materiales, cosa que también ocurrió con las esculturas de Chillida, en las que se trabajaba directamente en las fábricas, ya sean de prefabricación de hormigón o siderurgias de acero, en este caso se investigó sobre el proceso industrial del acero inoxidable, y se fue al origen de fabricación para resolverlo (ver fotos 24 y 25). El acero "Dúplex" elegido solo se fabricaba en Francia y en Suecia. Es un acero con mejores características de resistencia que el acero normal A-316. El dúplex tiene iguales propiedades a la corrosión, pero mejores características de resistencia. Del orden de 6.000 Kg./cm<sup>2</sup> a tracción, aunque daba algunos problemas de dilatación térmica.

El proyecto parte del material, de sus dimensiones y sus posibilidades, y la tecnología actual. Se eligió un espesor de 20 mm, ya que según la experiencia en otros puentes, se marcaban aguas en la chapa. Por tanto el espesor de la piel es constante, aunque no estrictamente por exigencia estructural sino para mantener la planeidad de las chapas. Se trata de láminas de 12-18 x 3 mts, que es lo máximo que se hacía en Europa, aunque los americanos laminaban hasta 5 mts, que luego se pliegan en fábrica y se envían al taller (ver plano de despiece (Foto 26)). Al final del proceso industrial de la fundición, se produce un granallado metálico y su inmersión en bañeras de ácido. El ácido saca el cromo al acero y da un aspecto de "piel de naranja" que refleja luz pero no produce un brillo marcado en un punto sino superficialmente. Un brillo como el habitual en los petos de acero inoxidable era algo indeseado para una superficie tan amplia como la que se planteaba, y

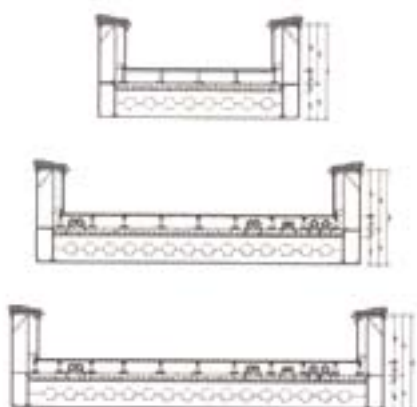


Foto 27. Las d6velas fueron plegadas en Suecia, protegidas, se enviaron por ferrocarril hasta Vitoria, donde se hizo el trabajo de soldado por URSSA. Se hicieron 3 tipos de pieza en funci3n de su posici3n, en rampas laterales o tramos centrales. La uni3n entre d6velas se hace a soldadura, trabajando desde el interior. Se montan caballetes para dar la contraflecha y se a6aden los marcos de rigidizaci3n.

Foto 29A. La secci3n t3po tiene 1,95 de alto. Las rampas tienen 4 de ancho, 3 l3bres interiores, la rampa principal tiene 7 de ancho, 6 l3bres interiores, y el canto del puente tiene 8 de ancho, 7 l3bres interiores. La colocaci3n del tramo central se hizo como en San Sebasti3n botando las d6velas centrales.

Foto 30. Montaje de los 6ltimos 13 tramos en obra.

Foto 28. Tambi3n surgi3 un problema al trabajar con el material, ya que el acabado no era posible repetirlo una vez que sale del proceso industrial, por lo que se oblig3 a manipular y soldar desde dentro del puente, protegiendo la superficie exterior en todo momento.

Foto 29B. Las piezas se sueldan entre s3 y la junta queda oculta bajo un resalte de acero inoxidable que crea un ritmo en la piel continua y sirve de "backing" durante el soldado de piezas. Se eligi3 un espesor de 20 mm, ya que seg6n la experiencia en otros puentes, se marcaban aguas en la chapa. Por tanto el espesor de la piel es constante, aunque no estrictamente por exigencia estructural sino para mantener la planeidad de las chapas.

Foto 31. Montaje de los tramos laterales sobre la r3a.

que con este acabado de “piel de naranja” se resolvía adecuadamente. También surgió un problema al trabajar con el material, ya que el acabado no era posible repetirlo una vez que sale del proceso industrial, por lo que se obligó a manipular y soldar desde dentro del puente, protegiendo la superficie exterior en todo momento (ver fotos 27 y 28).

Una vez que las planchas salen de la laminadora, se pliegan y cortan en sus extremos, y así aproximadamente 100 dovelas se enviaron desde Suecia dobladas hasta Vitoria, donde se soldaron en taller para convertirse en 25 piezas, que se enviaron a su vez a Bilbao, a pie de obra, donde se soldaron para montar las 13 grandes piezas que configuran el puente. La lámina plegada es un ejercicio de papiroflexia frente al componente estereotómico o tectónico de otros puentes (ver foto 27 y 28).

Los tramos laterales se pudieron colocar con grúas, pero para los tramos centrales no llegaban, por lo que el método habitual es ponerle unas mamparas en la sección de las dovelas, que sirven de arriostamiento, y se convierte en una barcaza. Hubo muchas dudas sobre la botadura de las dovelas, por el agua al Nervión, ya que podía atacar las soldaduras y al acero, y luego no se podía limpiar adecuadamente. Las piezas se tuvieron el mínimo tiempo en el agua. Aunque hay peces, los análisis decían que era un agua bastante agresivo. (ver fotos 29A, 29B, 30, 31, 33, 34)

La iluminación interior de la pasarela es de fibra óptica. Este tipo de sistema de iluminación permite un bajo mantenimiento, un nulo acceso a la fuente eléctrica y de calor por el viandante, ya que el generador se encuentra en un lugar independiente del proyector por el que sale el flujo luminoso. La iluminación exterior o monumental se ha proyectado teniendo en cuenta el especial entorno circundante. Ya que si esta pasarela es ejemplar y única, y en cualquier otro lugar destacaría singularmente, no lo es menos el entorno que la rodeará en el futuro. La iluminación del Museo Guggenheim es comparativamente baja a otros edificios emblemáticos, y el futuro parque de Abandoibarra tiene unos focos situados en mástiles que se pretende resalten con un ritmo marcado a lo largo de la Ría, por lo que se ha tratado de crear una iluminación que no rompa la coherencia del entorno con un objeto que pudiera sobresalir excesivamente de lo demás.

Creemos que la iluminación de la pasarela debe formar parte del continuo urbano, resaltando sus cualidades espaciales, y de pieza escultórica, pero sin llegar a entrar en competencia con el Museo, que entendemos debe permanecer como la estrella de la zona. Se concibe así la pasarela más como un mirador sobre la ría y la ciudad que como un objeto que focalice las miradas. La iluminación ha cuidado que no se produzcan deslumbramientos ni molestias al paseante. Los conceptos de iluminación monumental que queremos destacar son las cualidades excepcionales de la pasarela como estructura espacial en vez de una más convencional estructura lineal. Si la iluminación de un puente normal resalta la línea de salto entre ambas orillas, en nuestra pasarela se trata de resaltar los espacios estructurales plegados sobre los apoyos. En vez de proyectar la luz sobre los petos de acero inoxidable



Foto 33. Los tramos laterales se pudieron colocar con grúas, pero para los tramos centrales no llegaban, por lo que el método habitual es ponerle unas mamparas en la sección de las dovelas, que sirven de arriostamiento, y se convierte en una barcaza.

Foto 34. La pasarela se hila mediante gatos a su posición definitiva.

Foto 35. Una vez montado el tramo central se inicia la colocación de las rampas laterales.

de la pasarela, que se nos devolvería en un haz molesto de reflejos a los ojos, se trata de iluminar los espacios y plegamientos de la pasarela sobre los apoyos, como si fueran sendas "cúpulas".

Si la arquitectura es el arte de construir y manifestar las tensiones existentes en el lugar, interpretando la actuación humana, dándoles un "marco" en el que desarrollar su actividad, en la pasarela de Abandoibarra se ha proyectado una "pieza" que resolviendo técnicamente todos los problemas funcionales ofrece un fondo incomparable para la reflexión, por su capacidad de expresión y manifestación de todas las tensiones, que mediante esta construcción se materializan.

La pasarela peatonal sobre la Ría de Bilbao desemboca en su extremo de Abandoibarra en una plaza de nueva creación, la Plaza del "BEGIRARI" (El Vigía. Escultura de Eduardo Chillida), destinada a ser por un lado un encuentro entre la pasarela y la ciudad y por otro, un mirador, desde su posición elevada, sobre el nuevo parque, la Ría y los edificios de la Universidad de Deusto en la otra margen de la Ría. Esta zona de desembarco de la pasarela Abandoibarra constituye un punto singular dentro de la ordenación general del área, pero que debe resolverse conjuntamente con ella, por lo que su diseño se ha realizado en coordinación con los arquitectos que proyectan la actuación general en Abandoibarra.

Cuando mi padre ganó el concurso de la pasarela, Pablo Otaola, también Ingeniero de Caminos, pensando en su larga experiencia en otras intervenciones urbanas en las que había colocado grandes esculturas públicas, le pidió que aconsejara sobre la creación de un gran parque de esculturas en Abandoibarra, con los mejores artistas internacionales vivos. Mi padre enseguida vinculó al proyecto a Kosme de Barañano, al que Otaola no conocía entonces, quien gestionó directamente la creación del equipo de escultores. Uno de ellos iba a ser Eduardo Chillida.

Recuerdo una visita a Abandoibarra, mucho antes de que se quitaran los tinglados y las naves, con Eduardo, Pili, su hijo Luis y su yerno Gonzalo, con el Museo Guggenheim aún en obras. Eduardo podía elegir para colocar su escultura cualquier lugar desde el Guggenheim (que ejercía entonces cierta presión para que se colocara su escultura cerca del edificio) al Palacio de Euskalduna, pero Eduardo no veía claro en ese momento el sitio en el que colocarla. Creo que entonces tampoco sabía el tipo de escultura que debía ubicar (si una más volumétrica, como la de Guernica, o una más estilizada).

Mi padre le explicó como era el puente que había pensado, y luego vino a ver las maquetas de trabajo al estudio. Meses más tarde, un día mi padre me dijo que Eduardo estaba trabajando en una gran pieza vertical para colocarla cerca de la pasarela, lo cual le gustaba mucho. Recuerdo que posteriormente se hicieron varias visitas a Reinosa. Como Eduardo madrugaba tanto, había que levantarse muy pronto para salir de Madrid, y llegar con el primer vuelo a Santander, donde nos recogían e íbamos, con su hijo Luis al volante, muertos de miedo en el coche, ya que a mi padre no le gustaba la velocidad en carretera.



Foto 36. El cuerpo de la lámina entre las dos pieles se compone de elementos metálicos dispuestos de manera que forman una estructura esponjosa, que permite el paso de instalaciones y servicios a la vez que distribuye las cargas.

Foto 37. el proceso de fabricación de la escultura, una pieza de más de siete metros de alto y de un metro de diámetro, de acero corten macizo, que se introduce en un horno durante horas, días, hasta que se calienta lo suficiente para que esté al rojo vivo, y luego se golpea con un gran martillo hidráulico, fuera tan parecido al de una forja convencional, pero con una escala grandiosa, de gigantes.

Foto 45. Los conceptos de iluminación monumental que queremos destacar son las cualidades excepcionales de la pasarela como estructura espacial en vez de una más convencional estructura lineal.

Foto 38. La plaza en obras. La pasarela antes de colocar la piel de madera.

Fotos 46 y 47. Puente del Infante D. Henrique sobre el Duero en Oporto, con 280 metros de luz y solución en arco laminar muy rebajado, de hormigón. Maqueta del concurso.

Una de las maravillas de visitar la acería de Reinoso con Chillida era ver cómo todos los obreros le respetaban y querían. Se había hecho amigo de todos, desde los técnicos a los maquinistas, y todos estaban voluntariosos de ayudar, convencidos de que con él estaban haciendo algo único. Me impresionó que el proceso de fabricación de la escultura, una pieza de más de siete metros de alto y de un metro de diámetro, de acero corten macizo, que se introduce en un horno durante horas, días, hasta que se calienta lo suficiente para que esté al rojo vivo, y luego se golpea con un gran martillo hidráulico, fuera tan parecido al de una forja convencional, pero con una escala grandiosa, de gigantes.

Cuando uno ve una industria metalúrgica de este tipo en funcionamiento ya no puede dejar de sentir en la escultura todo el proceso que ha seguido para su fabricación, todo el calor, el ruido y las presiones que ha sufrido para llegar a tener su forma definitiva. Toda esa energía está contenida en la escultura. Cada vez que se quería modelar la gran pieza había que calentarla, y el proceso duraba tanto que había que dedicar días para realizar cada gesto sobre la pieza. Además si se cometía un error, si se equivocaban al golpear o doblar la pieza, ya no tenía remedio, había que tirar todo el trabajo y empezar de nuevo desde el principio. En el ruido ensordecedor de la siderurgia Eduardo gritaba dando instrucciones para que giraran o colocaran la pieza donde él quería para que fuera cogiendo la forma deseada.

Cuando vimos que la escultura ya tenía una forma casi final, hicimos unas maquetas de trabajo para que Eduardo viera la relación de la escultura con la plaza y con el puente. Aunque la plaza luego ha ido cambiando de forma, para adaptarse al proyecto del parque, se ha mantenido como un espacio limpio, como una pequeña colina a la que llega la pasarela. En medio aparece la escultura del "Beguirari". La plaza abraza la escultura y la entrada de la pasarela. Es una plaza con un pavimento de adoquines de granito negro y con un banco perimetral en el mismo material.

Recuerdo que Eduardo quería colocar su escultura sobre una base de acero, como tiene en algunos "aromas" de otras piezas pero, desgraciadamente, no le dio tiempo a dejarnos un dibujo. La escultura se percibe como una presencia que ampara todo el lugar, como el alma de una persona realmente grande, que permanece aún con nosotros, acompañándonos.

Para colocar la escultura en la plaza se inventó un apoyo para que la pieza únicamente se apoyara y no se soldara nada a ella. Como si un gigante la fuera a clavar en el suelo y se pudiera quitar. Se colocó un pilote debajo de su posición ya que pesa 47. 000 kilos. (ver fotos 36, 37, 38)

### **Puente sobre el Duero en Oporto**

El último puente del que voy a hablar es el proyecto del Puente del Infante D. Henrique sobre el Duero en Oporto, con 280 metros de luz y solución en arco laminar muy rebajado, de hormigón (ver fotos 46 y 47).

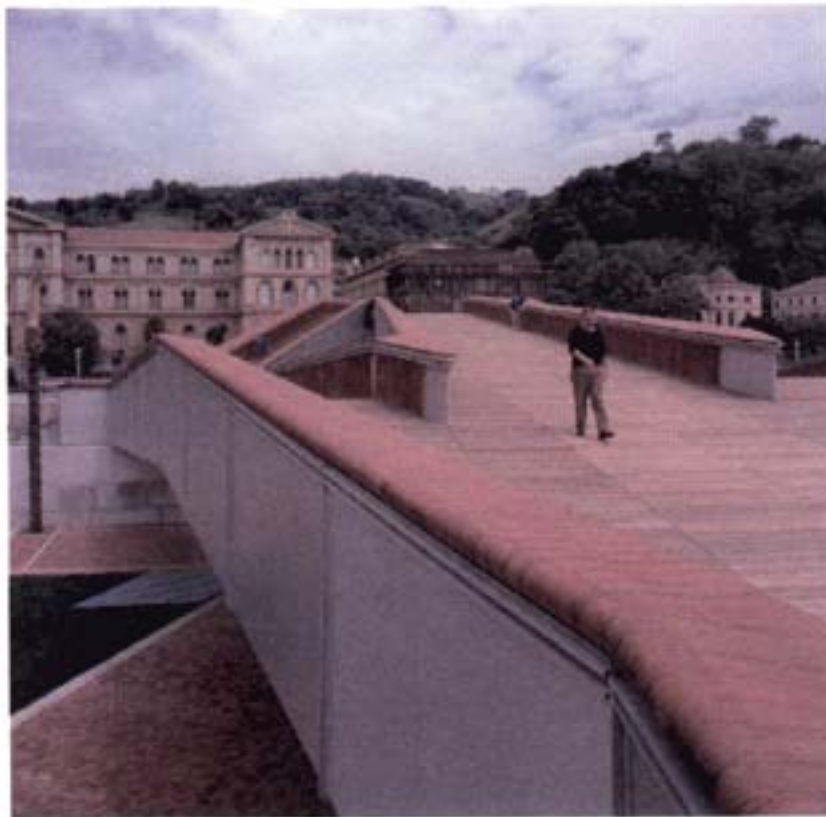


Foto 43. Vista superior de la pasarela.

Foto 44. Partimos de un elemento continuo, de una lámina estructural de espesor constante, con dos pieles diferentes, una de acero inoxidable y otra de madera. Esta lámina sólo es quebrada mediante un juego de plegamientos y cortes. Todo el proceso proyectual se lleva con esas únicas leyes, de modo que no hay diferencia entre los plegamientos que forman los petos y los plegamientos que forman los quiebros de las rampas de acceso al paso principal de la pasarela.

En este puente, como en los otros 2, se intenta que el salto, como el del atleta, de una apariencia de poco esfuerzo, como si el límite de sus posibilidades estuviera mucho más allá todavía (ver fotos 48 Y 49). Lo que se busca es un punto de contacto entre el sueño, lo mágico, y la vida, ya que sin este aspecto mágico, el sueño no es más que una utopía abstracta, y la vida trivial.

El puente salta entre la zona cercana al caso histórico, catalogado patrimonio de la humanidad, hasta la vecina ciudad de Gaia, en la margen izquierda del río. Una de las dificultades del concurso fue enfrentarse al equipo capitaneado por Siza, que presentó una propuesta muy potente formada por un pilar que caía en el agua y un gran dintel recto. Afortunadamente para nosotros el presupuesto de Siza era de los más caros de todos los que se presentaron al concurso, lo que tuvo gran influencia en el desenlace del concurso.

El puente surge de la cota alta, a 70 metros por encima del río Duero, y se encuentra entre el puente de Eiffel y el de su discípulo Sayrig. Y junto al del ingeniero portugués Cardoso.

La elección del tipo de estructura vino condicionada por la voluntad de que nada sobrepasara la rasante del tablero del puente, tal como hacen el resto de puentes de Oporto, que son arcos, y por otro lado se buscó elevar los apoyos, rebajando el arco, distinguiéndolo de los otros puentes y dándole un carácter mucho más aéreo. La solución de arco rebajado es compatible con la cimentación en las márgenes que son dos potentes macizos de granito. De esta forma la luz pasa de los 160 m del cauce a los 280 m del arco.

La solución no es un arco clásico sino una estructura híbrida dintel rígido arco laminar, en la que la flexibilidad del arco se apoya en la rigidez del dintel. Es una solución tipológica ya proyectada por R. Mayart, pero llevaba a una luz mucho mayor.

La longitud total del puente es de 370 metros. El dintel tiene 4,5 metros de canto y 11,0 de ancho, a la que se suma sendos voladizos de 4,5 metros para generar un tablero de 20 metros. El puente está formado por grandes planos que conforman, tanto los arcos, los montantes, como por la gran viga de tablero de sección constante. Los montantes son hormigón pretensado de alta resistencia. El puente está modulado cada 35 m. El arco laminar de hormigón tiene un espesor constante de 1,5 m, y un perfil longitudinal poligonal. El arco se vincula en los 70 m centrales al dintel consiguiéndose un canto de 6,0 m. Los dos primeros tramos del arco, de gran anchura, se aligeran internamente.

El proceso constructivo fue minucioso, ya que necesitaba voladizos de 140 metros. Se construyeron apoyos provisionales en la primera pilastra del arco de forma que se disminuye el voladizo a "únicamente" 105 metros.

Las características conceptuales básicas que se establecieron en este proyecto fueron un gran respeto al río y a los puentes históricos. Todos los puentes de Oporto



Foto 48. El puente salta entre la zona cercana al caso histórico, catalogado patrimonio de la humanidad, hasta la vecina ciudad de Gaia, en la margen izquierda del río. El puente surge de la cota alta, a 70 metros por encima del río Duero, y se encuentra entre el puente de Eiffel y el de su discípulo Sayrig.

Foto 49. El proceso constructivo fue minucioso, ya que necesitaba voladizos de 140 metros. Se construyeron apoyos provisionales en la primera pilastra del arco de forma que se disminuye el voladizo a "únicamente" 105 metros

Foto 50. El puente surge de la cota alta, a 70 metros por encima del río Duero.

Foto 51. La elección del tipo de estructura vino condicionada por la voluntad de que nada sobrepasara la rasante del tablero del puente, tal como hacen el resto de puentes de Oporto, que son arcos, y por otro lado se buscó elevar los apoyos, rebajando el arco, distinguiéndolo de los otros puentes y dándole un carácter mucho más aéreo.

son en arco, y no se quería competir con ellos, sino trazar una solución formalmente discreta y elegante aunque de gran pureza técnica, tanto en concepción como en ejecución. También un gran respeto a la ciudad, y a su perfil, evitando colocar elementos estructurales que se eleven sobre la rasante del puente. Se trata de un puente que no se apoya ni en el río ni en sus márgenes (en esto se diferencia claramente de los existentes), que vuela desde lo alto (ver fotos 50 y 51).

### **Proyecto Eduardo Chillida – Montaña Tindaya**

Termino mi intervención con el Proyecto de Tindaya. Es un Proyecto que no se ha construido aún y que desaparecido mi padre, tanto Chillida como su familia quisieron que continuara con él, lo que ha supuesto un enorme reto y responsabilidad para mí. El Proyecto se inició en 1994 y se tuvo la definición suficiente por parte de Chillida para su culminación en 2006, con la redacción del Proyecto de Ejecución de la Escultura.

#### **Antecedentes**

El 24 de mayo de 1995 el Gobierno de Canarias declaró de interés para Canarias, la elaboración del Proyecto ideado por el escultor Eduardo Chillida para la Montaña de Tindaya en Fuerteventura. Desde aquel momento el Proyecto ha tenido un caminar pausado a lo largo del cual se ha producido el debate y aceptación de la intervención escultórica por parte de los grupos políticos con representación parlamentaria, y de la sociedad canaria en general, y se han ido cubriendo una serie de etapas necesarias para obtener el consenso y aceptación general para iniciar el Proyecto Técnico.

El proyecto de Tindaya constituye una de las iniciativas de política turístico cultural más importantes llevadas a cabo en las últimas décadas. El proyecto tiene una honda repercusión en distintos aspectos:

- Artístico. Por tratarse de una obra de culminación en la carrera de Eduardo Chillida, considerado internacionalmente como uno de los cinco escultores más importantes del siglo XX.
- Turístico. Porque la existencia de una escultura monumental de estas características en el entorno de un importante destino turístico internacional como es Canarias, sirve de elemento dinamizador de un tipo de turismo muy importante para el archipiélago, dentro, precisamente, de una isla, Fuerteventura, con escasos monumentos y puntos de interés artístico o cultural.
- Social. Porque el polo de desarrollo que supondrá la realización del monumento dentro de un entrono protegido, beneficiará socio-económicamente a las localidades de su alrededor promoviendo la creación de servicios y generando empleo.
- Ecológico. Porque la realización de la escultura implica la protección de la montaña y su entorno en un radio de 5 km y supone un ejemplo paradigmático de desarrollo sostenible al combinar desarrollo social y protección ecológica y paisajística de la zona.

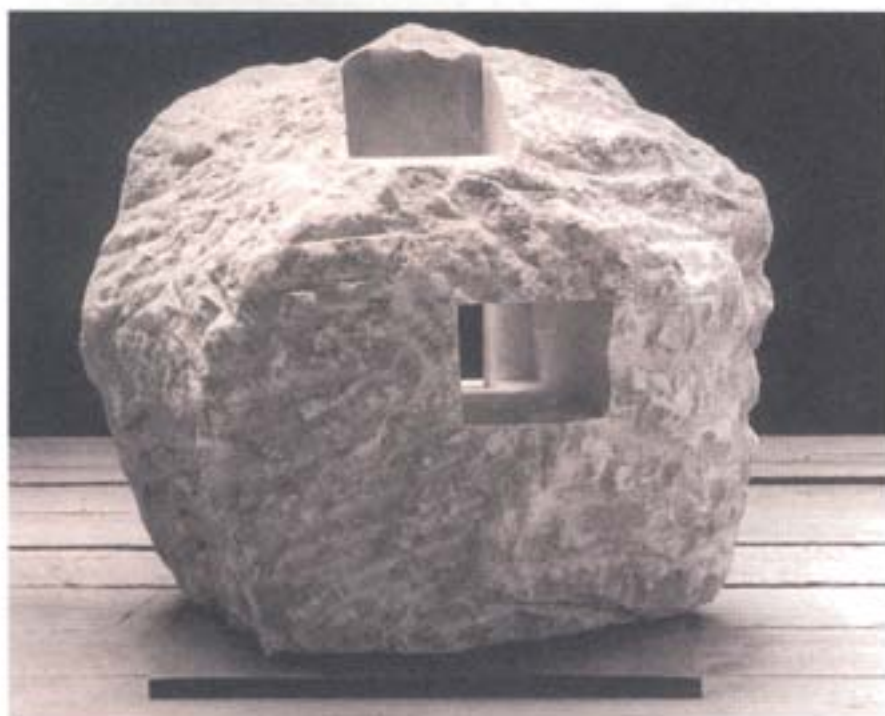


Foto 54. *Elogio de la luz XX*, 1990.

Foto 55. *Lo profundo es el aire XV*, 1995.

## Chillida

La escultura de Eduardo Chillida en la montaña de Tindaya no es una obra que se construya únicamente con una finalidad artística, en la que se desperdicie la piedra que se obtiene del interior de la montaña, sino que es una intervención que plantea el problema de cómo trabajar en una cantera, y que nos da la pauta para actuar en la naturaleza. La obra surge de la reflexión espacial de Chillida al ser consciente de que, al extraer la piedra de la cantera, los obreros introducen espacio en la montaña. En Tindaya Chillida ha unido ambas acciones poética y tecnológicamente: Al extraer la piedra crea el espacio. Este tema no es nuevo en la obra del artista, está presente en toda su actividad, tanto en la práctica del dibujo y del grabado como en sus piezas de piedra y acero. El inicio del trabajo se remonta a los primeros alabastros realizados en 1965, como consecuencia de un viaje que realizó en 1963 a Grecia, donde influyeron en el artista la luz y la diaphanidad del cielo como elementos esenciales del paisaje griego. Chillida se interesó por los perfiles, las líneas que el ojo pierde, encuentra y vuelve a perder —no porque sean líneas vaporosas sino por que son extremadamente finas. Se interesó también por la exactitud de las lejanías, por el horizonte que determina y *cierra*, en su traducción etimológica. Estos alabastros pusieron el acento de la cuestión espacial en un nuevo punto de inflexión, el concepto de límite.

Es en el juego de límites, en su interrelación, donde se conforma el sentido del espacio en la obra de Chillida. Crear un lugar significa poner límites, delimitarlo, definirlo: introduciendo un espacio o vaciándolo. Para Chillida sacar el espacio de la entraña de Tindaya significa crear un lugar, entre el cielo y la tierra, desde donde contemplar el horizonte y entregarse a la luz y a la arquitectura que la propia luz crea.

La referencia más evidente hacia el proyecto de Tindaya se dio en otros dos alabastros, el titulado precisamente "Vacío de la Montaña", *Mendi Hutz*, de 1984, y el titulado *Elogio de la luz XX*, de 1990. En ambas piezas pretendió penetrar la piedra, creando un espacio en su interior al sacar la materia (ver foto 54 y 55)

La idea para Tindaya se basó en el conocimiento de la estructura y del significado de la materia-tierra y de su relación con el cosmos. En esta etapa de nuestra cultura, del hombre en la definición de B. Franklin como un *tools making animal*, del ser tecnológico, Chillida se preguntó por el significado de nuestra existencia, sin renunciar a los milagros técnicos de nuestra civilización. Explotando las canteras por dentro Chillida buscó respetar los mismos fenómenos que reverenciaban nuestros antepasados: la vital relación entre lo profundo de la tierra y el sol, la mar y la luna.

Así como el artista está acostumbrado a preguntar a la materia sobre lo que quiere ser, a forzar a la materia hasta el equilibrio máximo adonde puede llegar, se puede apreciar en esta obra de Chillida cómo el escultor pregunta a la técnica sobre lo que quiere ser, y hasta dónde puede y debe llegar. Pero en la pregunta a la técnica, sobre el límite constructivo que se pretende, se une la necesidad de que aquello que se logre utilice los medios estrictamente necesarios para el fin que se quiere alcanzar.

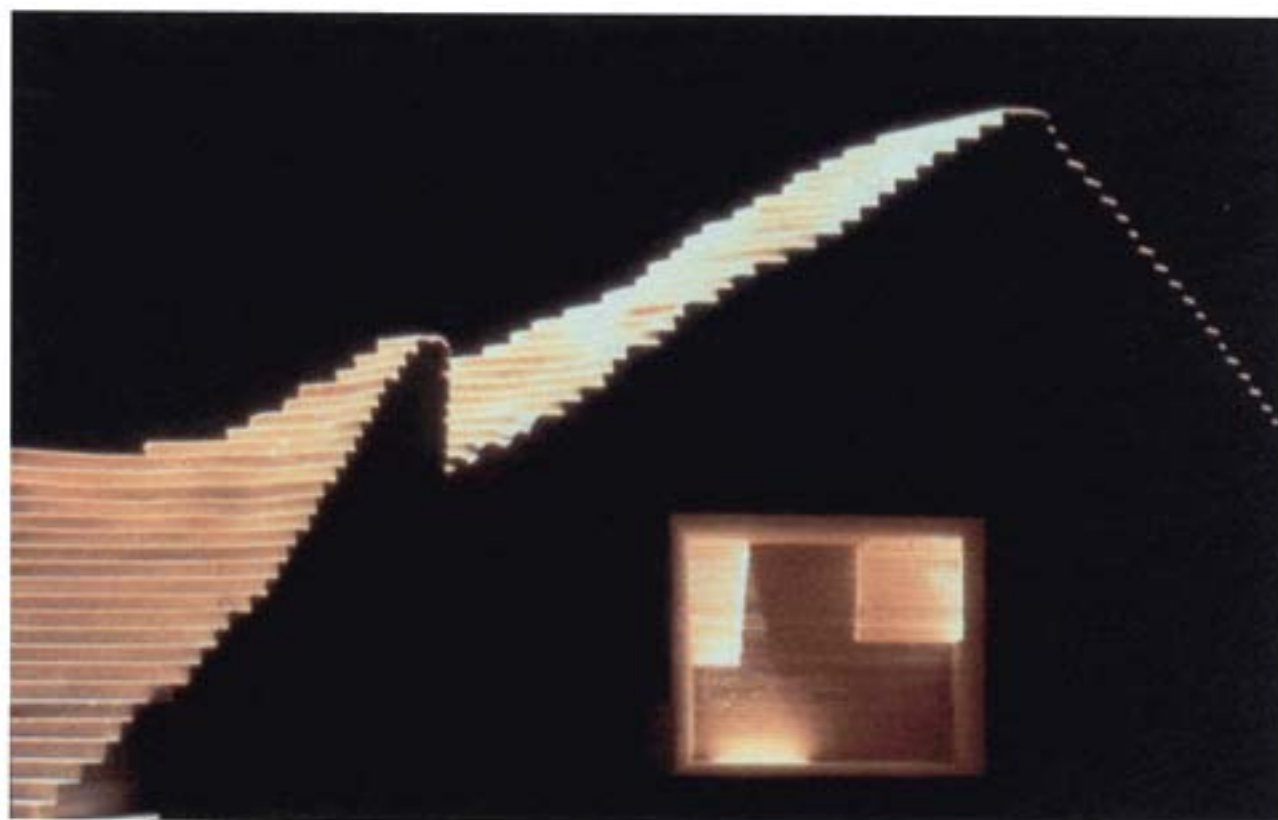


Foto 56. Imagen de la maqueta abierta mostrando el interior del espacio, 1995

Foto 57. Foto de la maqueta. Detalle de la embocadura de la luna, 1995.

Foto 58. Maqueta. Foto del espacio de día, 1995.

El paisaje es un concepto que el hombre crea: **es una construcción cultural**. Hablamos por igual de un paisaje de Provenza o de un paisaje de Cezanne. Un paisaje es cultura antes de que sea naturaleza. La percepción del paisaje está condicionada y depende de la percepción total sobre la vida.

Chillida no intentaba construir o reconstruir un monumento megalítico. La fuerza panorámica de la Montaña era demasiado impresionante para construir sobre ella, en su exterior. Chillida quiso marcar su interior y emplazarse en comunicación con el paisaje. Además desde la altura de la escultura se divisa un paisaje aún espléndido, no sometido todavía a ninguna vejación, ni industrial, ni de ningún tipo. Es también una construcción de arte *land-art*, un enorme grabado en piedra del escultor.

Esta mezcla de valores estéticos (paisaje, grabados prehistóricos, arte contemporáneo) proporciona a la Montaña un gran **prestigio cultural**, que no deja de ser un importante activo escultórico.

### Descripción de la escultura

Morfológicamente la obra diseñada por Eduardo Chillida se compone de una gran cámara central de proporciones básicamente cúbicas, pero en la que es difícil encontrar el ángulo recto. Aunque de grandes proporciones la escultura supone únicamente el 0,3% del volumen de la montaña (ver foto 56)

La cámara tiene una gran embocadura horizontal, orientada al oeste, desde la que se divisa el horizonte y el mar. Se ha situado escondida en el pliegue oeste de la montaña, aprovechando una cantera y un camino existente, que servirá de acceso. El nivel de la embocadura de entrada se encuentra unos metros más bajo que el nivel del suelo de la gran cámara de modo que los visitantes que transiten por el túnel no interferirán la línea de horizonte del espectador.

Completan la escultura otras dos embocaduras verticales encajadas en las esquinas superiores opuestas a la de la entrada del gran espacio. Son las embocaduras del sol y la luna, a través de las que la obra recibe principalmente su iluminación. La embocadura del Sol se ha acoplado en el lado sur de la montaña y la de la Luna en el lado norte, buscando una luz más fría. Estas dos aberturas afloran en la superficie de la montaña, una en la ladera norte y otra en la este, y lo hacen a ras de suelo, sin ningún elemento externo que denote en la distancia su presencia.

Se ha cuidado especialmente el contacto de las embocaduras de la escultura en su salida a la superficie de la montaña, situándolas de tal manera que exteriormente su impacto visual sea mínimo, amparándose en la cresta de la montaña que las separa. Con ello conseguimos que, desde el entorno de la montaña y desde su base, prácticamente no se perciban. Al estar ocultas por la geometría de la propia montaña, una respecto de la otra, es difícil ver la salida de las dos embocaduras a la vez (ver foto 57, 58).



Foto 59. Foto de grabados podomorfos.

Chillida deseaba hacer de la montaña de Tindaya más que una percepción una **experiencia**. No trataba de alterar la percepción de la montaña sino de ponernos en contacto con ella. Tindaya es un espacio que cambia con el sol, con la luna, con el movimiento de las nubes, con el ruido del viento y con el mar, con el día y con la noche.

### **Podomorfos**

La montaña de Tindaya es uno de los principales yacimientos de manifestaciones rupestres de la isla de Fuerteventura. Los grabados, realizados en la piedra ya por percusión ya por simple incisión, constituyen uno de los elementos más interesantes y a la vez desconcertantes de la prehistoria de las islas Canarias. Sobre ellos, y a pesar de la importante bibliografía generada en los últimos años, no hay hasta el momento ninguna conclusión sólida ni sobre su origen y significado, ni sobre su cronología.

Estos grabados son figuras geométricas en forma de siluetas esquemáticas de pie, realizadas con la técnica de picado y erosión sobre la propia piedra, o con hendidura de presión. Son llamados grabados geométricos de tipo podomorfo o simplemente grabados podomorfos.

Estos grabados rupestres se encuentran agrupados en paneles en la parte superior de la montaña en un número superior a los 200 ejemplares. (ver foto 59)

Los habitantes de la isla han considerado siempre la montaña de Tindaya como un lugar sagrado y normalmente como escenario de los cuentos de brujas y de misterio.

Si es evidente que estas manifestaciones rupestres majoreras aportan una huella cultural valiosísima del pasado insular– como un elemento cultural de especial importancia para el estudio de los orígenes de la cultura canaria– no menos evidente es que la manifestación escultórica de Eduardo Chillida desde dentro de Tindaya será una atalaya cultural para el futuro. La montaña sería así doblemente “sacralizada” como estación cultural: por una parte por la huella arqueológica, por otra por la huella del arte del siglo XX.

Los grabados podomorfos se encuentran a más de 100 metros de la ubicación del espacio de Chillida por lo que no son afectados por la escultura. Su preservación, y el establecimiento de un método científico de preservación y exposición, se recogerá como un trabajo complementario a la gran obra escultórica.

**Puesta en marcha del Estudio Técnico para determinar la viabilidad del Proyecto**  
El 12 de Enero de 2001 el Consejo de Gobierno de Canarias tomó el acuerdo de poner en marcha el proceso para determinar la viabilidad técnica del Proyecto de Chillida para la Montaña de Tindaya.

El Proyecto Eduardo Chillida – Montaña Tindaya, es un Proyecto artístico cuya naturaleza requiere de un enorme esfuerzo, forzando al límite la capacidad técnica de la Ingeniería actual, no solo para permitir la realización de una obra subterránea

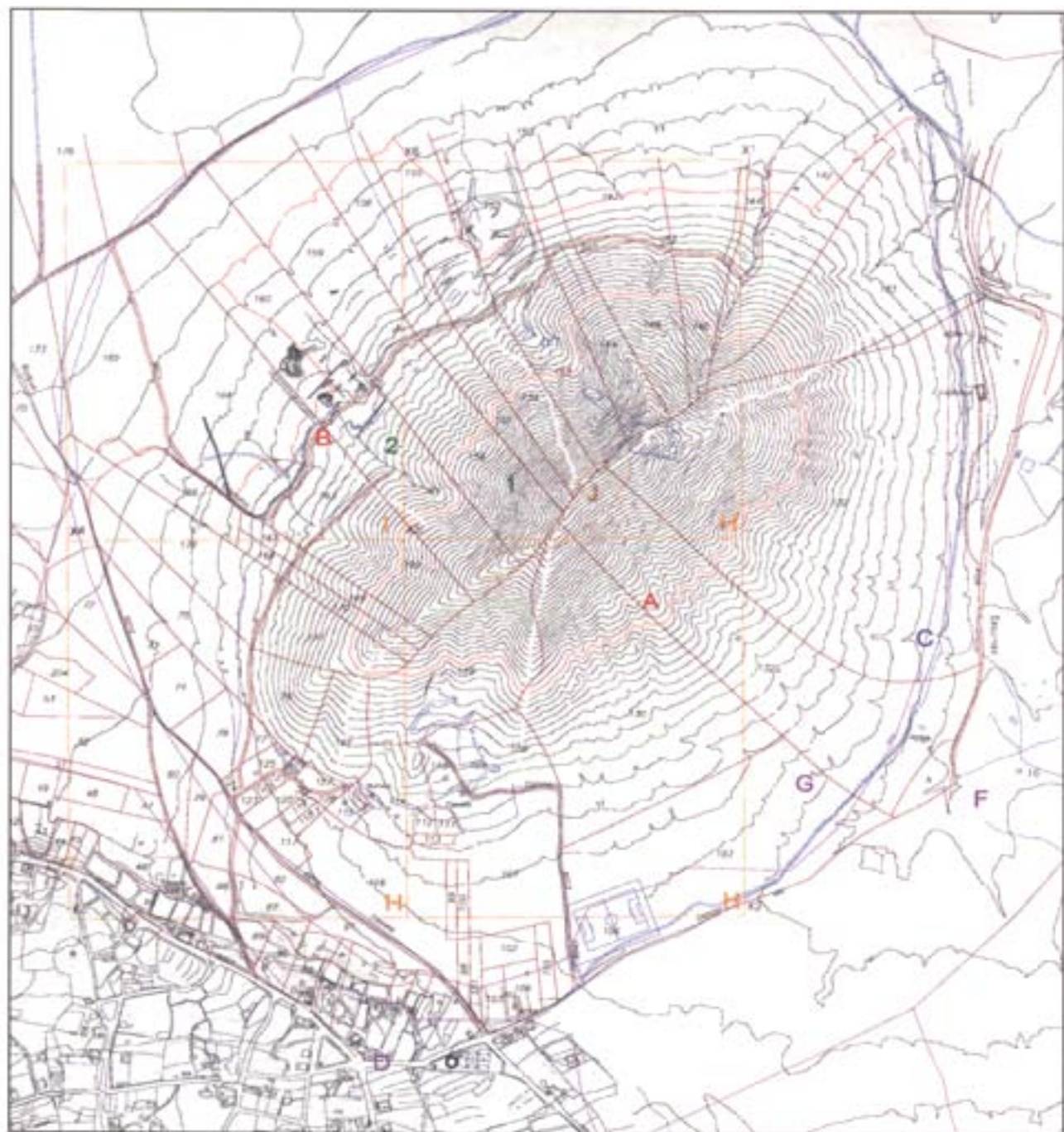


Foto 60. Plano de normativas que afectan al Monumento Natural.

de dificultad extrema por tamaño, y estricta morfología, sino también por otras restricciones que la escultura impone, propias de su expresión artística, como es que no se quiere hacer una estructura independiente que soporte la masa de piedra sobre el espacio, sino que se pretende hacer trabajar al propio macizo rocoso con la ayuda de un sostenimiento, o que la piedra de la superficie del espacio debe aparecer tallada directamente en la montaña, sin revestimientos.

Por todo ello, la materialización del Proyecto se concibió estructurada en fases que fueran proporcionando certezas respecto a la viabilidad a medida que se avanzaba en su realización, de modo que se justificara técnicamente la continuación de los estudios, y sus correspondientes presupuestos parciales, de cara a su materialización, o bien su abandono antes de inferir daños a la montaña de Tindaya, lo cual fue una preocupación fundamental del propio Chillida.

El Estudio Técnico se dividió en tres fases. Al término de cada una se determinó la viabilidad provisional del Proyecto, condición necesaria para pasar a la siguiente fase. Durante todo el estudio se desarrollaron en paralelo actuaciones medioambientales con objeto de analizar y minimizar el impacto de los estudios "in situ". Las fases del Estudio fueron:

- Fase 1. Estudio de la geología de la montaña e investigaciones geológico-geotécnicas desde la superficie (incluida geofísica de la superficie), un Estudio de Alternativas, con sus correspondientes modelos numéricos, y la definición del alcance de la Fase 2.
- Fase 2. Investigación intrusiva de la montaña, incluyendo la perforación de sondeos y la realización de ensayos "in situ" y de laboratorio, para obtener parámetros geotécnicos del macizo rocoso, confirmar los parámetros del diseño inicial y conocer la estructura interna de la Montaña.
- Fase 3. Realización de cálculos y simulación por ordenador para finalizar el diseño detallado del sostenimiento del espacio, las embocaduras y la galería de acceso, la elaboración del Proyecto de Construcción para licitar los trabajos, y el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental.

### El equipo

Se creó un equipo internacional multidisciplinar para llevar a cabo el Proyecto, que incluyó disciplinas como arquitectura, geología, geotecnia, minería, ingeniería civil y medioambiental, telemetría, sismología, vulcanología, modelación numérica, gestión de riesgos, entre otros. Participaron como consultoras las Ingenierías IBERINSA, OVE ARUP y Scott Wilson Piesold. Así mismo el equipo de Santiago Hernández Fernández y D. Francisco Díaz Pineda estuvieron desarrollando los estudios Medioambientales y de Impacto Ecológico, y propusieron las medidas correctoras a todas las actuaciones que se llevaron a cabo en la montaña.

Al tratarse de un Proyecto muy singular, sin precedentes en el mundo de la ingeniería subterránea, se creó un panel de expertos, con algunos de los mejores especialistas del mundo en Geotecnia y Mecánica de Rocas para asesorar durante la ejecución de los estudios, integrado por el Profesor Evert Hoek, el Catedrático

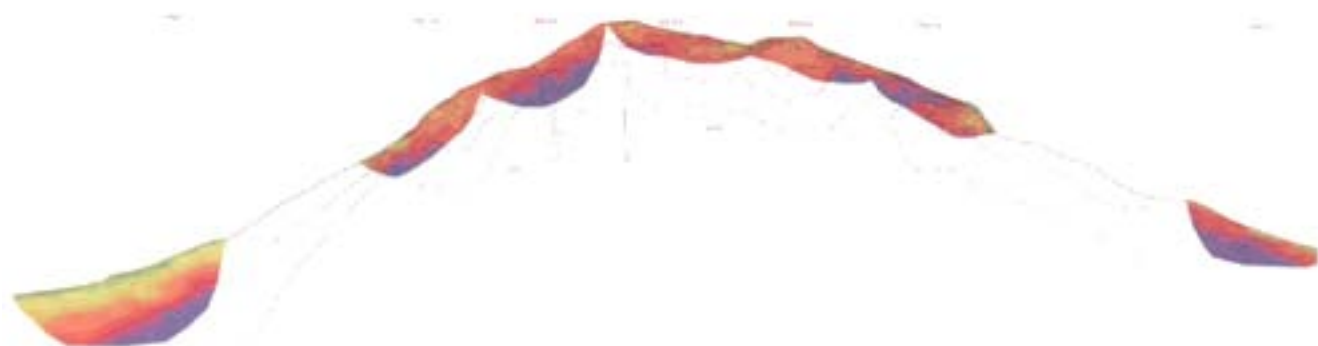


Foto 61. Imagen de satélite de la montaña.

Foto 64. Perfil longitudinal de geofísica de la montaña.

de Mecánica de Roca de la UPM, Alcibíades Serrano y el Profesor Claudio Olalla (Profesor Titular de Geotecnia de la UPM)

### Marco legal

Aunque la montaña de Tindaya está clasificada como Monumento Natural aplica sobre ella una extensa red normativa y de derechos. La montaña está sometida a una parcelación de aproximadamente 50 propiedades, y soporta una malla de cuatro cuadrículas mineras, cuyo fruto fue la creación de varias canteras. Entre otras, la normativa que afecta a la montaña es la siguiente:

- Declaración de 'Monumento Histórico Artístico', a favor del yacimiento arqueológico de la montaña de Tindaya.
- Declaración de 'Bien de Interés Cultural'.
- Declaración como 'Paraje Natural de Interés Nacional'.
- Reclasificación como 'Monumento Natural'.
- Normas de Conservación del Monumento Natural de Montaña Tindaya (Fuerteventura).
- Plan Insular de Ordenación de Fuerteventura. (ver foto 60)

### Fase I del proyecto Técnico. Estudio de Alternativas

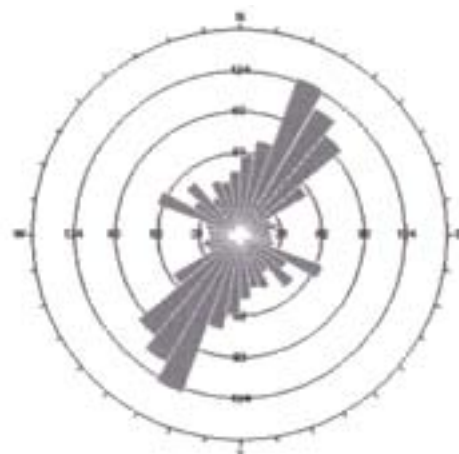
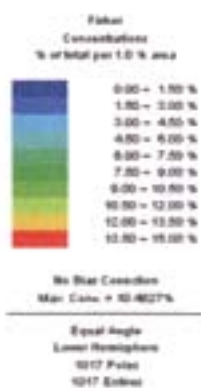
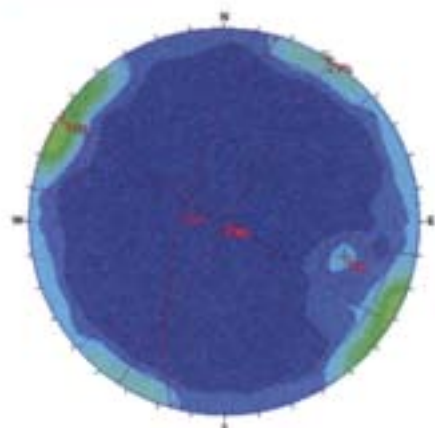
#### • Geología

Las investigaciones geológicas realizadas permitieron definir la formación geológica de la montaña de Tindaya. Se trata de una intrusión lacolítica de traquita en el complejo volcánico original, que más tarde estuvo expuesto a una erosión masiva, posiblemente por deslizamientos de ladera. La zona de contacto entre la traquita y el basalto original se ha identificado en el lado este de la montaña, y la teoría postula que el lacolito<sup>3</sup> se extiende hacia el oeste, uniéndose con el monte Tebeto. A partir de los trabajos de teledetección y los trabajos de campo, se consideró que la Montaña de Tindaya consta de dos partes diferentes: un área de traquita "laminada" al este, y un cuerpo de traquita "macizo" que forma la masa central y occidental de la montaña. La diferencia entre ambas áreas se debe al modo en que se formó el lacolito. El espacio de Chillida está situado dentro del cuerpo de traquita "maciza", donde existen mejores y más uniformes condiciones de roca. La montaña está cruzada por diques de basalto. (ver foto 61, 62, 63)

Gracias a la teledetección y a los trabajos geológicos de campo se identificaron las principales discontinuidades que afectan al espacio. Se identificaron siete diques de basalto que pueden pasar cerca de, o interceptar, el espacio, el túnel o bien las embocaduras. Estos diques se estudiaron en un modelo en 3D y, desde el punto de vista técnico parecen pocas las ventajas de desplazar la escultura, ya que no hay otras ubicaciones que tengan menos interacciones con estas discontinuidades. La presencia de los diques y las diaclasas principales representa variaciones localizadas o discontinuidades en la naturaleza de la masa rocosa que se han modelizado específicamente.

3. Un lacolito es una intrusión tardía de masa magmática de gran extensión, con la superficie inferior plana y la superior convexa, insertada en el cuerpo del volcán principal.

TRAQUITA MASIVA



TRAQUITA LAMINADA

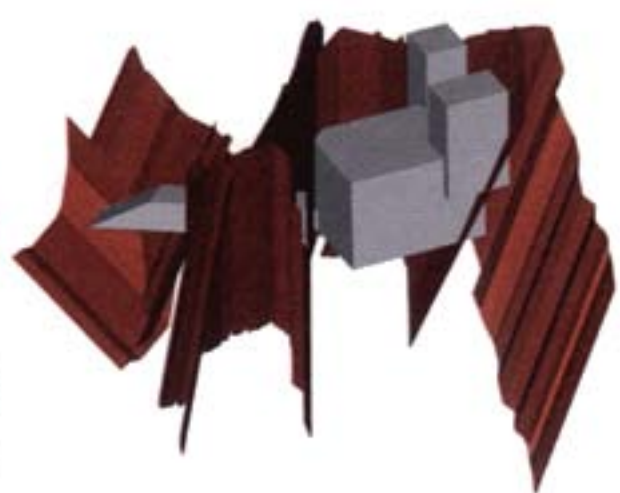
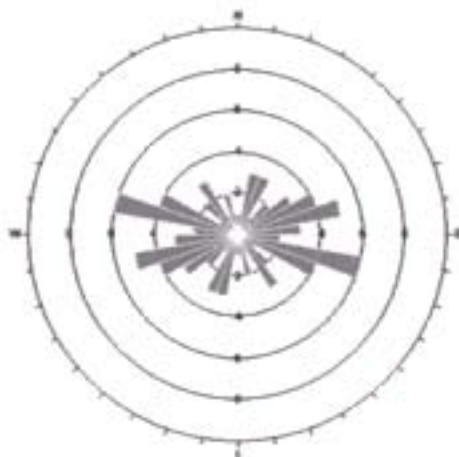
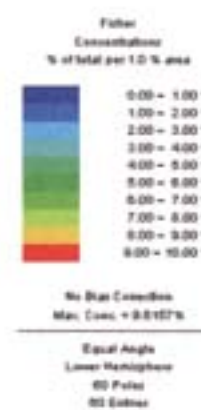
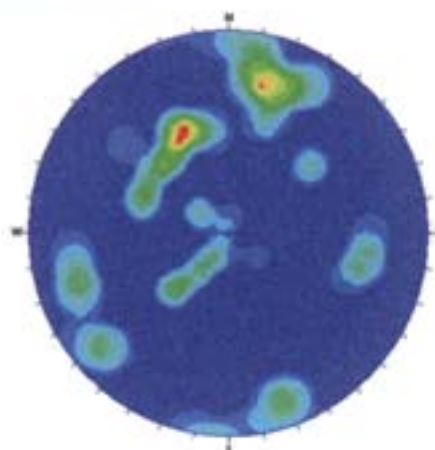


Foto 63. Estereograma de las familias de diaclasas.

Foto 65. Modelo 3D con el espacio y los diques.

El trazado de mapas realizado identificó seis familias de diaclasas dentro del macizo rocoso. Las familias principales son prácticamente verticales, con espacios entre diaclasas de 2 a 4 metros en la superficie de la montaña. Se recopiló datos sobre la resistencia de éstas, aunque, como se encuentran degradadas, las características de resistencia medidas fueron asumidas con cautela, ya que la estabilidad del espacio depende de la interacción de estas diaclasas.

La investigación geofísica sísmica de la montaña confirmó el alcance de la meteorización de la superficie de roca, que se extiende hasta aproximadamente 15 a 30 metros de profundidad por debajo de la superficie. Como el espacio va a estar situado aproximadamente a más de 50 m por debajo de la superficie, estas investigaciones indicaron que estará en un área de roca sana, con velocidades de onda de compresión de aproximadamente 4.000 m/s. El estudio geofísico confirmó además que el grado de meteorización de la roca (que está relacionado con el cambio en las propiedades de resistencia) era menor en lo alto de la montaña, donde tendrá lugar la excavación del espacio Chillida, comparado con el que se observó en las canteras situadas en la base de la montaña. (ver foto 64)

- **Macizo rocoso y clasificación**

Se efectuaron también ensayos de laboratorio en muestras recogidas de las canteras. Estos ensayos confirmaron que la roca tiene unas buenas propiedades en cuanto a resistencia y aportaron parámetros que fueron utilizados en los modelos de cálculo iniciales. También mostraron una clara diferencia de propiedades entre la roca muy bandeada procedente de la cantera sur y la de las dos canteras occidentales. Esto apoyó la teoría de que la mayor coloración de la roca se debe a una mayor meteorización.

- **Conclusiones de la Fase I**

Los estudios de la Fase I confirmaron que la escultura estaría situada en un área de roca sana en buen estado. Se propusieron diversas alternativas para la solución del sostenimiento y el procedimiento de construcción. Los cálculos iniciales indicaron que el valor de los esfuerzos no era excesivamente alto. Se concluyó que no había nada que indicara que la construcción de la escultura no fuera viable. Debido a la naturaleza desconocida de los materiales que se encuentran bajo la superficie de la montaña se recomendó que el Proyecto procediese a los trabajos de investigación de la Fase II, que proporcionaron más información sobre el macizo rocoso y establecieron la viabilidad del Proyecto con mayor certeza.

### **Fase II, sondeos**

La Fase 2 del Proyecto cubrió los objetivos establecidos al inicio de los trabajos, al haberse obtenido los datos geomecánicos del interior de la montaña que se establecieron como necesarios para iniciar la Fase 3, y al haberse realizado una campaña de Investigación Geotécnica con un rigor y cuidados exquisitos, que concluyó satisfactoriamente desde el punto de vista medioambiental. Para ello se dedicaron un tiempo y esfuerzo considerable en la dirección de los trabajos y, aunque tardaron más tiempo de lo previsto inicialmente, para poder garantizar la calidad de los



Foto 69. Foto aérea de las plataformas de la Fase 2.

Foto 70. Foto de las plataformas de la Fase 2 para la realización de los sondeos.

Foto 71. Durante la Fase 2 todos los elementos se subieron y bajaron de la Montaña con medios aéreos.

resultados, terminaron sin accidentes, sin daños a la montaña ni su entorno, con resultados de buena calidad y evitando todo imprevisto que pudiera dar lugar a grandes variaciones en el presupuesto. Los datos obtenidos en la Fase 2 fueron analizados por la ingeniería OVE ARUP, por la Ingeniería IBERINSA así como por el experto de reconocido prestigio mundial Evert Hoek. Todos ellos coincidieron en sus informes en que el Proyecto, con los datos conseguidos, y las opciones estructurales propuestas, era técnicamente VIABLE.

La Fase II del proyecto consistió en la obtención de muestras del interior de la montaña y su análisis posterior para conocer las características de la roca y la estructura del macizo rocoso allí donde se desea crear el espacio.

Los trabajos de la Fase II se centraron en la realización de 14 sondeos (perforaciones de 10 centímetros de diámetro), con una profundidad media de más de 100 metros. De esta forma, se extrajeron 1.705 metros lineales de delgadas columnas de roca para su estudio. Las muestras obtenidas fueron analizadas tanto en la propia montaña como en el laboratorio.

Para la realización de los sondeos se construyeron cuatro plataformas temporales en la zona norte de la montaña, de aproximadamente 80 metros cuadrados, que albergaron los equipos de perforación y permitieron a los operarios realizar sus trabajos con normalidad, sin que su actividad afectase a la superficie de la montaña. Además, se dispusieron dispositivos de decantación y reciclaje del agua de refrigeración de la máquina perforadora (ver fotos 69, 70, 71).

El montaje y desmontaje de la plataforma se efectuaron con las máximas medidas de protección medioambiental, y todos los elementos se colocaron sobre las capas protectoras de fibra geotextil y PVC. Además, en determinados lugares se añadió una protección de neopreno para evitar roturas y la transmisión de vibraciones. El objetivo final de estas protecciones era la no alteración de la superficie de la montaña de forma que las personas que la visiten en el futuro no adviertan ninguna diferencia con la situación previa. Los grabados podomorfos no se vieron afectados por el estudio de la fase II, ya que se encuentran a 100 metros de las plataformas.

Algunas de las medidas de protección ambiental para la Fase II del Estudio Técnico fueron las siguientes:

- Transporte en helicóptero de materiales y maquinaria
- Protección de la superficie de la montaña bajo las plataformas de perforación mediante láminas de geotextil y PVC, relleno posterior de las perforaciones con limo de la propia montaña y minimización del impacto paisajístico con redes miméticas.
- Recogida y reciclaje del agua de refrigeración de las máquinas perforadoras
- Programa de Formación Ambiental para todos los operarios que participaron en las operaciones
- Plan de Seguimiento y Control Ambiental que vigiló el inicio, la instalación de los taladros, las perforaciones y la finalización de los trabajos

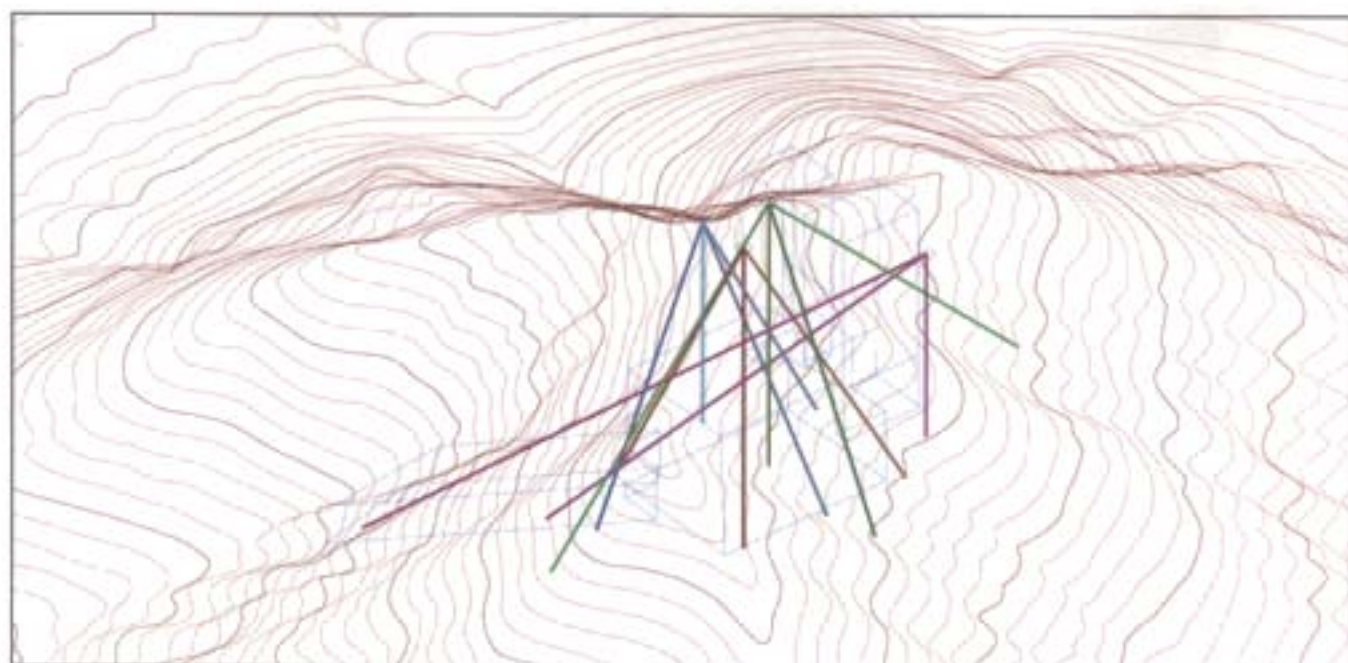


Foto 67. Esquema sondeos.

- Plan de restauración Ambiental. Análisis de la situación antes y después de los trabajos y restauración en caso necesario.  
(ver foto 67)

### Fase 3. Proyecto

La Fase 3 consistió en la redacción del Proyecto de Ejecución y en la redacción del Estudio de Impacto Ambiental. Aconsejados por varios de los más renombrados expertos mundiales en mecánica de rocas, se realizó un modelo de cálculo numérico con el programa 3DEC, para poder estudiar con mayor fiabilidad el comportamiento geomecánico del macizo rocoso. El 3DEC es una herramienta de análisis numérico poderosísima que es capaz de modelizar las interacciones significativas del comportamiento del macizo rocoso, sus interacciones estructurales, sus comportamientos inestables, el trabajo del sostenimiento y sus refuerzos, y la influencia de cargas producidas por el agua (niveles freáticos) y por fuerzas sísmicas. Modelos con estas capacidades no existían hace diez años y fue, por tanto, una suerte para el Proyecto que este modelo numérico este disponible hoy en día.

Para la redacción del Proyecto de la escultura se establecieron unos principios fundamentales, que fueron los siguientes:

- La piedra de Tindaya debe quedar vista. El visitante no se encontrará con una capa de hormigón tapando la piedra, si no que la escultura mostrará la piedra vista en su superficie.
- El sostenimiento debe responder elegantemente a la máquina conceptual de la “vibradora universal”, creada por Eduardo Chillida y José A. Fernández-Ordóñez. En una escultura de Chillida esta máquina no tiene ninguna trascendencia, ya que en ella todo es verdadero, lo que hay es lo que se ve y permanece con una gran contundencia. No hay máscaras ni forros que tapen una estructura engañosa. En el caso de Tindaya el sostenimiento debe pertenecer a lo permanente, debe integrarse con la masa de roca y formar un todo con ella.
- Para acoplar el sostenimiento hay que “escuchar” a la montaña. Es decir, la técnica se acoplará a la realidad en cada punto de la montaña, sin establecer soluciones estándares o sistemáticas, que únicamente respondan a un pensamiento simplificador. Conceptualmente el sostenimiento ayuda a la roca de la montaña y responde a la montaña. No parte del espacio de la escultura, aunque la superficie de la escultura sea el límite de la intervención. El sostenimiento ayuda a la roca a saltar el vano de casi 50 metros del espacio. Es decir no se introduce un elemento que suplante a la roca si no que se incrementa su capacidad resistente allí donde es necesario.
- El proceso constructivo dispondrá de rigurosos controles y requisitos Medioambientales y para el Patrimonio, que deberá satisfacer en todo momento.

### Sostenimiento estructural

En el caso concreto de Tindaya, con un macizo rocoso homogéneo y de gran rigidez, al enjuiciar la estabilidad y los requerimientos de sostenimiento del espacio, el mecanismo principal que hubo que tener en cuenta era la caída de bloques y cuñas debido al efecto de la gravedad. Al excavar un espacio se liberan bloques

y cuñas, que caerían, y se formaría una nueva superficie, que a su vez genera la liberación de nuevos bloques detrás de las superficies excavadas. Este proceso de "deshilachado" puede desembocar rápidamente en un problema de estabilidad, si no se adoptan las medidas para restringir el movimiento del macizo rocoso. El factor más importante que se usa para estabilizar el macizo rocoso es la aplicación de fuerzas o contenciones que previenen la dilatación y el incremento del volumen del macizo rocoso. El método más obvio para aplicar el confinamiento necesario para retener la trabazón y, por tanto, la fuerza del macizo rocoso es la instalación sistemática de cables tensados. Esta técnica se usa rutinariamente en cientos de túneles y laderas excavadas diariamente en todas partes del mundo, y la única diferencia es que, en el caso del espacio de Tindaya, esta técnica debe ser aplicada con un extremo cuidado y atención.

Se realizarán unas pequeñas galerías superiores que serán excavadas, en forma arqueada, sobre el techo del espacio, desde las que se instalarían fácil y discretamente los elementos de refuerzo y sostenimiento necesarios, formando una malla entrecruzada antes del comienzo de la excavación del espacio. Las tensiones que genera este modelo de funcionamiento del techo proporcionan el confinamiento necesario para dar al macizo rocoso la resistencia para saltar los aproximadamente 50 metros de luz del techo del espacio y aprovecha las deformaciones previstas del macizo para incrementar las fuerzas de confinamiento sobre las cuñas del techo. Esta solución muestra una reducida presencia del sostenimiento en el espacio, mostrando solo la cabeza del anclaje (insertada en la roca), y ofrece posibilidad de control y reposición de los anclajes desde las galerías, así como una monitorización del correcto comportamiento del sistema de los cables de anclaje, y servirán para el drenaje del macizo rocoso sobre el espacio.

Sin embargo, y a pesar de los amplios reconocimientos realizados, aún existen ciertas incertidumbres geotécnicas, propias de la complejidad de todo proyecto de obra subterránea. Muchas de estas incertidumbres no podrán ser resueltas de manera satisfactoria hasta que se realice una galería piloto, o incluso hasta la construcción de la escultura.

### **Proceso constructivo**

Se definió una secuencia de excavación en la que se utiliza únicamente la embocadura horizontal de la escultura como acceso de maquinaria y personas. Se consideró la construcción de una galería de avance horizontal desde esta entrada hacia el centro de la montaña y luego hacia arriba, una vez que se ha alcanzado la zona del espacio de la escultura situada bajo las embocaduras verticales, subiendo a través de sendos pozos verticales hasta alcanzar la superficie de la montaña. A partir de ahí se inician los trabajos de excavación, de atrás hacia delante, hasta completar la obra. Primero se ensancharán las embocaduras verticales, prosiguiendo de arriba hacia abajo. Después se realizarán las galerías desde la que disponer el sostenimiento. Una vez alcanzada la cota del techo del espacio, éste se anclará y se excavará por bancadas para, una vez completado el sostenimiento del techo, excavar todo el volumen del espacio. A continuación se ensanchará la galería de

avance horizontal hasta conformar la embocadura horizontal definitiva, y finalmente se procederá a realizar el acabado de la escultura.

Se prevé instalar un potente elemento de elevación en la zona accesible a camiones, con el fin de trasladar todas las máquinas hasta la entrada de dicha Galería, en la que se instala una gran plataforma temporal de trabajo. Se eligió una grúa Derrick de 80m. de brazo y una carga en punta de 40Tn, que cumple adecuadamente este objetivo. Todas las máquinas y materiales deberán acceder a la obra por medio de la Derrick y la propia Galería de avance, y además tendrán que ser elevadas a los correspondientes niveles de trabajo. Esto se conseguirá, a través de los pozos excavados con el sistema Alimak, ensanchados posteriormente, y con un potente puente grúa que se montará en la parte superior de los pozos.

En sentido inverso los materiales procedentes de la excavación se evacuarán verticalmente por los pozos y horizontalmente por la Galería de avance y, después de triturados, al vertedero por medio de una cinta transportadora y camiones. El material que, por sus características de textura interese arrancar por medios mecánicos (corte con sierra, hilo de diamante) deberán ser cargados sobre camión por la Derrick directamente desde la Plataforma de la entrada, al igual que los tamaños que no interese machacar por su aprovechamiento especial.

Se han adoptado medidas extraordinarias para el control medioambiental de la obra, que incluyeron cierres herméticos, aislamiento acústico, control de polvo, control de vibraciones, control de residuos, etc. , y la obligación de un replanteo de detalle de cada acción.

Un vez instalado y comprobado el sistema de sostenimiento, se excavará el volumen del espacio en una serie de avances, según la secuencia de excavación optima. El techo y las paredes se precortarán o sometrán a voladuras suaves durante cada avance. La longitud del avance se restringirá a aproximadamente 1,5 m para limitar cualquier daño por voladura. Se realizará el acabado mediante corte de hilo de diamante, con un solo corte por hastial.

### **Accesos**

Se definieron los accesos y aproximación al monumento a través de dos caminos. Estas dos vías comunican el Centro de Acogida de visitantes, que se ubica en el pueblo de Tindaya, con la entrada del espacio de Chillida. Se ideó un doble acceso, separando el recorrido peatonal del rodado. Se recobró para el primero la senda natural de acceso a la montaña empleada desde antaño, que bordea la montaña por el Oeste, y se aprovecharon caminos existentes que rodean a Tindaya por el Este y Norte para crear un acceso diferenciado para vehículos, pensado para mantenimiento, emergencias, acceso de personas con movilidad reducida, etc.

La decisión de estructurar los accesos de este modo tendrá que ver también con la voluntad de mejorar el paisaje entre la montaña y el mar, suprimiendo o minimizando en este área cualquier elemento no natural.

Junto a esta intervención, se recuperó también el conjunto de suertes y gavias situado próximo a los recorridos, y en especial la de la cantera Oeste. Se previó también la recuperación y mejora de los daños existentes actualmente en el entorno próximo de la montaña, y que englobaba la recuperación de la cantera Norte, de la cantera Oeste, de la cantera Sur, de las pequeñas canteras 4 y 5 (situadas en el noroeste) y del campo de fútbol.

El Proyecto fue desarrollado como una intervención compleja, fiel a los postulados del artista y a los conceptos e intenciones particulares de esta obra. Por esta razón, el sostenimiento y excavación del espacio respondieron en todo momento a las exigencias establecidas de orden conceptual y artístico, como restricciones y condicionantes de partida.

También por ello, el proceso constructivo desarrollado respondió a la voluntad de restaurar el entorno próximo como actuación esencial, limitando las áreas ocupadas durante las obras estrictamente a las zonas actualmente deterioradas e incluso procediendo, primero, a los trabajos de restauración antes que a la propia excavación del espacio. De este modo se proporcionó a los tratamientos de envejecimiento natural con líquenes (sobre las rocas excavadas) tiempo suficiente para completar el ciclo necesario para alcanzar el aspecto requerido.

### La obra y su paisaje

El Proyecto generó una cierta polémica, en un sector minoritario de la Isla, de la que se hizo eco algunos medios de comunicación. La obra artística consiste en una escultura excavada en el interior de la montaña. Su existencia idealizada sobre la base del Proyecto alteraría escasamente la apariencia de este espacio natural.

La raíz de la polémica no fue artística: Tuvo su fundamento en consideraciones de carácter religioso-sentimental y ambiental. Las primeras vinieron determinadas por el hecho de que en Tindaya existen grabados rupestres que han otorgado tradicionalmente a esta montaña el carácter de lugar sagrado entre los habitantes de Fuerteventura. Desde el punto de vista ambiental, la ejecución del Proyecto podría tener repercusiones varias en un espacio que, como el territorio de Fuerteventura, carece de modificaciones severas debidas al desarrollo económico (industrias e infraestructuras), y merecen ser determinada por los costes ambientales de la ejecución y la permanencia de la escultura proyectada, teniéndose en consideración los presumibles factores ambientales interesados— paisajísticos, ecológicos, sociales y económicos— y las incidencias derivadas de las técnicas y procedimientos empleados en la ejecución. La importancia del proceso implica contrastar estos costes con sus beneficios socioeconómicos y culturales.

Chillida entendía su obra unida al paisaje que la rodea. La montaña, el llano y el horizonte que mira al mar son elementos esenciales de la escultura. Como él, nosotros creemos que el proyecto no puede llevarse a cabo sin la adecuada protección de ese paisaje. En este caso tan singular es la intervención humana, la visión de un artista, la que genera la protección del territorio circundante. Que una obra

de arte necesite del entorno para el que se ha pensado no es un hecho único, pero no es habitual que se proteja un amplio territorio para que esa obra pueda existir tal y como fue soñada, y para que sus futuros visitantes puedan apreciar la relación entre la escultura, la montaña y su llanura.

Actualmente y a raíz del Proyecto, el Plan Insular de Ordenación de Fuerteventura salvaguarda ya todo el entorno de la montaña de Tindaya en un radio de cinco kilómetros y hasta el mar. El objetivo es que en un futuro próximo ese entorno obtenga la máxima protección legal.

En lo más esencial del planteamiento de esta obra artística está la minimización de repercusión de la actividad humana y su integración con nuestro entorno. Se trata de una obra subterránea cuya única implicación exterior son las embocaduras, diseñadas de manera que sean prácticamente imperceptibles para el observador externo. Una cantera cuyo subproducto se convierte en una maravillosa obra de arte (ver foto 68 con las canteras existentes en Tindaya). Establece así una extraña realización con la montaña, a la que por un lado extrae la piedra y por otro la protege. Implica una concepción de acción del hombre en la que se compromete a una integración y admiración mutua con el Medio Ambiente. Nos ofrece una visión de nuestras acciones sobre el territorio diferente de la que estamos acostumbrados a ver, en la que todas las acciones buscan sinergias. Esta premisa convierte el Proyecto Eduardo Chillida – Montaña Tindaya en una obra singular y un reto apasionante para cualquier proyectista.

El equipo medioambiental del proyecto técnico ha aportado la imprescindible sensibilidad ambiental y el conocimiento del medio extremadamente sensible en el que se ubicará la escultura de Chillida. También ha redactado los Estudios Básicos de Impacto Ecológico para las diferentes actuaciones de investigación llevadas a cabo en la Montaña de Tindaya durante las fases de los estudios. Ha sido muy importante para el resto del equipo técnico poder trabajar con suficientes garantías respecto a la verdadera repercusión que esta obra tendrá en el medioambiente, y a su bondad, gracias a la aportación de una visión coincidente con el planteamiento original de Chillida.

Como es conocido, el hecho de que se acusara a Chillida de realizar una obra agresiva con el entorno, e incluso especulativa, le dolió enormemente, ya que esta acusación carecía de todo fundamento, y es opuesta a su pensamiento y a su planteamiento para Tindaya. Que los miembros del equipo medioambiental, de enorme prestigio, e independencia reconocida, hallan coincidido en la visión del entorno de Tindaya, tal como se planteó originalmente nos ayuda a ratificarnos en varias cuestiones fundamentales para este Proyecto.

La obra artística en sí no afecta al medio ambiente de la Montaña de Tindaya, ni a su entorno ecológico. Es una obra subterránea con la única implicación, o impacto paisajístico, en la salidas de las embocaduras a la superficie.

- El riesgo para el medioambiente y el entorno ecológico no proviene de la escultura sino de su construcción y de su gestión, una vez tallada. Esto es algo que compete a la bondad de los equipos técnicos, los contratistas y los gestores, y sin duda, con los presupuestos adecuados se pueden poner medios para controlar cualquier deficiencia.
- Chillida entendía su obra, en la naturaleza árida de Fuerteventura, salvaguardando y uniéndose al paisaje que rodea Tindaya, y especialmente al horizonte que mira al mar y a las colinas que coronan el noroeste. No puede existir el Proyecto de Tindaya sin la salvaguarda de ese paisaje.
- Si no se construye la obra de Chillida, el paisaje circundante, al cabo de unos años, se verá amenazado y sometido a la presión urbanizadora y colonizadora circundante (tal como ha ocurrido hasta ahora).

Se evalúan actualmente diversas alternativas de gestión del territorio que conforma el amplio paisaje a proteger. Debido a la mala experiencia que han creado operaciones especulativas en el entorno cercano el equipo piensa que, para que la obra sea viable conceptual y medioambientalmente, el modelo de gestión ambiental del ámbito que marcó Chillida como mínimo necesario (El llano hasta el mar, y las colinas circundantes) necesita una figura de protección superior, de forma que sea aún más difícil su manipulación irresponsable en el futuro.

Muchas gracias. (Aplausos)

La publicación recoge los dos primeros ciclos de conferencias sobre **Arquitectura e Ingeniería**, organizados por la Fundación COAM y el Departamento de Tecnología de la Edificación de la Escuela Superior de Arte y Arquitectura de la Universidad Europea de Madrid, con la intención de reflexionar, polemizar e incluso fundir ambas disciplinas.

## Arquitectura e Ingeniería

Jesús Anaya Díaz • Julio Martínez Calzón • Lorenzo Fernández-Ordóñez •  
John Ochsendorf • Vicente Negro Valdecantos • José María Churtichaga •  
Javier Manterola Armisén • Enrique Álvarez-Sala

ea! ediciones de  
arquitectura

ISBN 84-96652-77-4



La edición de esta publicación ha sido posible gracias a la colaboración de la **Escuela Superior de Arte y Arquitectura de la Universidad Europea de Madrid**