EDUARDO TORROJA MUSEUM

"Vor und über jeder Berechnung steht die Idee, die das Material zu der Konstruktionsform modelliert, die den Auftrag erfüllt.

Dieser Idee ist dieses Buch gewidmet."

Eduardo Torroja 1957
Razón y Ser de los Tipos Estructurales

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA
Herausgabe und Gestaltung: Pepa Cassinello

Zeichnungen: ‘Una idea en Movimiento’, Carmen Pinart
Logo des Museums: ‘Curva en equilibrio’, Cira Ascanio Esma
Übersetzung Spanisch-Deutsch: Monika Miofsky
Dibujos Museo: Enrique Ramírez
Layout: Paula Giner Koordination, David Mencias und Enrique Ramírez
© Texte: die Autoren
© Bilder: Archive des CEDEX, Instituto Eduardo Torroja und ihre Urheber

ISBN: 978-84-941820-5-1
Pflichtexemplar Nr.: M-31256-2016
Druck: DAYTON S.A. 2016 Madrid. Spanien

EDUARDO TORROJA MUSEUM

Una Idea en Movimiento
Carmen Pinart 2016

INHALT

Präsentation
José Antonio Torroja Cavanillas
Präsident der Fundación Eduardo Torroja
..... p. 7

Stiftungsrat der Fundación Eduardo Torroja
..... p. 8

Museumsprojekt
Pepa Cassinello
Kuratorin
Geschäftsführende Direktorin der
Fundación Eduardo Torroja
..... p. 9

Standort und Leitauftrag
..... p. 11

Raumgestaltung und Ausstellungssprache
..... p. 12

Museumsinhalte
..... p. 14

SAAL 1
..... p. 15
Eduardo Torroja ..... p. 17
Gründung der Brücke in Sancti Petri ..... p. 20
Campus Ciudad Universitaria ..... p. 22
Quince Ojos-Viadukt ..... p. 24
Aire-Viadukt ..... p. 26
Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela ..... p. 28

Restaurierung der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela ..... p. 32

SAAL 2 - S2
..... p. 35
Aquädukt bei Tempul ..... p. 36
Markthalle in Algeciras ..... p. 38
Pelota-Halle Frontón Recoletos ..... p. 41
Aquädukt in Alloz ..... p. 44
Brücke in Tordera ..... p. 48
Pedrido-Brücke ..... p. 50
Martín Gil-Viadukt über die Esla ..... p. 52
Flugzeughangars ..... p. 54
Fußballstadion Las Corts ..... p. 57
Offene Sancti Spirit-Kapelle ..... p. 60
Kirche in Pont de Suert ..... p. 64
Wasserturm von Fedala ..... p. 66
Canelles-Talsperre ..... p. 68

SAAL 3 - S3 .
..... p. 71
Institut Eduardo Torroja ..... p. 72
Einzigartige Gebäudeteile des Instituts ..... p. 76
Internationale Vereinigung für Schalenkonstruktionen ..... p. 86
Die Rippe – Denkmal an Beton und Stahl ..... p. 90

Credits
..... p. 94

DANKSAGUNGEN ..... p. 94

Zum Leitauftrag der Stiftung Fundación Eduardo Torroja gehören das Auffinden, die akademische Auswertung, Erhaltung und Verbreitung von Dokumentation zu der vielgestaltigen Tätigkeit von Eduardo Torroja, dem Urheber, zusammen mit den Architekten C. Arniches und M. Domínguez, des Entwurfs für das Hipódromo de la Zarzuela, das uns aufgenommen hat und das international als Referenz für den Ingenieurbau der ersten Hälfte des 20. Jh. steht. Geeignete Räumlichkeiten zur Ausstellung signifikanter Exponate dieser Tätigkeit, sowohl für die Recherche von Fachleuten als auch für das allgemeine Publikum, waren schon immer ein Anliegen der Stiftung. Ein Platz für das Museo Eduardo Torroja! Heute ist dieses Museum eine Realität, dank der Unterstützung, Förderung und Schirmherrschaft verschiedener Institutionen und Unternehmen: An erster Stelle der Betreibergesellschaft des Hipódromo de la Zarzuela, deren Präsidentin Frau Faina Zurita alle auftretenden Schwierigkeiten erfolgreich besiegt hat und deren Einsatz und Glauben an das Vorhaben wir es zu verdanken haben, dass es heute Wirklichkeit ist; der Generaldirektion für Architekturwesen und dem CEDEX des Infrastrukturministeriums; der Stiftungen Fundación ACS und Fundación Rafael del Pino. Und ebenso der Mitwirkung der Universidad Politécnica de Madrid, der Hochschulen für Architektur und Bauingenieurwesen Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, dem Bauforschungsinstitut Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC) sowie der Stiftung Fundación Juanelo Turriano. Das Museum stellt bedeutende Teile der Arbeit von Eduardo Torroja aus, die kaum vielfältiger hätte sein können: Er begann als angestellter Konstruktionsingenieur und eröffnete nur wenige Jahre später sein eigenes Planungsbüro, in dem er eine Entwurfstätigkeit entwickelte, die bereits 1936 enorme internationale Anerkennung fand. Seit 1934 widmete er sich mit großem Einsatz der Forschung, mit dem heutigen Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Daneben war er auch in der Lehre sehr aktiv, in der Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, wo er Unterricht an bis zu drei Klassen pro Studienjahr erteilte. Das Museum zeigt einen relevanten Teil des Werks von Eduardo Torroja in Fotografien, Dokumenten und Modellen von Bauwerken, aus der Auswahl, die von Torroja selbst für sein Buch The Structures of Eduardo Torroja (1958) getroffen wurde, in der Absicht, dem Besucher dieselbe Botschaft zu vermitteln:

"...hier werden nicht viele meiner Werke erwähnt, doch ich glaube, die hier besprochenen verdeutlichen das von mir Verfolgte, und das schließlich Erreichte."
Eduardo Torroja, 1958

Wir hoffen, dem Museum wird es, wie seinem Buch, gelingen, sein Werk und sein Denken zu verbreiten und die Kenntnis seines Vermächtnisses lebendig zu erhalten.

José Antonio Torroja Cavanillas
Präsident der Fundación Eduardo Torroja

FUNDACION EDUARDO TORROJA

Stiftungsrat

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP)

Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE)

Confederación Nacional de la Construcción (CNC)

Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN)

Asociación Española de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP)

Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja (AMIET)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc)

Fundación Caja Caminos

Das Museumsprojekt

Pepa Cassinello
Kuratorin
Geschäftsführende Direktorin der
Fundación Eduardo Torroja

EDUARDO TORROJA MUSEUM

Kuratorin

Pepa Cassinello
Architektin / Geschäftsführende Direktorin der Fundación Eduardo Torroja

Berater

José Antonio Torroja
Präsident der Fundación Eduardo Torroja

Rafael Fernández Sánchez
Sekretär der Fundación Eduardo Torroja

José Calavera
Ehrenpräsident INTEMAC

Restaurierung
del Hipódromo de la Zarzuela
und Ausbau des Museumsraums
Junquera Arquitectos

Standort und Leitauftrag

Das Museo Eduardo Torroja befindet sich unter der Nordtribüne der baulichen Anlage der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela in Madrid, einem international als Ikone geltenden Werk Eduardo Torrojas, Meilenstein in der Entwicklung der Schalenkonstruktionen der Architektur der klassischen Moderne. Privilegierter Standort, an dem Bau und Inhalt des Museums den gleichen Urheber haben: Eduardo Torroja.

Fig 1. Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela. Madrid. 1941

Um das Museum lebendig zu halten und Synergien mit den zahlreichen Aktivitäten der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela zu generieren, ist das Museum nicht auf den Saal beschränkt, in dem ein repräsentativer Teil des Vermächtnisses von Eduardo Torroja ausgestellt wird, sondern besitzt auch einen Raum für Wanderausstellungen, in dem innovative Werke der gegenwärtigen und künftigen Avantgarde der spanischen Bauingenieure und Architekten gezeigt werden können, sowie einen weiteren Raum, der thematisch der Geschichte des Pferderennens im Hipódromo de la Zarzuela gewidmet ist, das 2016 sein 75-jähriges Jubiläum, seit der Eröffnung 1941, feiert. Zum anderen möchte das Museum, aus dem vielfältig gemischten Publikum, das heute zu Veranstaltungen ins Hipódromo de la Zarzuela kommt, nicht nur Fachkundige der Architektur und des Bauingenieurwesens oder Liebhaber und Experten des Pferdesports ansprechen, sondern auch den mitkommenden Kindern und Jugendlichen Interessantes bieten. Im kleinen Filmvorführraum des Museums werden Produktionen zu drei Themen gezeigt: Eduardo Torroja, Innovation und immer neue Avantgarde der Architektur und des Ingenieurbaus sowie Pferderennsport. Aus dieser

Pluralität und der Wechselbeziehung zwischen Themen und Bereichen soll ein aktives Museumsmodell für eine ebenfalls plurale und sich ständig verändernde Gesellschaft entstehen.

Raumgestaltung und Ausstellungssprache

Der ausgeprägt lineare Verlauf des architektonischen Raums bedingt einen linearen Weg durch das Museum, der geplante Abfolgen der Inhalte begünstigt. Das Museum möchte als einheitlicher Raum wahrgenommen werden, doch gleichzeitig soll eine Differenzierung der unterschiedlichen Inhalte eingebracht werden. Dazu wurde die Unterteilung der Ausstellungsräume offen angelegt, mithilfe von Querpaneelen, die visuelle Teilunterbrechungen der Längsausdehnung des Museums schaffen und den Blick auf die spezifische Thematik des jeweiligen Raums konzentrieren.

Der Museumsraum ist als langer Kasten, 55 m Länge auf 5,50 m Breite und 2,80 m Höhe, ausgebildet. Decke und eine Längswand sind schwarz, während der Fußboden und die lange Arkadenwand grau gehalten sind. Als Orientierung beim Durchgang durch das Museum markieren die Querpaneele (2,20 m Höhe) die verschiedenen Räume und Inhalte in den Farben der zu Eduardo Torroja zeitgenössischen Moderne: rot, grau, gelb, blau und **schwarz**. Raumgeometrie und Farbe bedienen sich einer Ausstellungssprache, die an die Bilder Mondrians denken lässt. Dieser Gestaltung folgen auch die Untersätze der Modelle der Bauwerke Eduardo Torrojas sowie die würfelförmigen Stoffpuffs, die in verschiedenen Größen und Farben das Museum bevölkern und willkommene Sitzgelegenheiten für Groß und Klein bieten.

Fig 2. Raumskizze des Museums

Der Weg durch das Museum beginnt bei der Dauerausstellung zum Werk von Eduardo Torroja. Die Ausstellung wurde visuell in drei Säle unterteilt S1, S2 und S3. Im Anschluss daran folgt der Saal für Wanderausstellungen S4, der als Zwischenglied zwischen der Dauerausstellung zum Werk Eduardo Torrojas und der zur Geschichte des Pferderennsports **S5** dient; den Abschluss bildet der Filmvorführsaal **S6**.

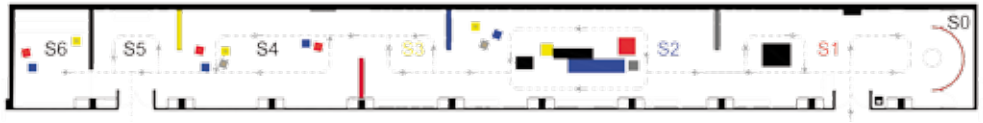
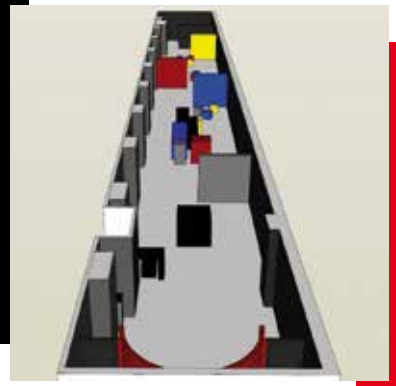


Fig 3. Grundriss des Museums

Fig 4. Raumskizze des Museums



Museumsinhalte

Dauerausstellung / Eduardo Torroja

Das vielgestaltige und umfangreiche Vermächtnis von Eduardo Torroja würde nicht in die Räumlichkeiten des Museums passen und es hätte auch keinen Sinn, es in seiner erdrückenden materiellen Gesamtheit auszustellen, da der überwiegende Teil seines Nachlasses (Entwürfe, Schriften, Versuchsprotokolle etc.) ohnehin in den digitalisierten Dokumentensammlungen des CEDEX und dem bauwissenschaftlichen Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC) allgemein zugänglich sind.

Die „Logik der Form“ des Museums folgt aus seinem Zweck als beständiger Ort, an dem in klarer und anschaulicher Weise vermittelt werden soll, was Eduardo Torroja wesentlich zum Fortschritt des Bauwesens – der Architektur und dem Ingenieurbau – beigetragen hat und warum er weltweit zu einer zeitlosen Referenzfigur für Experten und Studenten geworden ist.

Den Blick der Besucher einzufangen mit zu Bildern und knappen anschaulichen Worten gewordener Logik. Das ist der Zweck des Museumsprojekts. Mit diesem Ziel wurde eine Auswahl aus Bauwerken, Forschungen, Veröffentlichungen etc. getroffen, die mehrheitlich bereits von Eduardo Torroja selbst für seine berühmten Bücher *Razón y Ser de los tipos estructurales* (1957) (dt. *Logik der Form*) und L*as Estructuras de Eduardo Torroja* (1999), ursprünglich 1958 in New York unter dem Titel *The Structures of Eduardo Torroja* erschienen, ausgewählt worden waren. Auch die begleitenden und jedes Bild erläuternden Worte wurden den Schriften Eduardo Torrojas entnommen. Damit spricht der Urheber der Werke selbst zu den Besuchern.

“Hier werden nicht viele meiner Werke erwähnt, doch ich glaube, die hier besprochenen verdeutlichen das von mir Verfolgte, und das schließlich Erreichte”
Eduardo Torroja 1958

Die ausgewählten Werke werden in drei aufeinanderfolgenden Sälen – S1, S2 und S3 – gezeigt. Die Reihenfolge berücksichtigt Chronologie, Konstruktionstyp und Bauwerksart, dabei vollzieht die museistische Darstellung gelegentlich Zeitsprünge, um Meilensteine, die wie das Hipódromo de la Zarzuela größere Ausstellungsflächen beanspruchen, besonders hervorzuheben.

SAAL – S1

Ein Großbild von Eduardo Torroja, gegenüber dem Eingang, empfängt die Besucher und zieht deren ersten Blick auf sich. Es befindet sich über dem einzigen Ausstellungsstück, das aus der vertikalen Ebene heraustritt, an dieser schwarzen 55 m langen Wandfläche, von der das Museum an dieser Seite begrenzt wird. Die Szene

Fig 5. Eduardo Torroja - Gekrümmte Mauer und Dodekaeder

dieses ersten Saals wird darüber hinaus von großen geometrischen Figuren, rechts vom Eingang, beherrscht, die auf die Bedeutung und Vielgestaltigkeit der von Eduardo Torroja in seinem Werk eingesetzten reinen geometrischen Formen verweist. Es handelt sich um eine große, rot gestrichene, gekrümmte Mauer. Ein zylindrisches Fragment, vor dem ein weißer Dodekaeder von 1 m Höhe steht. Diese reine geometrische Form gab Eduardo Torroja dem 8 m hohen Kohlensilo beim bauwissenschaftlichen Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (1949-1953). Es wurde, als Großskulptur, zu einem der Symbole des Instituts, das

heute seinen Namen trägt – Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja – und zum Obersten Rat für wissenschaftliche Forschung (CSIC) gehört; und auch zum Symbol der Stiftung Fundación Eduardo Torroja.

In diesem Saal wird Eduardo Torroja mit einer Kurzbiographie und einem Verzeichnis seiner herausragendsten Bauwerke vorgestellt. Hier wird ein Teil seiner frühen Werke gezeigt, worunter das Hipódromo de la Zarzuela einen besonderen Platz einnimmt, insofern es nicht nur international als Ikone seiner Baukunst gilt, sondern nun auch Sitz des Museums ist.

Thematik und ausgestellte Werke

- **Eduardo Torroja** (1899-1961) Kurzbiographie und Vitrine mit Medaillen und Auszeichnungen, die ihm im Laufe seines Lebens verliehen wurden.
- **1923-1927** Erste Bauwerke für die Firma Hidrocivil: Gründung der Brücke in Sancti Petri
- **1930-1935** Campus Ciudad Universitaria: U. a. Quince Ojos-Viadukt, Aire-Viadukt, Naturwissenschaftliche Fakultät
- **1934** Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela / 2004 Restaurierung Junquera Architekts / ACS

Fig 6. Eduardo Torroja. Familienwappen

KURZBIOGRAPHIE

Eduardo Torroja Miret (1899-1961) gehört weltweit zu den herausragenden Referenzfiguren der Bau- und Architekturgeschichte der Blütezeit der klassischen Moderne. Er spielte eine führende Rolle bei den wissenschaftlichen und technischen Umbrüchen, die dem bahnbrechenden Aufstieg des Stahl- und Spannbetons in der ersten Hälfte des 20. Jh. den Weg bereiteten und trug maßgeblich zur Entwicklung der Bauindustrie, der Tragwerkstypen und der neuen Ästhetik bei, die von der Moderne ausgerufen worden war. Zu internationalem Ruf kam er dabei nicht nur durch seine innovativen Bauwerke, sondern auch insbesondere wegen seiner vielgestaltigen beruflichen Tätigkeit als Entwurfsingenieur, Wissenschaftler, Forscher, Organisator und Dozent.

Geboren am 27. August **1899** in Madrid. Abschluss des Bauingenieurstudiums an der Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos in Madrid im Jahr 1923. **1923-1927** Mitarbeiter in der Firma Hidrocivil, unter der Leitung von José Eugenio Ribera, wo seine ersten innovativen Entwürfe für Stahlbeton entstanden.

1927 Gründung seines ersten privaten Planungsbüros. Eintritt als Entwurfsingenieur in das Planungsbüro für den Bau des Campus Ciudad Universitaria de Madrid

1930 Gründung der Firma Investigaciones de la Construcción S. A., ICON, die sich unter seiner Leitung auf Modellversuche als Untersuchungsmethode für Tragwerksverhalten spezialisierte. Das ermöglichte ihm, den Bau bedeutender Schalenkonstruktionen in Angriff zu nehmen, für die zu dieser Zeit noch keine zuverlässigen Berechnungsmethoden zur Verfügung standen. Berühmt wurden die Modelle für das Dach der Markthalle in Algeciras und den Frontón Recoletos, beide im Maßstab 1:10 in Mikrobeton ausgeführt.

1934 Gründung des bauwissenschaftlichen Instituto de la Construcción y la Edificación (ITCE), zusammen mit einer kleinen Gruppe Bauingenieure und Architekten: José Mª Aguirre, Alfonso Peña Boeuf, Modesto López Otero, Manuel Sánchez Arcas, Gaspar Blein und José Ángel Petrirena. Das ITCE war in Spanien die erste „frei" von Privaten gegründete Organisation zur Erforschung, Förderung und Verbreitung aller mit dem Bauwesen in Verbindung stehenden Wissensfelder, mit dem Ziel, den Fortschritt voranzutreiben. Jahre später, 1939, wurde die Organisation in den neu gegründeten Obersten Rat für wissenschaftliche Forschung Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, eingegliedert.

1939 Ernennung zum Dozenten für Tragwerksberechnung. Der akademischen Lehre widmete er sich von da an bis zu seinem Tod. Im Laufe der Jahre erteilte er Unterricht in unterschiedlichen Fächern: Materialfestigkeit und Elastizität, Berechnungsgrundlagen und Ausführung von Stahl- und Spannbetonwerken, Tragwerksberechnung und Tragwerkstypen.

1941 Ernennung zum Direktor des zentralen Werkstoffprüfungslabors Laboratorio Central de Ensayos de Materiales.

1944 Antrittsrede zur Aufnahme in die Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (dt. Königliche Akademie der exakten, physikalischen und Naturwissenschaften)

1945 Ernennung zum Vorsitzenden der neu gegründeten Réunion Internationale des Laboratoires d´Essais de Materiaux, RILEM. Aktive Beteiligung am Aufbau des Commité Européen du Beton, CEB, dem trotz seines Namens auch die USA und Russland angehörten, mit entscheidender Einflussnahme auf die Entwicklung der europäischen technischen Vorschriften für den Stahlbetonbau. Aktives Mitglied der von Freyssinet gegründeten Fédération Internationale de la Précontrainte, FIP, und ab 1958 dessen Nachfolger als Präsident. Von da an setzte er sich für die Schaffung eines gemeinsamen Ausschusses FIP-CEB ein, zum Zweck der Vereinheitlichung der Vorschriften für Stahlbeton und Spannbeton.

1957 Veröffentlichung seines berühmten Buches: Razón y Ser de los tipos estructurales, das in zahlreiche Sprachen übersetzt wurde, u.a. ins Englische, Deutsche (Logik der Form), Italienische und Japanische.

1959 Mitbegründer und erster Präsident der Internationalen Vereinigung für Schalenkonstruktionen – International Association for Shell Structures, IASS. Veröffentlichung in den USA seines Buches The Structures of Eduardo Torroja, das 1999 ins Spanische übersetzt wurde
Eduardo Torroja starb am 15. Juni **1961** in seinem Büro des Instituts, das heute seinen Namen trägt. Er hinterließ einen herzlichen Brief an seine Mitarbeiter, aus dem zu entnehmen ist, dass ihm die Nähe seines Todes bewusst war.
Die Bedeutung des Werks und der Tätigkeit von Eduardo Torroja Miret hat in zahlreichen Auszeichnungen Anerkennung gefunden: Ehrendoktor der ETH Zürich, der Universität Toulouse, der Universität Buenos Aires, der Universität Löwen und der Universidad Católica de Chile. Er war korrespondierender Akademiker der Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona und der Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba. Darüber hinaus wurde er mit dem Großkreuz des Ordens Alfonso X. dem Weisen und dem Großkreuz des spanischen Zivilverdienstordens ausgezeichnet. Nach seinem Tod wurde ihm der Titel Marqués de Torroja verliehen.

Pepa Cassinello
Kuratorin

Fig 7. Zivilverdienstorden

Gründung der Brücke in Sancti Petri

Gestaltung der Brücke: Eduardo Torroja Miret, José Eugenio Ribera Dutaste
Bauunternehmen: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles HIDROCIVIL
Standort: Sancti Petri. Cadiz
Baujahr: 1926
Länge der Brücke: 144 m; Konstruktionsform der Gründung: Rotationshyperboloid
Oberer Durchmesser: 7,00 m; Unterer Durchmesser: 7,60 m; Höhe: 8,90 m

Eine der ersten Arbeiten Eduardo Torrojas waren die Druckluft-Senkkästen zur Gründung der Brücke in Sancti Petri. Eduardo Torroja änderte die konventionelle Konstruktionsform dieses Gründungstyps ab und entwarf dazu leichte Schalenkonstruktionen mit Doppelkrümmung. Damit optimierte er deren Tragwerksverhalten unter Last, die Sicherheit der Arbeiter und die Baukosten. Der als Schale ausgeführte Senkkasten in Form eines Rotationshyperboloids wurde aus einer nur 7 cm starken Doppelwand bewehrten Mauerwerks aus einfachen Ziegeln hergestellt.

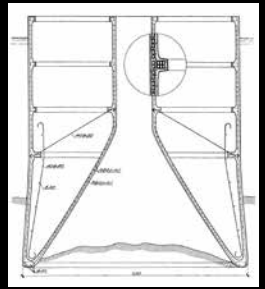
"Mit dem Ziel, eine leichte Konstruktion geringen Tiefgangs herzustellen, wurde dazu ein doppelwandiger, kreisförmiger Entwurf in Form eines Rotationshyperboloids gewählt. Diese konstruktive Gestaltung bietet erhebliche Vorteile. Die sanfte Neigung der Außenwand verringert die beim Versenken des Kastens entstehende Reibung. Andererseits verhindert die Form der Innenwand ein zu schnelles Absinken in schlammigen Böden, womit sonst das Risiko verbunden ist, dass die verbleibende Höhe des Arbeitsraums, zwischen Boden und Decke, zu gering wird. Bei Senkkästen mit konventioneller horizontaler Decke tritt dieses Problem häufig auf.

Die dünnen Wände kreisförmigen Querschnitts sind am besten geeignet, um dem Wasserdruck standzuhalten. "

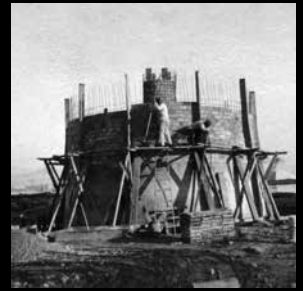
Eduardo Torroja 1958

1926
Gründung der Brücke in Sancti Petri. Cádiz

Bau



Schnitt



Campus Ciudad Universitaria

Im Jahr 1927 trat er, auf Vorschlag von José Eugenio Ribera, als Ingenieur in das Planungsbüro ein, das für den Bau des Campus Ciudad Universitaria in Madrid eingerichtet wurde, unter Leitung von Modesto López Otero und Mitwirkung der Architekten Agustín Aguirre, Pascual Bravo, Miguel de los Santos, Manuel Sánchez Arcas und Luís Lacasa.

Sein Beitrag beschränkte sich nicht auf Entwürfe und Ingenieurbauten, sondern er leistete auch meisterhafte architektonische Beiträge zu einem Großteil der Gebäude und machte sich von Anfang an die neue Ästhetik der Moderne zu eigen, die er in neuartigen, originellen Konstruktionskonzepten umsetzte. Beispiele dafür sind die drei 1933 auf dem Campus gebauten Viadukte, Quince Ojos-Viadukt, Aire-Viadukt und Sport-Viadukt, die Stützmauer des Wasserlaufs Arroyo de Cantarranas (1933), das E-Werk oder der Straßenbahnhof am Stadion (1933), sowie seine Beteiligung an der Konstruktion der Fakultätsgebäude für Naturwissenschaften (1934), Medizin (1934) und Pharmazie (1934), des Studentenwohnheims (1935), des E-Werks (1935) oder der Universitätsklinik (1935).

1934 Campus Ciudad Universitaria. Naturwissenschaftliche Fakultät.

1935 Campus Ciudad Universitaria. Madrid.

Hospital Clínico
Architekt: Manuel Sánchez Arcas
Ingenieur: Eduardo Torroja

Bewehrte Betonplatten als Balkonauskragungen

Konstruktion Oberlicht

Quince Ojos-Viadukt

Ingenieur: Eduardo Torroja Miret
Architekt: Modesto López Otero
Bauträger: Junta de la Ciudad Universitaria (1927-1936)
Bauunternehmen: Agromán S. A.
Bauzeitraum: 1929-1933
Standort: Madrid

Höhe: 22 m
Länge: 84,70 m

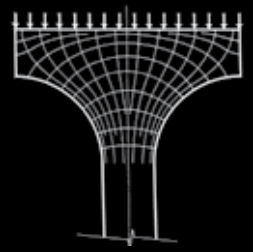
Der Quince Ojos-Viadukt, der ursprünglich „Viaducto de Alfonso XIII“ hieß, besteht aus einer Aneinanderreihung 15 großer Bögen, von je 7 m Spannweite, auf Pfeilern quadratischen Grundrisses von 1,70 m Seitenlänge. Die 35 m breite Brücke besitzt Querbögen in gleichartiger Ausführung und Anordnung wie die Längsbögen. Es handelt sich um ein Ensemble dreidimensionaler Tragwerkseinheiten, die jeweils aus einer Stütze bestehen, auf der 4 Kragarme mit flachem Rücken und Laibung in Halbbogenform aufliegen. Eine einfallsreiche und optisch schöne Weise der Ausführung der Bewegungsfugen.

“Die erhebliche Länge und Steife dieser Konstruktion machte Bewegungsfugen in relativ geringen Abständen erforderlich, die jedoch möglichst wenig sichtbar sein sollten, um die optische Erscheinung des Werks nicht zu beeinträchtigen. Dazu wurden, als ästhetische Kompromisslösung, die Fugen genau in der Mitte der Bögen angeordnet, womit jeder Bogen praktisch aus zwei Kragarmen besteht.

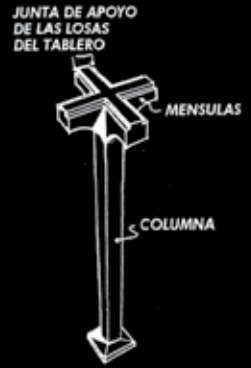
Eduardo Torroja 1958

1929 - 1933
Quince Ojos-Viadukt

Campus Ciudad Universitaria Madrid



Statik



Aire-Viadukt

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: Modesto López Otero
Bauunternehmen: Agromán S. A
Bauzeitraum: 1933
Standort: Ciudad Universitaria. Madrid

Der Aire-Viadukt ist eins der von Eduardo Torroja während seiner Zeit als Ingenieur im Planungsbüro für den Campus Ciudad Universitaria de Madrid entwickelten Projekte. Der Name, wörtlich „Luftviadukt“, nimmt Bezug auf seine schlanke Konstruktionsform.

Es handelt sich um eine Bogenbrücke von 36 m Bogenspannweite, mit oben liegender Fahrbahn, die in ihrer Gesamtheit in Stahlbeton ausgeführt ist. Der Bogen ist aus zwei Zwillingsbögen zusammengesetzt, auf die sich die Pfeiler stützen, von denen die Fahrbahnplatte getragen wird. Eduardo Torroja ordnete die Pfeiler zur Verbesserung der Optik der Brücke nicht in gleichmäßigen Abständen an, sondern verringerte die Zwischenräume fortschreitend zum Bogenscheitel hin.

“..... stellt ein klares Beispiel der technischen und gestalterischen Möglichkeiten dar, die der Einsatz besonders schlanker Längselemente eröffnet, die eine lineare geometrische Ästhetik ausmachen. Die Spannungsberechnung für den Bogen erfolgte graphisch nach der Methode der Trägheitsellipse.”

Eduardo Torroja 1958

Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekten: Carlos Arniches und L. Dominguez
Bauunternehmen: AGROMAN S.A.
Bauzeitraum: 1934 Entwurf, 1935 Baubeginn, 1941 Eröffnung
Standort: Madrid

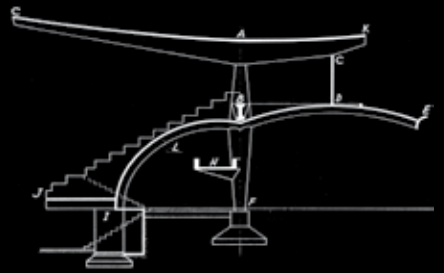
Schalendach aus Stahlbeton und Tribünen: Eduardo Torroja
Auskragung: 12,80 m; **Schalendicke**: 5,00 cm – 14,50 cm

Im Jahr 1934 schrieb die für die Außenbezirke Madrids zuständige Planungsbehörde den Bau einer Pferderennbahn aus. Den Zuschlag erhielt die Gruppe der beiden Architekten Carlos Arniches und Martín Domínguez und des Bauingenieurs Eduardo Torroja. Mit dem Bau wurde 1935 begonnen, er musste jedoch während des Spanischen Bürgerkrieges (1936-1939) unterbrochen werden und wurde erst im Mai 1941 eingeweiht.

International gelten die Stahlbetonkonstruktion der Tribüne und deren Schalendach als Ikone der Baukunst Eduardo Torrojas. Das Hipódromo de la Zarzuela hat drei separate Tribünen, rechts und links zwei 60 m lange und in der Mitte eine 30 m lange. Das Ensemble von Konstruktionsformen definiert in seiner nackten Modernität, in einer umfassenden architektonischen Geste, die Gesamtheit der baulichen Anlage, die aus den in der unteren Ebene gelegenen Wetthallen und den darüber liegenden Sitzreihen besteht. Die Tribünen bestehen, in der unteren Ebene, aus den in 5 m Abstand vorgelagerten Arkaden, auf denen die Zylindergewölbe aufliegen, die in geschwungen V-förmigem Querschnitt (Möwenflügel) aufeinandertreffen und das Dach der Wetthalle bilden sowie als Unterbau der Sitzreihen der Tribünen dienen; und in der oberen Ebene durch ein Schalendach, das 12,80 m über die Tribüne auskragt. Die kühne Konstruktion erhält ihr Gleichgewicht durch eine Zugverankerung aus Stahl auf der Rückseite des Bauwerks. Die innovative, schlanke Dachkonstruktion hat eine Schalendicke, die von nur 5 cm am freien Rand bis 14,50 cm an der Auflagefläche variiert. Sie besteht aus einer gleichmäßigen Aneinanderreihung doppelt gekrümmter Schalensegmente, deren Geometrie sich der Hyparschale annähert. Für solche Flächentragwerke standen zu dieser Zeit noch keine anwendbaren Berechnungssysteme zur Verfügung. Eduardo Torroja führte annähernde Berechnungen durch und die Prüfung des Tragwerkverhaltens der Schalen erfolgte durch experimentelle Untersuchungen an einem vom Bauunternehmen AGROMAN errichteten Modell im Maßstab 1:1.

"Und dann stellt sich natürlich die Frage: Ist das Erdenken einer zur Lösung eines konkreten Problems besonders geeigneten Form ein reiner Prozess des Vorstellungsvermögens oder das Ergebnis logischer Gedankengänge, die auf den technischen Formeigenschaften beruhen? Ich glaube nicht, dass es sich rein um eins der beiden Dinge handelt, sondern um eine Verbindung aus beiden. Das Vorstellungsvermögen für sich allein kommt ohne Hilfe der Vernunft nicht zu einem solchen Entwurf und ebenso wenig kommt ein Prozess logischer Folgerungen, auch in fortgeschrittenen Etappen der Vervollkommnung, so logisch er auch sein mag, zwangsläufig dazu."

Eduardo Torroja 1958

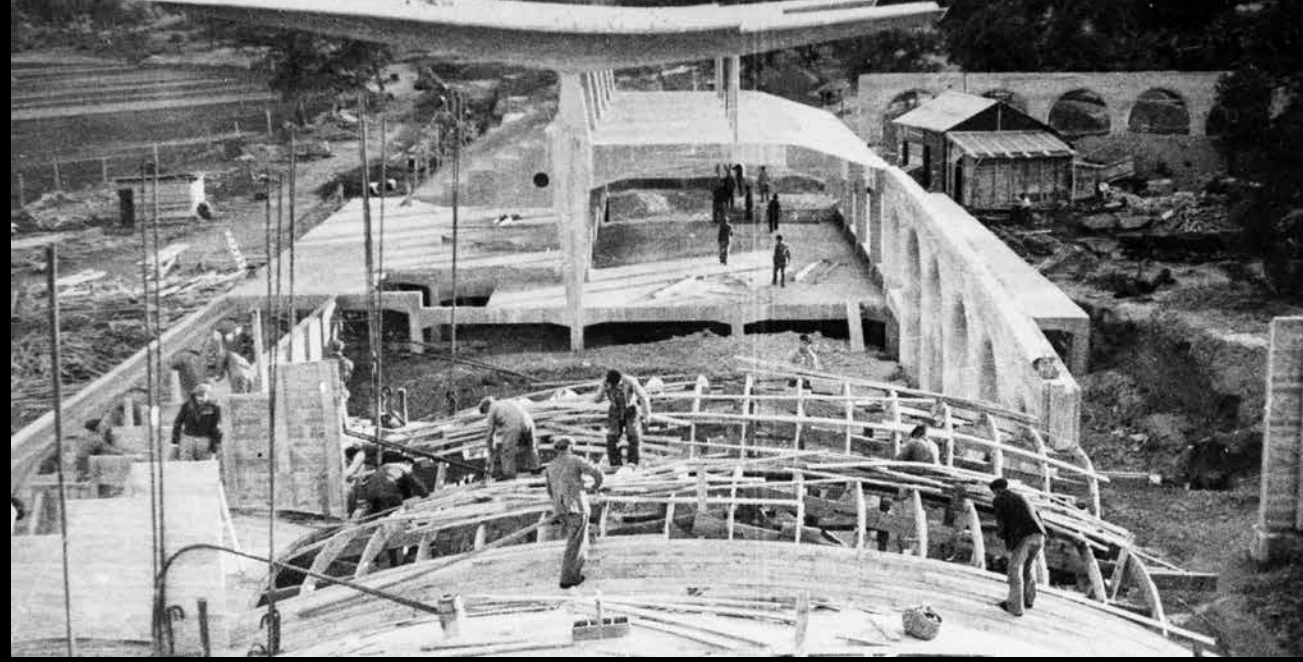


Querschnitt

© S.V. Kaskel

1935 Pferderennbahn
Hipódromo de
la Zarzuela

Bau



1934 Versuch an
einem von der
Firma Agroman
erstellten Modell in
natürlicher Größe

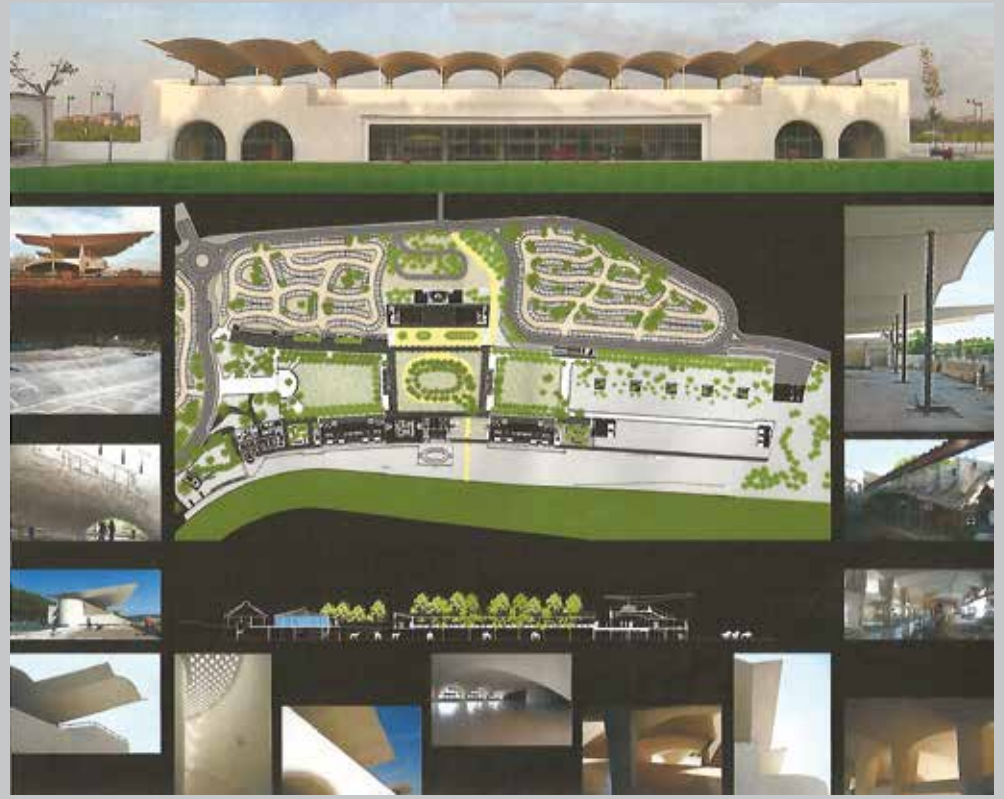
Restaurierung der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela

Architekt: Junquera Arquitectos - Jerónimo Junquera García del Diestro
Ingenieure: Leonardo Fernández Troyano (Konstruktion), Úrculo Ingenieros (Anlagen)
Bauunternehmen: DRAGADOS S. A
Mit Unterstützung durch: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
SIKA España
Bauzeitraum: 2004 - 2007 (Entwurf) 2008 – 2015 (Bau)
Standort: Madrid

Im Jahr 2004 erhielt Junquera Arquitectos den Zuschlag für die Restaurierung und Sanierung der Anlage der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela, die von der Betreibergesellschaft Hipódromo de la Zarzuela S.A. ausgeschrieben worden war. Die Arbeiten begannen 2008 mit der Restaurierung der Tribünendächer, die sich durch Alter, Wasserschäden und nachträgliche Baumaßnahmen in schlechtem Zustand befanden. Gleichzeitig wurden in der Anlage Bauforschungsmaßnahmen durchgeführt, mit dem Ziel der Bestimmung und Untersuchung des ursprünglichen Baubestands, den zugrunde liegenden Leitwerten und bautechnischen Systemen, die durch nachträgliche Erweiterungen und Umbauten der Anlage verfälscht worden und teilweise verloren gegangen waren. Dabei wurden erhebliche strukturelle Schädigungen festgestellt, die Maßnahmen zur Konsolidierung und Reparatur der Bausubstanz erforderten.

Nach Abschluss der Arbeiten zur Instandsetzung der Bausubstanz, wurde mit der Restaurierung und Sanierung des architektonischen Ensembles begonnen, mit dem Ziel, die wesentlichen Leitwerte des Projekts aus dem Jahr 1934 von Arniches, Domínguez und Torroja wieder in den Vordergrund zu stellen.

Das Restaurierungsvorhaben setzte hinsichtlich der Ästhetik des neuen Hippodroms auf die Herausarbeitung der ursprünglichen Leitwerte und Rekonstruktion der verloren gegangenen. Für die Stadt sollte die Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela mit optimalen Anlagen für Pferderennen und Reitsport zurückgewonnen werden, im Einklang mit der Erhaltung und Nutzung des historischen Baudenkmals.



2004 - 2015
Restaurierung der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela / Junquera Arquitectos

SAAL – S2

1927 eröffnete Eduardo Torroja in Madrid sein eigenes Planungsbüro und leitete eine fruchtbare Produktion innovativer Bauwerke ein, die den Fortschritt des Ingenieurbaus und der Architektur beflügelten und dabei immer den Idealen der jungen Moderne folgten.

Es war ohne Zweifel seine vielseitige Tätigkeit – Entwurfsingenieur, Forscher, Dozent, Unternehmer und Organisator -, die Eduardo Torroja zu seinem vielgestaltigen Wissen verhalf, das ihm in Verbindung mit seiner ganz eigenen gestalterischen Kreativität die notwendige Freiheit ermöglichte, seine Ideen, in das umzusetzen, was David Billington später als "Konstruktionskunst" bezeichnete.

"Mein Ziel war immer, die funktionalen, konstruktiven und ästhetischen Aspekte eines Vorhabens in einer Gesamteinheit zusammenzuführen, sowohl im Wesen als auch in der Erscheinung"

Eduardo Torroja 1958

In der gleichen Ausstellungssprache des ganzen Museums zeigt der zweite Saal der Dauerausstellung über Eduardo Torroja eine Auswahl aus im Zeitraum 1927-1957 ausgeführten Bauwerken, in chronologischer und typologischer Ordnung, nach Tragwerkstypen und Nutzungszweck. Die Ingenieursbauten, wie Brücken, Talsperren, Aquädukte, Viadukte usw. werden an der grauen Arkadenwand gezeigt, an der sich auch die horizontalen, durch ihre Beleuchtung hervorgehobenen Vitrinen befinden, während die Gebäudearchitektur, Markthallen, Hangars, Sportstadien, Kirchen usw., an der schwarzen Längswand gezeigt wird.

Unter Hervorhebung des gestalterischen Ansatzes, das Museum räumlich von reinen geometrischen Formen und den Farben der Moderne beherrschen zu lassen, wurde in das Zentrum dieses Saals ein länglicher Mehrlingskörper gestellt, auf dem verschiedene Modelle ausgestellt werden (Markthalle in Algeciras, Brücke in Tordera, Aquädukt in Alloz, Pelota-Halle Frontón Recoletos, Kirche in Pont de Suert, Wasserreservoir in Fedala, Club Tachira u. a.) und der den Rundgang im Saal vorgibt. Ausgestellte Werke: 1927 Aquädukt bei Tempul, 1935 Markthalle in Algeciras, 1936 Frontón Recoletos in Madrid, 1939 Aquädukt in Alloz, 1940 Brücke in Tordera, 1940 Pedrido-Brücke, 1941 Martín Gil-Viadukt, 1942-1945 Hangars in Torrejón und Cuatro Vientos, 1943 Fußballstadion Las Corts. Barcelona, 1953 offene Sancti Espirit-Kapelle, 1954 Kirche in Pont de Suert, 1956 Wasserreservoir in Fedala, 1956 Canelles-Talsperre.

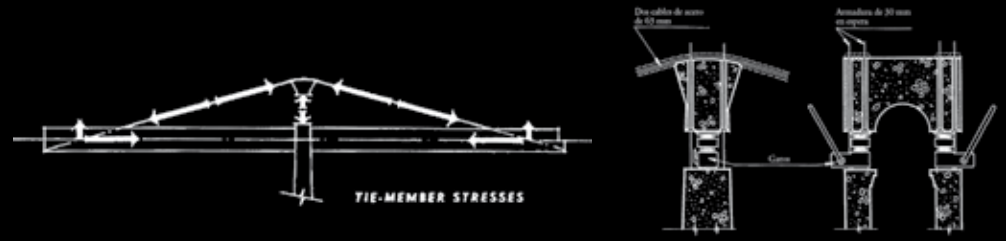
Aquädukt bei Tempul

Ingenieure: Eduardo Torroja Miret und Francisco Ruiz Martínez
Bauunternehmen: Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (HIDROCIVIL)
Bauzeitraum: 1925 (Entwurf).
Standort: Jerez de la Frontera. Cádiz / Spanien

Eduardo Torroja war ein Pionier des Einsatzes von Spannbeton. Dieser Aquädukt war eins der ersten Bauwerke aus Spannbeton weltweit. Er besteht aus 11 Trägerabschnitten aus Stahlbeton, von je 20 m Seitenlänge und einem als Schrägseilkonstruktion ausgeführten Zentralteil von 57 m Spannweite. Die Ausführung beruht auf einem einfallsreichen System der Betonvorspannung. Eduardo Torroja änderte den ursprünglichen Entwurf insofern ab, dass er die beiden zentralen Pfeiler, die im Flussbett gründen sollten, wegließ, um Probleme an den Fundamenten möglichst auszuschließen. Die Pfeiler wurden durch Zugstreben ersetzt, die über die angrenzenden an beiden Seiten in Ufernähe gegründeten Pfeiler hinausreichen und an den entgegengesetzten Enden der angrenzenden Brückenabschnitte verankert sind.

"Die Zugstreben, einschließlich ihrer Verankerungen, erforderten eine Länge von 50 m. 1926 standen weder Spannbetontechniken für solche Längen zur Verfügung, noch war die Schweißtechnik ausreichend fortgeschritten, um darauf bei einer Konstruktion dieses Ausmaßes zu vertrauen. Ich beschloss deshalb, hoch zugfeste Stahllitze zu verwenden. So konnten die Zugstreben problemlos aus einem Stück hergestellt werden. Die praktische Lösung bestand darin, sie auf unabhängigen Auflageböcken auf den Pfeilerköpfen zu befestigen, diese aber nicht mit dem Schaft zu verbinden. Dadurch konnten, nach Betonierung der Träger, die die Kabelverankerungen aufnahmen, die Pfeilerköpfe mithilfe von Hydraulikhebern angehoben und die Kabel bis zur Erreichung der angemessenen Arbeitsspannung in die Länge gezogen werden."

Eduardo Torroja 1958



1925 - 1926
Aquädukt bei Tempul

Markthalle in Algeciras

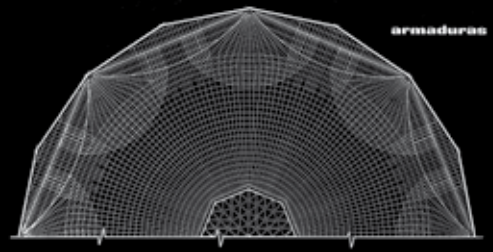
Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: Manuel Sánchez Arcas
Bauunternehmen: Ricardo Barredo
Bauzeitraum: 1934 – 1935
Standort: Plaza de la Palma. Algeciras. Cádiz. Spanien

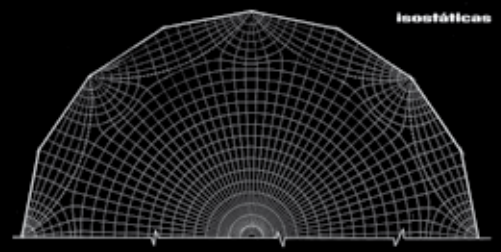
Das Dach der Markthalle in Algeciras war die erste große Schalenkuppel aus Stahlbeton, die in Spanien errichtet wurde und die größte dieser Art in der Welt in den vorhergehenden 30 Jahren. Eine beispiellose Leistung, mit der Eduardo Torroja gleich mehrere Innovationen in die beginnende Geschichte des „Abenteuers Schalenkonstruktion der Architektur der Moderne“ einbrachte. Zwar wurden wenige Jahre zuvor bereits einige Kuppeln großer Ausmaße, wie die von Franz Dischinger entworfene Markthalle in Basel, gebaut, doch Eduardo Torrojas Beitrag war eine neue Konstruktionsform großer Spannweite, ausgeführt in stufenloser Materialstärke, ohne sichtbare Verstärkungen, bei Entfernung des Hilfsgerüsts nach einer einfallsreichen Methode, durch nachträgliche Spannung der umlaufenden Stahlbandage, und mit einem entschieden modernen Erscheinungsbild .

Der Grundriss ist oktogonal bei 18,20 m Seitenlänge. Das Dach ist eine Schalenkuppel, die zwischen ihren Auflagern eine Weite von 47,76 m überspannt, dabei besteht sie aus einer Halbkugel von 41,20 m Durchmesser und 8 kleinen Zylindergewölben horizontaler Achse, die nach Art von Mützenschirmen den Rand bilden und auf den Stützpfeilern aufliegen. Die bogenförmigen Ränder dieser Zylinderschalen führen die Dachlast zu den Stützpfeilern und versteifen das Schalenensemble. Die Betonschale ist in stufenloser Materialstärke, ohne sichtbare Verstärkungen, ausgeführt. Die Schalendicke nimmt von 9 cm auf 50 cm bei den Auflagern zu. Die Schalenkuppel besitzt ein zentrales oktogonales Oberlicht (10 m – Diagonalmaß), dessen Glasabdeckung von dreieckförmigen Stahlbetonfertigteilen getragen wird.

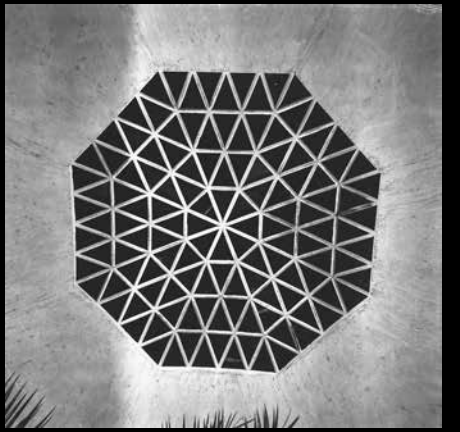
“... der Stützpfeiler trägt die vertikale Kraftkomponente, während den horizontalen Kraftkomponenten die – aus 16 Rundstäben mit 30 mm Durchmesser gebildete – achteckig umlaufende Bandage entgegenwirkt. Diese umlaufende Verstärkung neigt zur Dehnung, weil sie unter Zugspannung steht, während die Betonschale, die unter Druckspannung steht, dazu neigt, sich zusammenzuziehen. Aus diesem Grund wurden Gewindespanner in die Stahlstäbe der Bandage eingefügt. Die Wirkung dieser Spannvorrichtungen – Verkürzung der Stäbe – übte Zug darauf aus, womit die entsprechenden radialen Reaktionen an den Auflagepunkten der Kuppel ausgelöst wurden..., die unter Druck stehende Kuppel bewegte sich leicht in die Höhe und löste sich vom Lehrgerüst.”

Eduardo Torroja 1958





1934 - 1935
Markthalle in Algeciras



1934 - 1935
Markthalle in Algeciras

Pelota-Halle Frontón Recoletos

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: Secundino Zuazo Ugalde
Bauträger: Nueva Empresa de Frontones S. A.
Bauunternehmen: Huarte y Cia
Bauzeitraum: 1935
Standort: Calle Villanueva. Madrid (nicht mehr vorhanden)

Die Pelota-Halle Frontón Recoletos war eins der bemerkenswertesten Bauwerke der Madrider Moderne, das Ergebnis der hervorragenden Zusammenarbeit zwischen dem Bauingenieur Eduardo Torroja und dem Architekten Secundino Zuazo.

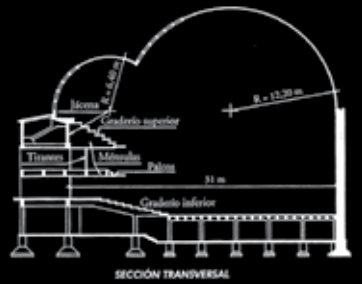
Die Stahlbetonschale des Dachs ist eine der innovativsten und eindrucksvollsten Konstruktionen Eduardo Torrojas. Leider wurde sie durch Bombenangriffe während des Bürgerkriegs schwer beschädigt und stürzte 1939 ein. Das Dach war eine Tonnenschale, mit horizontalen Erzeugenden, deren Leitlinie die orthogonale Schnittlinie von zwei Kreissegmenten unterschiedlichen Radius war, der größere 12,20 m und der kleinere 6,40 m (geschwungen V-förmiger Querschnitt - „Möwenflügel“). Die „gelappte Schale“ überspannte 55 m lichte Weite zwischen den Auflageflächen, bei 32,50 m Breite. Damit überspannte das Dach den gesamten Innenraum ohne zusätzliche Stützen. Die Schalendicke betrug durchgehend nur 8 cm, außer an der Schnittfläche der beiden Wölbungen, wo sie 16 cm betrug. Das Tageslicht fiel durch zwei über die ganze Länge verlaufende Oberlichter ein, die mit einem Gitterwerk aus gleichseitigen Dreiecken, von 1,40 m Seitenlänge, verkleidet waren.

“Wegen der Komplexität der Berechnungen und weil immer das Risiko bestand, Fehler zu machen, wurde die theoretische Arbeit durch experimentelle Untersuchungen an einem Modell in verkleinertem Maßstab ergänzt”.

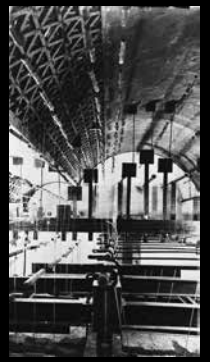
Eduardo Torroja 1958

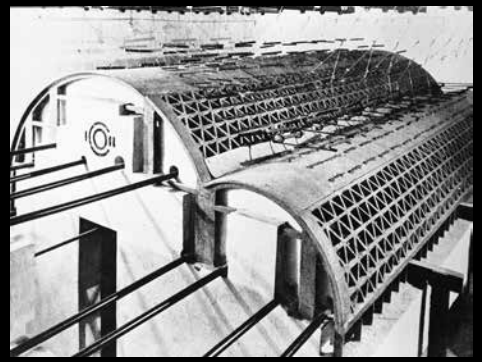
1935 Pelota-
Halle Frontón
Recoletos.
Madrid

1935 - 1936 Bau



Versuch an Modell im Maßstab 1:10
Eduardo Torroja





Aquädukt in Alloz

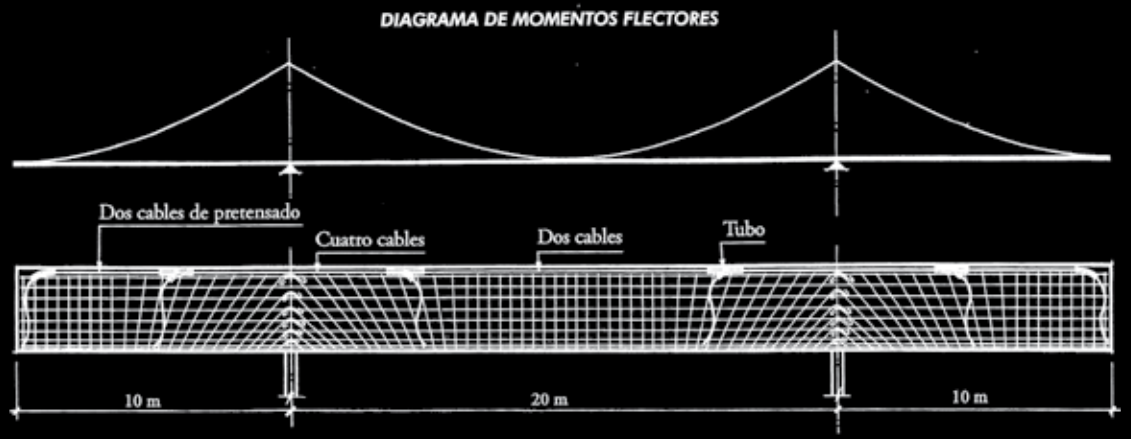
Ingenieur: Eduardo Torroja
Bauunternehmen: Huarte y Cia
Bauzeitraum: 1939 -1942
Standort: Camino de Santiago. (Gemeinde Ciuraqui)
Länge: 218 m; **Wasserinne**: 2,75 m/ Höhe, 15cm/ Stärke

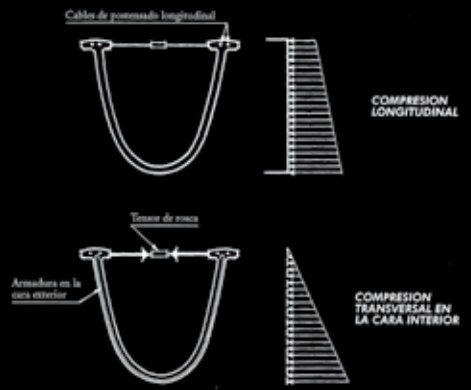
Der Aquädukt in Alloz ist ein weiteres der Pionierwerke aus Spannbeton von Eduardo Torroja. Dabei wurde der Spannbeton auf erfinderische, wenig konventionelle Weise eingesetzt. Die selbsttragende Wasserrinne, im Querschnitt eine kubische Parabel, ist in zwei orthogonalen Richtungen vorgespannt, um die Wasserdichtigkeit zu gewährleisten. Die Wasserrinne wird von „Riesenzirkeln" bzw. scherenförmigen Pfeilern im Abstand von je 20 m getragen. Die Feldweiten von 40 m bestehen aus einem Zentralteil von 20 m und zwei Auskragungen von je 10 m. Die Vorspannung in Längsrichtung wurde mithilfe von zwei Litzenkabeln an den oberen Rändern des Wasserkanals ausgeführt und die Quervorspannung mit Gewindestäben, die diese Ränder alle 4 m quer zusammenhalten. Das erfinderische System der Vorspannung in Längsrichtung bestand in der Befestigung von Schellen zwischen jedem Kabelpaar, die später mithilfe von einem Metallzirkel und einem Hydraulikheber auseinandergezogen wurden. Nach dem Spannen der Kabel wurde der Beton vergossen.

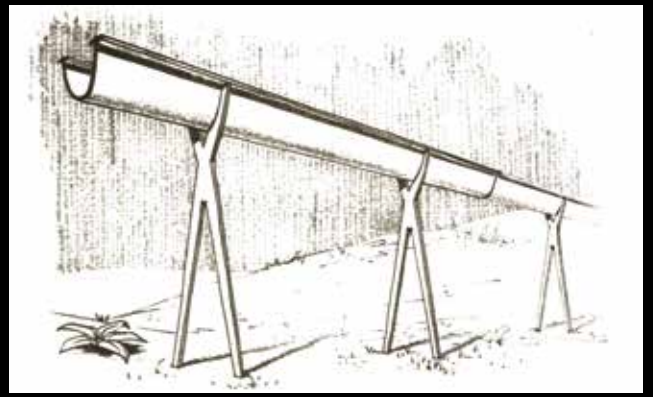
Doch der Aquädukt ist nicht nur ein Pionierwerk des Spannbetons. Seine attraktive Erscheinung überrascht den Pilger auf dem Jakobsweg mit einem unvermuteten Bild nackter Modernität.

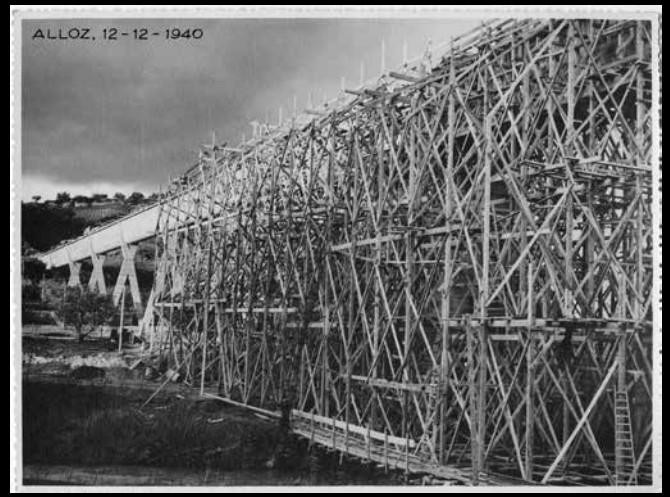
"Die grundlegende Idee bei der Gestaltung dieses Aquädukts war, jegliche Möglichkeit des Auftretens von Rissen oder Aussickern von Wasser durch die Wandflächen zu vermeiden, wozu die Innenfläche der Wände in zwei Richtungen unter Druck gesetzt wurde"

Eduardo Torroja 1958





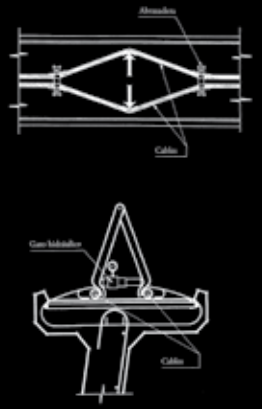




1939 - 1942
Aquädukt in Alloz

Bau

Spannen der Kabel mit Hydraulikheber



Brücke in Tordera

Ingenieure: Eduardo Torroja, César Villalba Granada und Gabriel Andreu Elizaicin
Bauunternehmen: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES); Investigaciones de la Construcción, S. A. (ICON)
Bauzeitraum: 1939 (Entwurf). 1939-1944 (Bau).
Standort: Durchgangsstraße Barcelona-Gerona

Eduardo Torroja war Pionier der Verbundkonstruktion. Er entwarf mehrere Brücken, in denen sowohl Stahl als auch Stahlbeton zum Einsatz kamen, unter Ausnutzung der unterschiedlichen Belastungseigenschaften der beiden Materialien. Die erste davon war die Brücke in Tordera (1939), von der nach ihrer Zerstörung im Bürgerkrieg nur noch die Pfeiler standen. Auf diesen Pfeilern wurde die neue Fahrbahnplatte aus Stahlbeton errichtet, auf drei elliptisch geformten Stahlträgern mit drei Öffnungen unter der Fahrbahnplatte, zwei seitliche von 45,70 m Weite und eine in der Mitte von 54,70 m Weite. Die Stahlbetonplatten der Fahrbahndecke wurden über geschweißte Stabanschlüsse mit der oberen Gurtung der Metallträger verbunden, so dass die Stahlbetondecke als Druckgurt dienen konnte

Die Fachwerkknoten dieser Brücke waren Gegenstand internationaler Anerkennung (Schweden).

"Nach Auspropieren verschiedener Lösungen wurden elliptische Träger gewählt, um eine ausreichend konstante Lastverteilung –der Zuglast – auf der gesamten Länge Untergurts zu erreichen, wobei die diagonalen Druckkräfte so gering zu halten waren, dass ein Durchhängen vermieden wurde.""

Eduardo Torroja 1958

Pedrido-Brücke

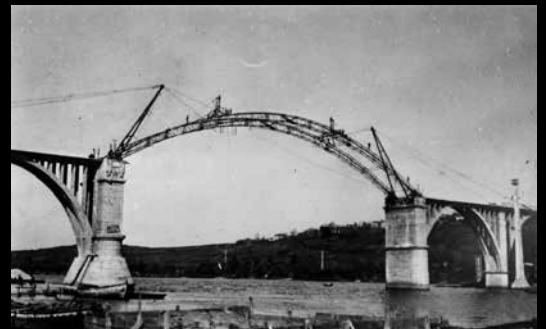
Ingenieur: Eduardo Torroja Miret; Cesar Villalba Granda
Bauunternehmen: Ricardo Barredo S. A.
Bauzeitraum: 1939 (Eduardo Torroja - Entwurf). 1939-1943 (Bau).
Standort: Ría de Betanzos (La Coruña)
Typ: Bogenbrücke

Der Bau der Pedrido-Brücke wurde vom Ingenieur Cesar Villalba Granda vor dem Bürgerkrieg begonnen. Es handelt sich um eine 520 m lange Brücke aus drei unterschiedlichen Abschnitten. Der Ausbruch des Bürgerkrieges 1936 führte zur Unterbrechung der Bauarbeiten, als erst die beiden uferseitigen Abschnitte erstellt waren: Der erste mit einer Fahrbahnplatte von 340 m, aufliegend auf 10 Doppelbögen, und der dritte, 102 m lange, auf drei Doppelbögen.

1939 entwarf Eduardo Torroja den mittleren Abschnitt, der die Brücke vervollständigte. Die technische Lösung für diesen zentralen Abschnitt bestand in einer innovativen Stabbogenkonstruktion aus Stahlbeton mit 78,40 m Spannweite und 12,50 m Pfeilhöhe, mit zwei Gelenken. Sie besteht aus zwei Hauptrippen sich zum Auflager hin verjüngenden Kantenprofils. Die unten liegende Fahrbahnplatte ist eine durchgehende Trägerdecke von 3,65 m Breite, die am Bogen mithilfe von Stäben aufgehängt ist.

"Die Hauptbewehrung des Bogens ist aus verschweißten Walzprofilen konstruiert und wurde so entworfen, dass die beiden Bogenhälften jeweils von den Uferseiten her eingehoben werden konnten. Nach Verbindung beider Teile am Bogenscheitel und Positionierung des Zugbalkens konnte der Bogen betoniert werden"

Eduardo Torroja, 1940
(Leistungsbeschreibung)



1939
Pedrido-Brücke

Bau

Martín Gil-Viadukt über die Esla

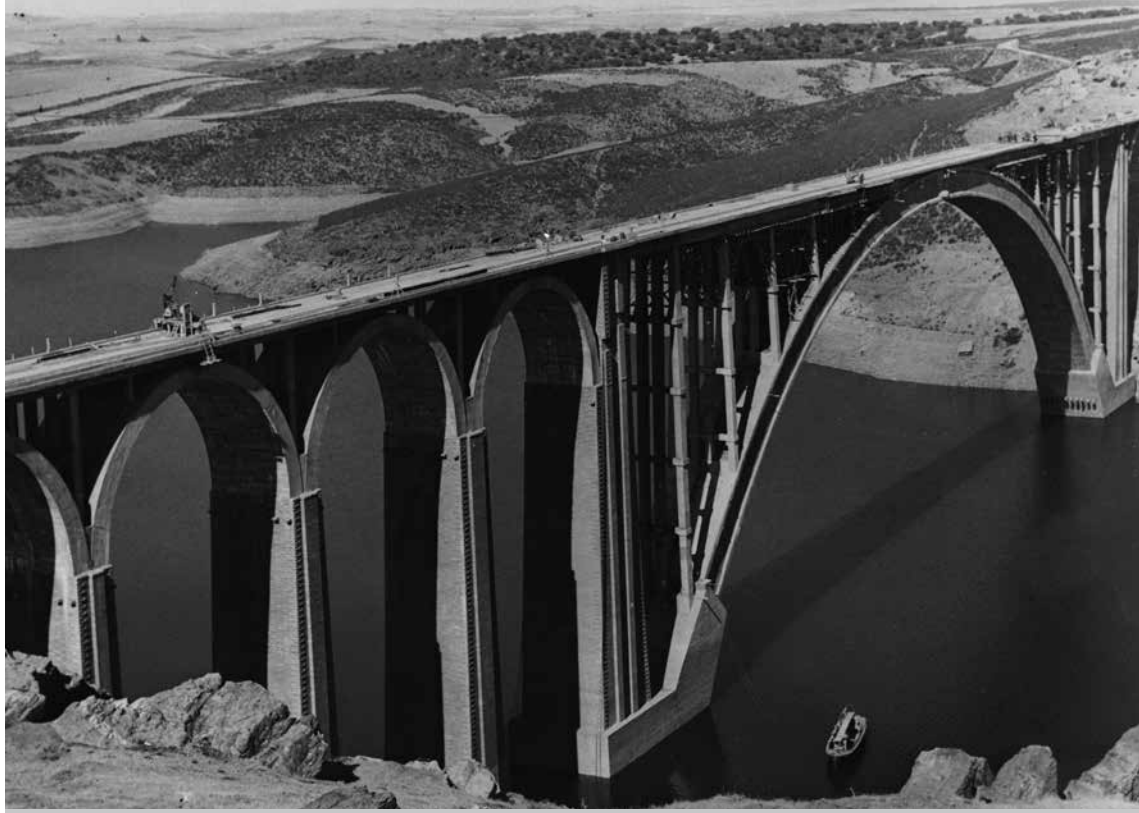
Ingenieure: Francisco Martín Gil; César Villalba Granda; Antonio Salazar Martínez; Eduardo Torroja Miret
Bauträger: Spanien. Ministerio de Obras Públicas
Bauunternehmen: Max Jacobson S. A.; Ricardo Barredo S. A. ; Esab Ibérica, S. A.; Investigaciones de la Construcción, S. A. (ICON)
Bauzeitraum: 1932 (1. Entwurf). 1935 (2. Entwurf). 1939 (3. Entwurf). 1934-1943 (Bau).
Standort: Manzanar del Barco. Fluss Esla, Provinz Zamora
Gesamtlänge: 479 m; **Höhe**: 84 m
Zentralbogen: 209 m

Der Martín Gil-Viadukt gehört zu den zahlreichen bei Ausbruch des Bürgerkriegs unterbrochenen Bauten. 1939, nach Kriegsende, konstruierte Eduardo Torroja den großen Zentralbogen aus Stahlbeton, der mit 209 m den Rekord der Spannweite brach.

Zur Optimierung des Konstruktionsprozesses und der Kosten, entwarf Eduardo Torroja ein Metallgerüst, das als Bewehrung im Bogen verblieb. Das Gerüst bestand aus zwei parallel angeordneten und quer verstrebten Flachstählen. Die Betonierung des großen Bogens erfolgte schichtweise in Längsrichtung, wobei die Schichtstärke schrittweise erhöht werden konnte, weil das Bewehrungsgerüst mit jeder ausgehärteten Betonschicht belastbarer wurde.

"Nach Aushärtung des Betons wurden Hydraulikheber an Ausgang und Scheitel der Untergurte angesetzt, um diese Gurtungen unter Druck zu setzen und die oberen teilweise von der Drucklast, die bis dahin von diesen allein getragen wurde, zu entlasten.

Eduardo Torroja 1958



1934 - 1943
Großer Esla-Bogen

Bau

Flugzeughangars

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: Rafael de la Joya Castro
Bauunternehmen: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)
Bauzeitraum: 1942
Standort: Flughafen Torrejón de Ardoz. Madrid
Bauträger: Luftfahrtministerium
Bauunternehmen: Obras Metálicas Electro-Soldadas (OMES)
Bauzeitraum: 1946 - 1949
Standort: Real Aero Club de España. Cuatro Vientos. Madrid

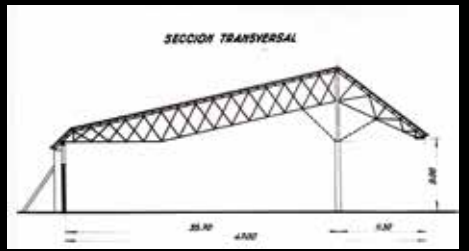
Zwischen 1942 und 1949 entwarf und baute Eduardo Torroja in Madrid drei Hangars mit großen Metalldächern. Die Aufträge dafür erhielt er bei der Vergabe durch Ausschreibungen des Luftfahrtministeriums. Der erste war der des Flughafen Torrejón, dessen Modell auch für den Hangar des Flughafens Barajas verwendet wurde. Die freie Hallenfläche sollte 182,88 m x 47,24 m betragen und die Zugänge, von einer der Längsseiten her, durften durch eine zentrale, maximal 10 m in den Innenraum hineinreichende Stütze geteilt sein. Eduardo Torroja entwarf eine Dachkonstruktion mit einer von allen vier Seiten ansteigenden Neigung (13º) zur Minimierung des Winddrucks auf die Seitenwände. Die Konstruktion besteht aus einem Längsbinder als Hauptträger, auf dem die mit X-förmigen Elementen verstrebten Querbinder aufliegen.

Der letzte, und in seiner Konstruktionsweise von den beiden anderen abweichende, Hangar ist der in Cuatro Vientos. Bei seiner Dachkonstruktion wurden Metallbögen von 35 m Spannweite zu einem biegesteifen netzförmigen Gewölbe gekreuzt. Die Bögen wurden am Boden montiert und nachträglich auf ihre endgültige Position angehoben.

"Jede der beiden Hälften der Dachkonstruktion arbeitet nach Art eines Dreieckträgers hoher Steifigkeit trotz seiner Leichtigkeit"

Eduardo Torroja 1958

1942
Flugzeughangar in Torrejón de Ardoz. Madrid



1946 - 1949
Flugzeughangar in Cuatro Vientos. Madrid

Fussballstadion Las Corts

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: José Mª Sagnier Vidal
Bauträger: Club de Fútbol Barcelona
Bauunternehmen: Pubasa
Bauzeitraum: 1943-1945
Standort: Barcelona

Eine innovative Verbundkonstruktion aus Beton und Stahl. Das Metalldach kragt 25 m über die Sitzreihen hinaus und liegt auf kräftigen Stützen aus Stahlbeton auf. Auch hier wieder folgt die Gestaltung dem unermüdlichen Eifer Eduardo Torrojas, für jeden Einzelfall nicht nur die nach den Nutzungsanforderungen am besten geeignete Konstruktionsform zu wählen, sondern auch Materialien, die den Konstruktionsaufwand optimieren.

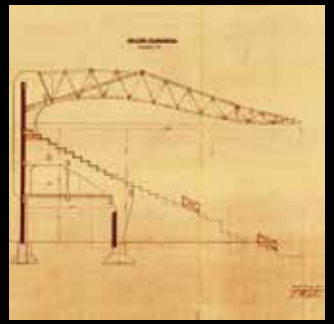
Die Dachkonstruktion besteht aus räumlichem Fachwerk mit dreieckförmigen Metallauskragungen, die in jeweils 5 m Abstand in den Betonstützen verankert sind, wobei das Kopfstücks der Auskragung mithilfe von Zapfen an die Stahlbewehrung des Betons angeschlossen wurde. Der reizvolle Schwung der Laibung ist das Ergebnis ihrer Verkleidung mit orangefarbenen Holzplatten. Die Stahlbetonkonstruktion des Unterbaus für das Dach und die Sitzreihen ist einfallsreich gestaltet mit dem Ziel, Kantenfläche, Kosten und Erhöhung des Biegemoments zu reduzieren. Dazu nahm Eduardo Torroja eine Zweiteilung, bei 8 m der Spannweite, des geneigten Tragwerks über den Sitzreihen mithilfe eines zentralen Zugbalkens vor.

"Es war nicht einfach, alternative Konstruktionsmaterialien und -lösungen zum Einsatz an dieser großen, auskragenden Überdachung der Sitzreihen zu finden, insofern die 25 breite Überspannung der Sitzreihen zwangsläufig aus Metall sein musste, um Gewicht und Kosten zu sparen."

Eduardo Torroja 1958

1943 - 1945
Fußballstadion Las Corts . Barcelona

Belastungsversuch



Schnitt

Offene Sancti Spirit-Kapelle

Ingenieur: Eduardo Torroja
Bauträger: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Bauzeitraum: 1953
Standort: Valle de San Nicolau. Aigües Tortes. Lleida (nicht mehr vorhanden)

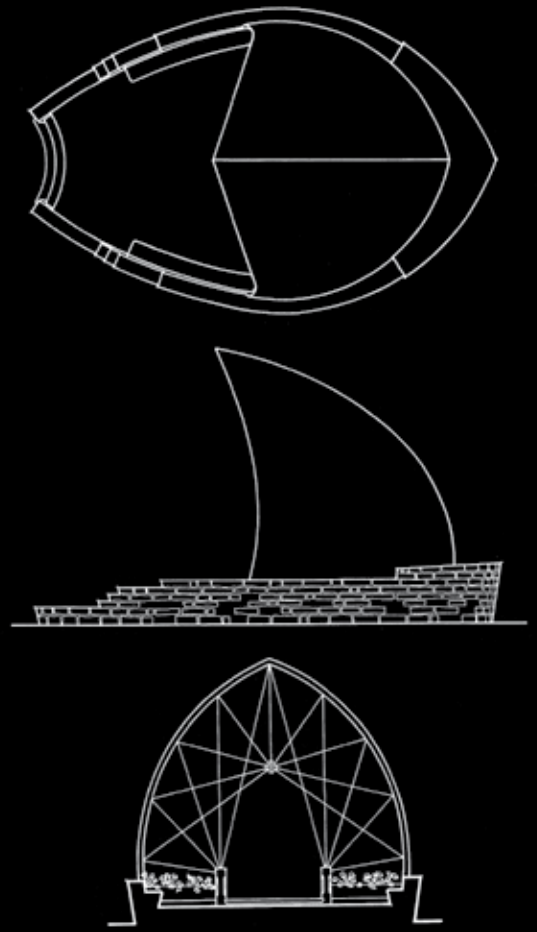
In einer idyllischen Landschaft, verloren in den Bergen, am Ufer des San Nicolau Flusses errichtete Eduardo Torroja ein Kleinod der Schalentragwerksmoderne, leider existiert es nicht mehr. Es handelte sich um eine kleine offene Kapelle, eine halbkugelförmige Zuflucht. Die Schale definierte, von ihrer Befestigung am Boden ausgehend, den gesamten Raum. Sie glich einem vom Wind geblähten Segel.

Ihre Konstruktionsform war eine halbe Kuppel, ausgeführt in bewehrtem Ziegelmauerwerk. Das war zur damaligen Zeit in Spanien eine besonders kostensparende Bauweise. Auffallend war das originelle System zur Randversteifung durch Einmauerung einer Reihe von gestrafften Kabeln, die radial von zwei Festpunken aus angeordnet waren.

"Gegenwärtig existiert keine praktische Methode, die eine Spannungsberechnung für Schalen dieser Art gestatten würde, was jedoch kein Grund sein sollte, auf deren Bau zu verzichten, auch nicht in größeren Ausmaßen als diese kleine Zufluchtsstätte"

Eduardo Torroja 1958

1953 Offene Sancti Spirit-Kapelle



Eduardo Torroja -
Segment Pont de Suert 1952

Kirche in Pont de Suert

Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekt: José Rodríguez Mijares
Bauträger: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Bauzeitraum: 1952 - 1955
Standort: Pont de Suert. Lleida

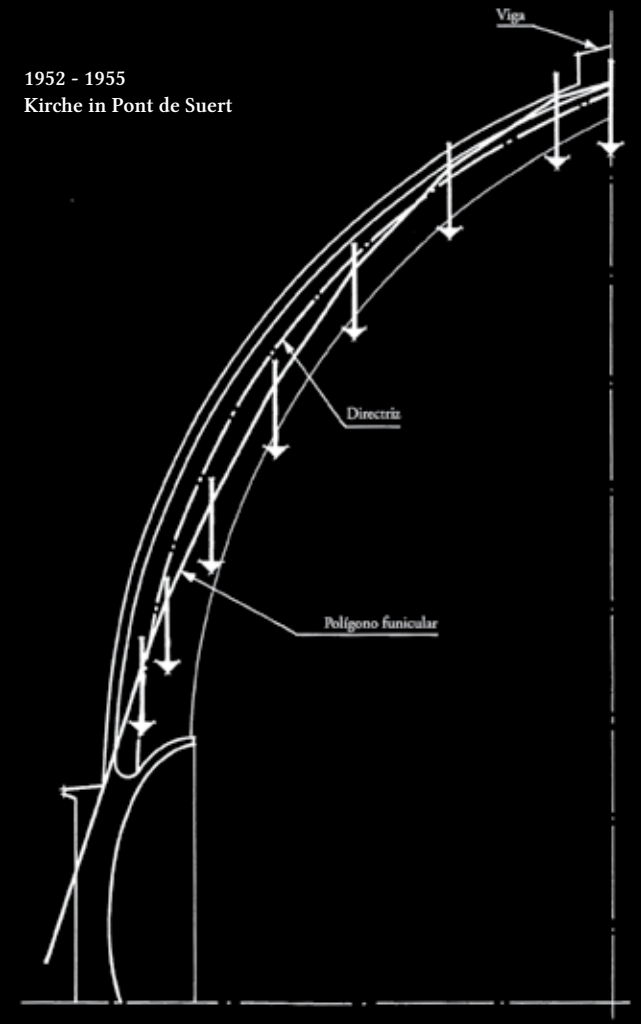
Vom Standpunkt der Raumkonzeption aus betrachtet, ist der bemerkenswerteste Aspekt des Schalendachs der Pfarrkirche in Pont de Suert, dass es sich nicht allein um ein Dach als solches handelt, sondern die Gesamtheit des begehbaren Raums, von seiner Befestigung am Boden an, durch die Dachform bestimmt wird. Die Dachkonstruktion bestimmt die Geometrie der Kirche. Das kommt auch in der äußeren Gestalt zum Tragen.

Die Konstruktion der einschiffigen Kirche besteht aus einer gleichmäßigen Folge von gewölbten Schalensegmenten, wobei die gewölbte Hauptfläche (Dach und Wand) auf die ebenfalls gewölbten apsisförmigen Kapellen trifft. Die Hauptfläche erhält ihre Krümmung zunächst durch die Spitzbögen, wobei die Krümmung in Querrichtung sich jedoch zum Scheitel hin abflacht. Die Geometrie ist an die Biegemomente angepasst. Am Scheitelpunkt der sich im Schiff gegenüberstehenden Segmente befindet sich ein Stahlbetonträger, der das Tragwerk versteift und verfestigt. Die Schalengewölbe wurden in drei Schichten flach verlegter und vermauerter Ziegel von je 3 cm Stärke ausgeführt. Außen wurden eine dünne Bewehrungsmatte und Zementmörtelverputz aufgebracht.

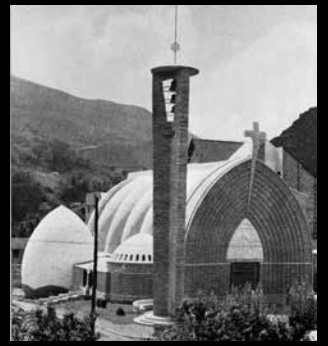
"Diese Schalen sind sehr wirtschaftlich und lassen sich an jede gewünschte Formgebung anpassen, sogar an sich mehrfach ändernde Krümmungen, wie die Gewölbe dieser Kirche zeigen"

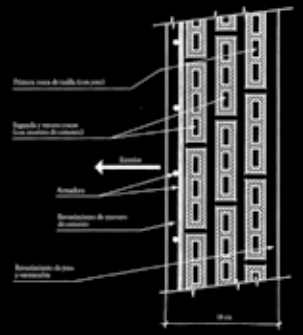
Eduardo Torroja 1958

1952 - 1955
Kirche in Pont de Suert



COMPRESIONES EN LA BOVEDA





DETALLE DE LA BOVEDA

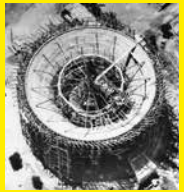
Wasserturm von Fedala

Ingenieur: Eduardo Torroja
Mitarbeiter: A.Paez und F. del Pozo
Bauunternehmen: F. Fernández, Société Marocaine d´Exploitation des Entreprises Fernández (Marokko)
Standort: Fedala. Marokko
Bauzeitraum: 1956 (Entwurf). 1956-1957 (Bau).

Das innovativste und schönste Wasserreservoir von Eduardo Torroja ist zweifellos das in Fedala. Er entwarf die einzelnen Teile unter Einsatz unterschiedlicher Konstruktionsformen und Materialien, mit dem Ziel der Optimierung der tragenden und Funktionseigenschaften sowie des Bauprozesses. Aus diesem Grund sind Boden und Wände des Reservoirs aus bewehrtem und vorgespanntem Beton hergestellt, während das Dach, das weder Gewicht trägt, noch dem Eigendruck des Wassers standzuhalten braucht, in einer leichten Schalenkonstruktion aus Ziegelmauerwerk, die keine Verschalung benötigte, ausgeführt ist. Der Boden des Reservoirs ist ein Gewölbe in O-Form aus bewehrtem Beton, dessen äußerer Ring nachträglich mit Gewindespannern verspannt wurde. Die Wände nahmen im nachträglich verspannten Beton entsprechend ihrer Erzeugenden und Leitlinien die Form eines Rotationshyperboloids an. Durch die gleichzeitige Druckbelastung dieser Geraden wird das Risiko des Auftretens von Rissen vermieden. Eine einfallsreiche und attraktive Lösung, bei der jedes Element in der am besten geeigneten Konstruktionsform und dem am besten geeigneten Material ausgeführt wurde.

"Das Hauptproblem bei der Gestaltung des Reservoirs mit 3.500 m3 Fassungsvermögen war, eine befriedigende Abdichtung dafür zu finden. Aus diesem Grund wurde die anfängliche Form – ein Kegelstumpf – abgewandelt und ein Rotationshyperboloid bevorzugt, mit nachträglicher Spannung längs der beiden Gruppen von Geraden, die dem Hyperboloid eigen sind. So wurde ein simultaner Verbund in den Erzeugenden und Leitlinien erzielt und das Auftreten von Rissen vermieden."

Eduardo Torroja 1958



1956 - 1957
Wasserturm von Fedala Marokko

Bau

Canelles-Talsperre

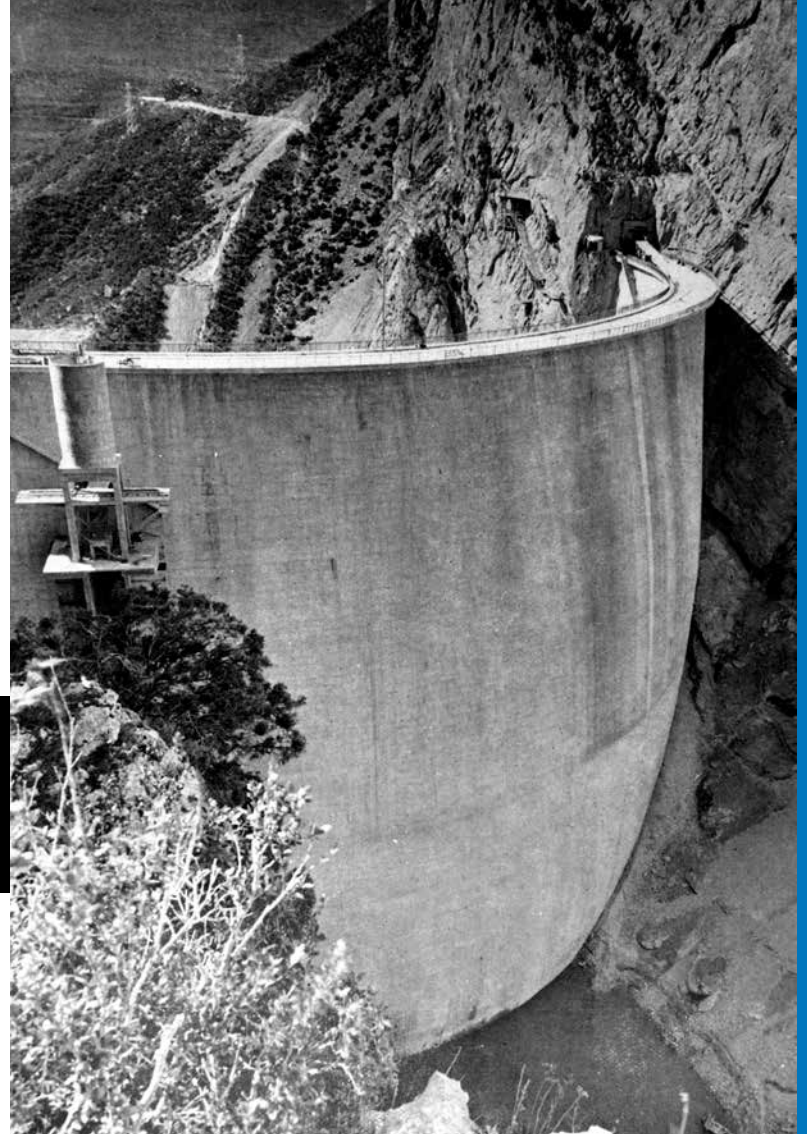
Ingenieure: Carlos Benito Hernandez, Eduardo Torroja Miret
Bauträger: Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (E.N.H.E.R.)
Bauunternehmen: E.N.H.E.R.
Bauzeitraum: 1953-1964
Standort: Río Noguera. Ribagorzana (Lérida)

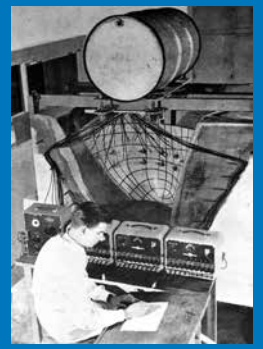
Länge: 210 m
Höhe: 140 m

Die Talsperre Canelles ist eine Bogenstaumauer aus bewehrtem Beton von 140 m Höhe, seinerzeit eine Rekordhöhe in Spanien. In ihrer Geometrie weist sie eine sowohl in Horizontal- als auch in Vertikalrichtung variable Krümmung auf, die das Ergebnis der von Eduardo Torroja vorgenommenen Konstruktionsanalysen ist, wozu er verschiedene Versuchsreihen an Modellen in kleinerem Maßstab durchführte, um die Konstruktionsform zu optimieren. Der Bau wurde 1964, drei Jahre nach Eduardo Torrojas Tod, fertiggestellt.

"Es wurden 17 unterschiedliche Modelle in reduziertem Maßstab erstellt, um zur endgültigen Gestaltung zu kommen. In jedem Modell wurden die nach dem vorhergehenden Versuch für erforderlich erachteten Änderungen umgesetzt. Die Versuche wurden beendet, als eine Form mit maximaler Druckbelastung von 50 kg/cm2 und praktisch inexistenter Zugspannung in der strömungsaufwärts gerichteten Wand erzielt wurde."

Eduardo Torroja 1958





Versuche an Modellen.

1953 / 1964
Talsperre in Castellón.
Lérida

SAAL – S3

Der dritte und letzte Saal der Dauerausstellung im Museo Eduardo Torroja ist dem heute unter dem Namen Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja bekannten und zum Obersten Rat für wissenschaftliche Forschung (CSIC) gehörenden bauwissenschaftlichen Institut gewidmet.

Dem neuen und seinerzeit revolutionären Sitz (1949-1953) sowie der bedeutenden Tätigkeiten, die dort zur Forschung, Verbreitung und Lehre während der Blütezeit der Moderne unter Leitung von Eduardo Torroja stattfanden, wo unter zahlreichen anderen nationalen und internationalen Organisationen 1959 die International Association for Shell Structures IASS gegründet wurde.

“ Andere werden die von uns bewerkstelligte Arbeit besser zu beurteilen wissen als ich”

Eduardo Torroja 1961 *(Auszug aus dem Brief an seine Mitarbeiter)*

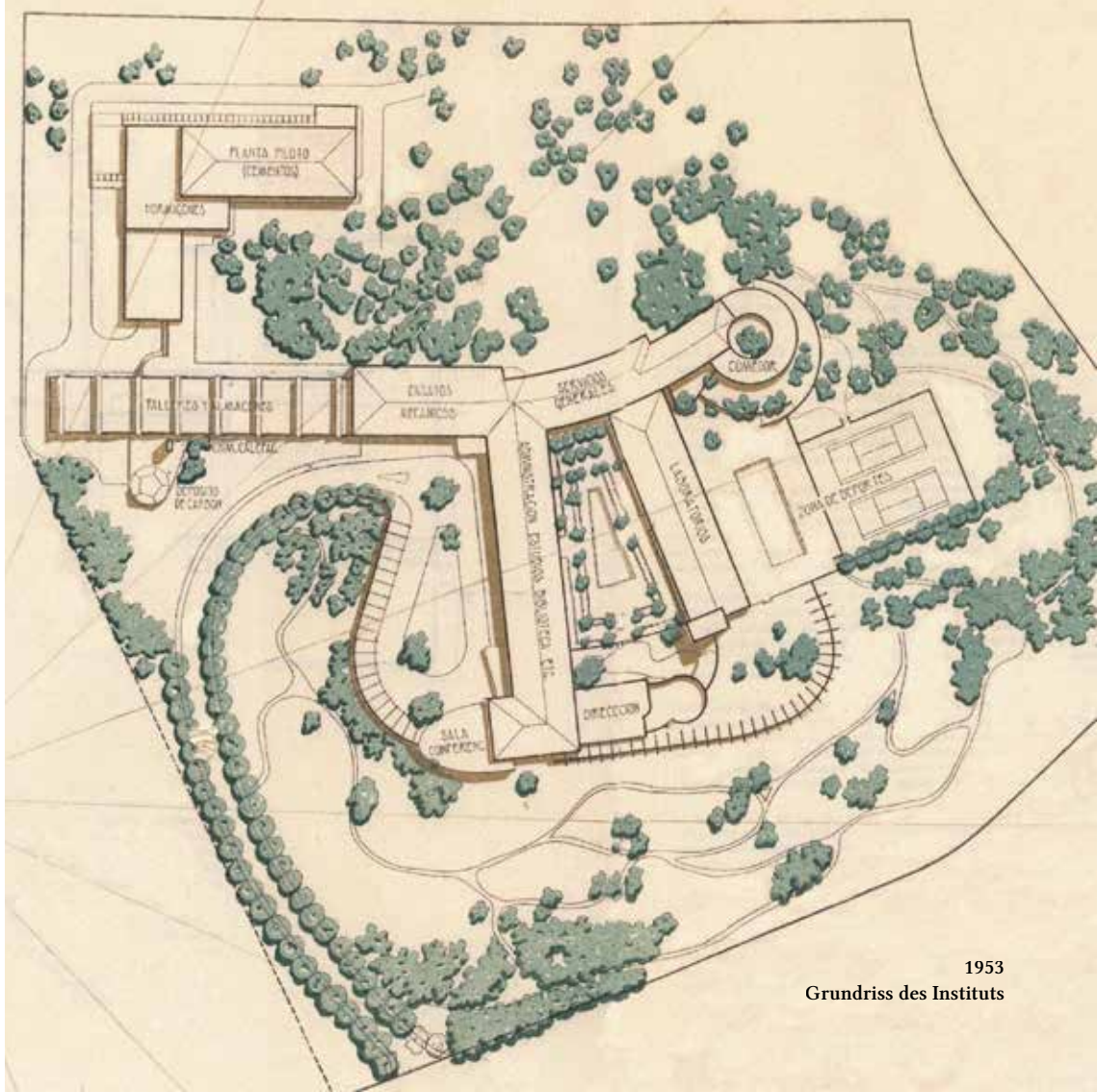
AUSGESTELLTE WERKE: Die bauliche Anlage des neuen und heutigen Institutssitzes, dessen einzigartige Gebäudeteile sowie Veröffentlichungen, die 1959 von Eduardo Torroja gebauten experimentellen Schalen und die Schale in Rippenform, die 1969 als Denkmal an Beton und Stahl, zum Andenken an Eduardo Torroja errichtet wurde

Institut Eduardo Torroja

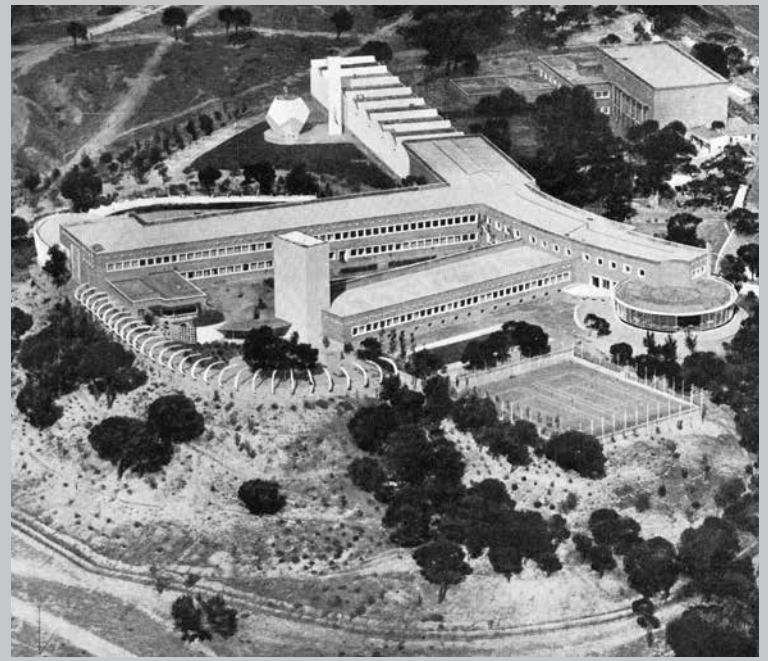
Ingenieur: Eduardo Torroja
Architekten: G. Echegaray, M. Barbero
Bauträger: Eduardo Torroja
Bauunternehmen: AGROMAN S.A.
Bauzeitraum: 1949-1953
Standort: Madrid

Das bauwissenschaftliche Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) wurde im Jahr 1934 unter dem Namen Instituto Técnico de la Construcción y la Edificación (ITCE) gegründet und ist zweifellos das Vermächtnis von Eduardo Torroja, dem am meisten Bedeutung und Wertschätzung zukommt. Dem Institut widmete er einen großen Teil seines Berufslebens (1934-1961). Es wurde bis zum Tag seines Todes von ihm selbst geleitet, nach einem ganz eigenen Denk- und Handlungsmodell, wodurch es zu einer der Forschungseinrichtungen internationaler Geltung während der Blütezeit der klassischen Moderne werden konnte.

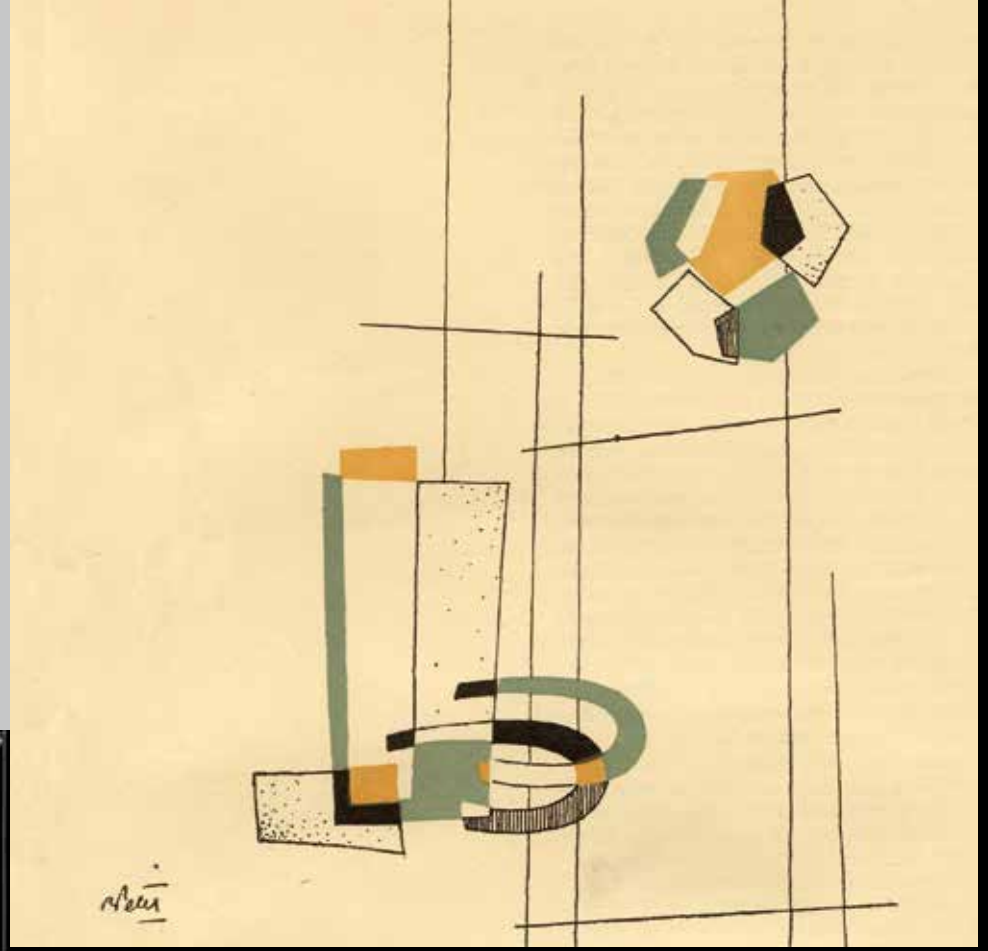
1949 begann Eduardo Torroja mit dem Vorhaben des neuen Institutssitzes. Ein revolutionäres Habitat für die Forschung. Der architektonische Baukörper wurde als räumlicher Mehrling aus acht ein bis zweistöckigen Teilkörpern entworfen, der sich in unregelmäßigen Auslegern an die Geländetopographie anschmiegt und insgesamt die Form der Phi-Zahl annimmt, wobei fünf offene begrünte Höfe entstanden, von denen die langen Gebäudefassaden eingefasst sind. Eduardo Torroja nahm den Bau des neuen Sitzes wahr, um vom Institut durchgeführte Forschungen hinsichtlich der Rationalisierung traditioneller Baumethoden und der Vorfertigung von Bauteilen zur Anwendung zu bringen. Der neue Sitz fungierte während seines Baus als große Experimentierwerkstatt, als „Schule für die Vorfertigung von Teilen“ direkt auf der Baustelle, womit Eduardo Torroja der Weiterentwicklung der damals in Spanien verfügbaren dürftigen Sachmittel einen Impuls geben wollte. Eduardo Torroja führte am neuen Sitz innovative Tragwerke und architektonische Raumgestaltungen aus. Die runde Mensa, das Kohlelager in Form eines Dodekaeders, die dreieckförmige Schalendachkonstruktion der Werkstätten und Versuchshallen und die Pergola am Rand. Signifikanterweise wurden genau diese Bauten später von Eduardo Torroja selbst, aus allen seinen Werken, zur Besprechung im Buch mit dem Titel *The Structures of Eduardo Torroja,* erschienen 1958 bei F.W. Doge Coorporation, New York. (Torroja 1958), ausgewählt.



1953
Grundriss des Instituts



1953 Das bauwissenschaftliche Institut. Der neue Sitz.



1955 Bernard Petit – Dodekaeder des Instituts

Einzigartige Gebäudeteile des Instituts

Ingenieur: Eduardo Torroja
Bauträger: Eduardo Torroja
Bauunternehmen: AGROMAN S.A.
Bauzeitraum: 1949-1953
Standort: Madrid

Die runde Mensa des Instituts ist ein architektonisch besonders reizvoller Raum. Ihre gekrümmte Haut aus Glas wölbt sich in den umgebenden Garten hinein und drängt sich gegen die Pinien. Sie erhebt sich auf einem runden Grundriss von 22,44 m Durchmesser, bei einer Höhe von 3,50 m. Der Raumabschluss besteht aus zwei seitlichen, gekrümmten und mit Naturstein verkleideten Stahlbetonmauern sowie einer enormen Fensterfläche aus gekrümmtem Glas, die eine Öffnung von 180° ermöglicht und sich in der Mauer versenken lässt, womit die Mensa sich in den Garten integrieren lässt und dann zeitweise als geschlossener Raum verschwindet. Die Dachkonstruktion besteht aus auskragenden Bindern sich verjüngender Kantenfläche (von 0,84 m auf 0,22 m) in radialer Anordnung, die auf Stahlbetonsäulen im Inneren der Mensa aufliegen, die ihrerseits einen kleinen runden Garten in der Mitte einfassen.

Die dreieckförmige Schalendachkonstruktion der Werkstatthalle des Instituts überspannt einen rechteckigen Grundriss von 15,00 x 78,70 m und besteht aus neun Zylindergewölben von 10,00 m Spannweite, die im Winkel von 90° aufeinandertreffen. Das Tragwerk ist in kleinen I-80 Metallprofilen ausgeführt, die als Gitterwerk aus gleich großen, gleichseitigen Dreiecken verschweißt sind. Die neun dreieckförmigen Gittertragwerke wurden am Boden hergestellt und dann, dank ihrer Leichtbauweise, ohne Schwierigkeiten auf ihre endgültige Position in 7 m Höhe angehoben.

.....Dächer dieser Art werden häufig als Stahlbetonschalen ausgeführt, doch bei diesem Entwurf hielten wir es für kostengünstiger, stattdessen eine besonders leichte Konstruktion aus dreieckförmigem Gitterwerk einzusetzen, das der zylindrischen Form des Dachs angepasst wurde.

Eduardo Torroja, 1958

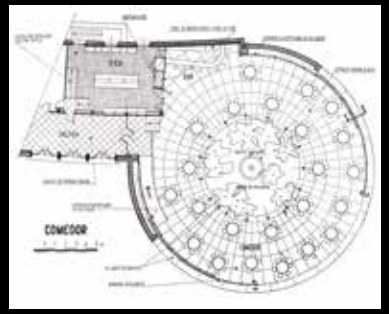
Die Pergola am Westrand des Gartens besteht aus einer regelmäßigen Folge Stahlbetonrippen, die die geometrische Form einer Lemniskate von Bernoulli annehmen, mit Endkrümmung null, die als mathematisches Zeichen Unendlichkeit symbolisiert. Auch hier wieder hat Eduardo Torroja eine geometrische Figur voller Bedeutung gewählt, an dieser Stelle zur Begrenzung des Außenbereichs des Instituts. Jede Rippe ist, als schwungvoll auskragender Träger, in die zur Befestigung der Gartenerde dienende Stahlbetonmauer eingelassen. Auf diesen Rippen wurden Metallnetze aus Rundstäben aus glattem Stahl verlegt und eine geometrische Form geschaffen, die sich einem hyperbolischen Paraboloid annähert.

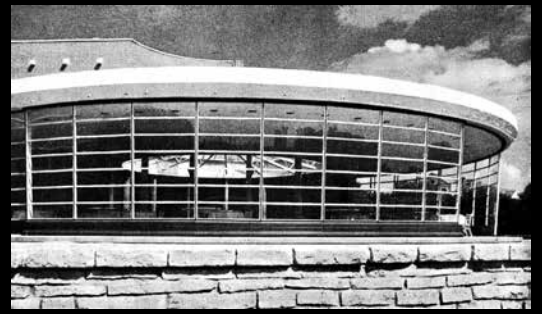
Der Dodekaeder war eigentlich als Kohlenlager geplant. Es handelt sich um einen regelmäßigen, freistehenden Dodekaeder, der sich als große Skulptur neben dem Haupteingang erhebt. Er wurde in kurzer Zeit zum Symbol des IETcc.

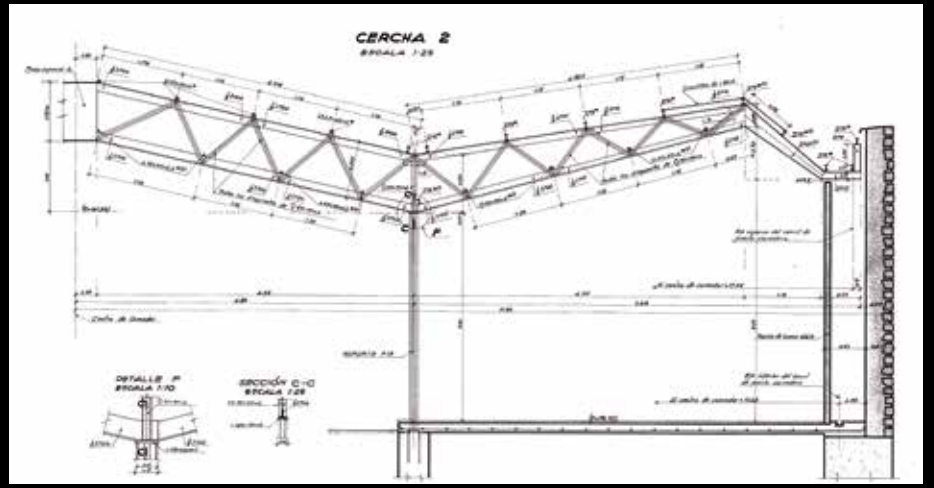
Er ähnelt einer flächigen Faltkonstruktion, ist 8,60 m hoch und in Stahlbeton mit Wandstärken von 22 cm ausgeführt. Eduardo Torroja erläuterte dazu, eine Kugel weise in ihrer Geometrie zwar ein optimales Fläche-Volumen-Verhältnis auf, der Dodekaeder sei jedoch einfacher zu bauen, kostengünstiger und dank seiner Geometrie und geplanten Größe gestalterisch einfach bestechend. Als geometrische Form fällt der Dodekaeder unter die platonischen Polyeder, denen zahlreiche Eigenschaften höherer Ordnung zugeschrieben werden, insbesondere auch weil die Proportionen dem goldenen Schnitt entsprechen. Ein Jahr später, 1954, wurde dem Architekten Richard Buckminster Fuller sein berühmtes Patent für geodätische Kuppeln zuerkannt, die auf der Grundlage von Dodekaedern oder Ikosaedern erzeugt werden, wobei er den geringen Bauaufwand anführte, auch wenn in dem Fall die Wände aus Stäben und nicht aus Flächen erzeugt werden.

"... bei diesen polyedrischen Figuren richtet sich das Spiel von Licht und Schatten exakt an den vom Gestalter gezogenen Linien aus und verleiht den Umrissen damit Reinheit und Schärfe".

Eduardo Torroja 1959

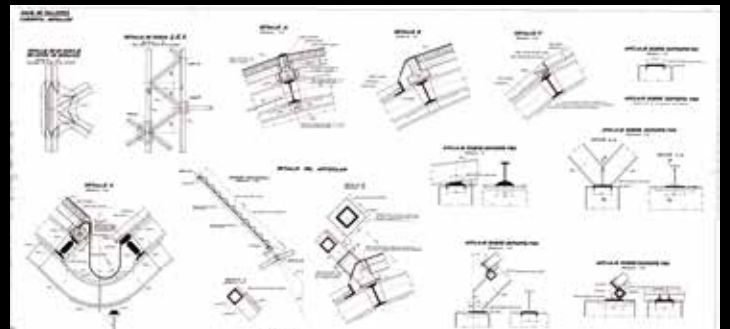


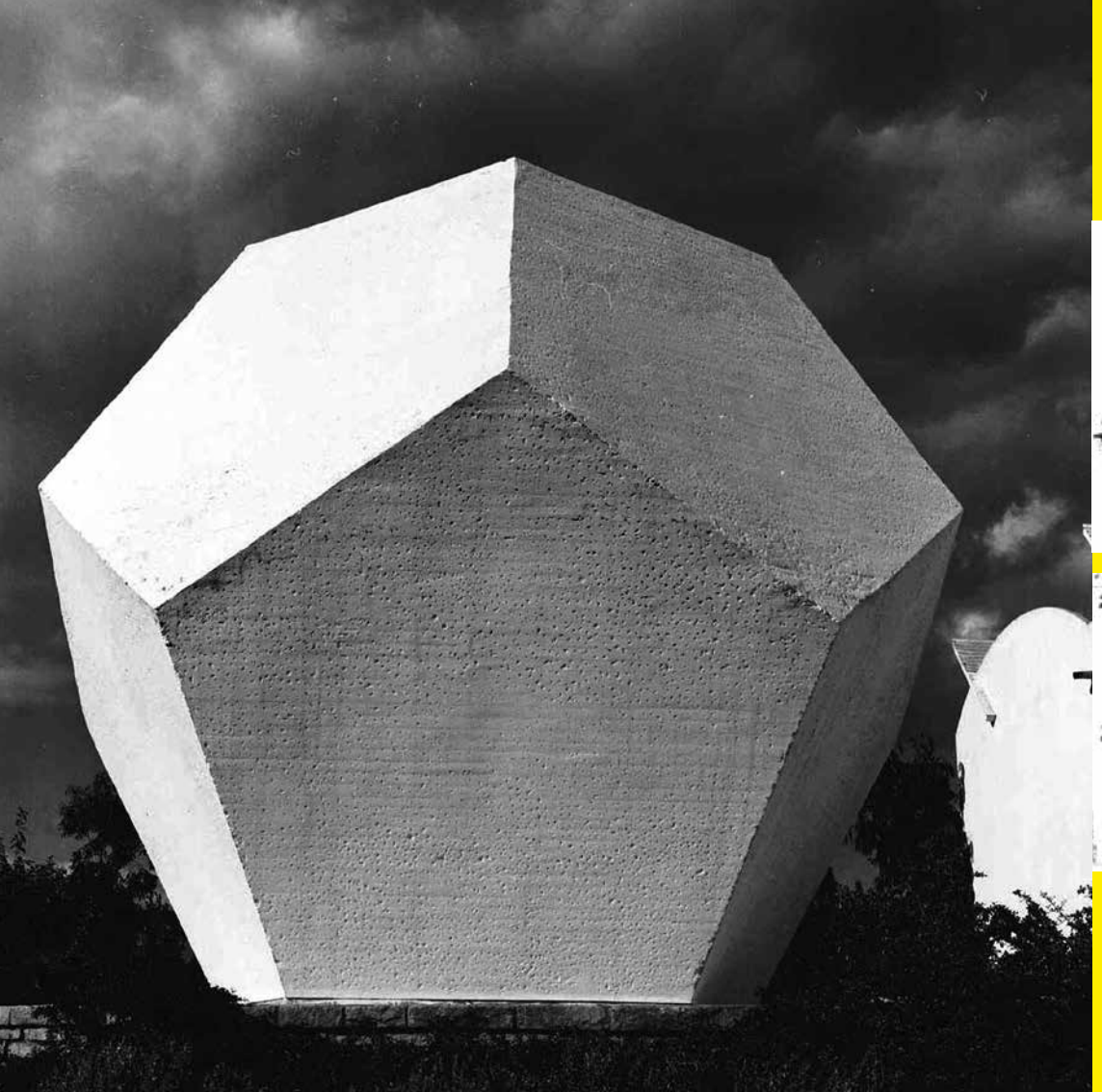


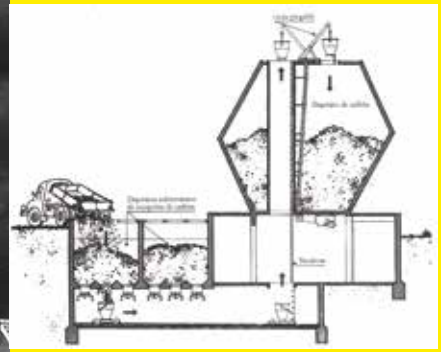


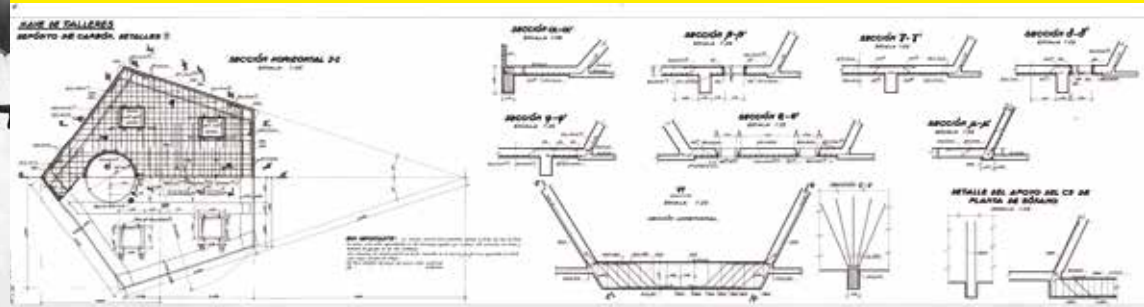
Mensa im Instituto Eduardo Torroja /IETcc

Werkstatthalle IETcc









Dodekaeder - Kohlensilo des IETcc
Bauprozess

1955 Eduardo Torroja mit Teilnehmern an einem Lehrgang im bauwissenschaftlichen Institut

Internationale Vereinigung für Schalenkonstruktionen

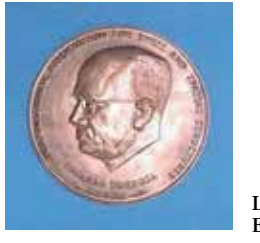
iass

Das Vermächtnis von Eduardo Torroja beschränkt sich nicht auf seine innovativen Bauwerke, seine Beiträge zu den Berechnungsmethoden, die Entwicklung von Versuchen anhand von Modellen in reduziertem Maßstab als Methode zur Prüfung des Tragwerksverhaltens oder seinen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung des Stahl- und Spannbetons. Er besaß darüber hinaus außerordentliches Organisationsgeschick und Führungsqualitäten. Er gründete verschiedene nationale und internationale Zusammenschlüsse, die wie die IASS (1959) nach wie vor existieren und führend beim Fortschritt der Bauingenieurstechnik und der Architektur sind.

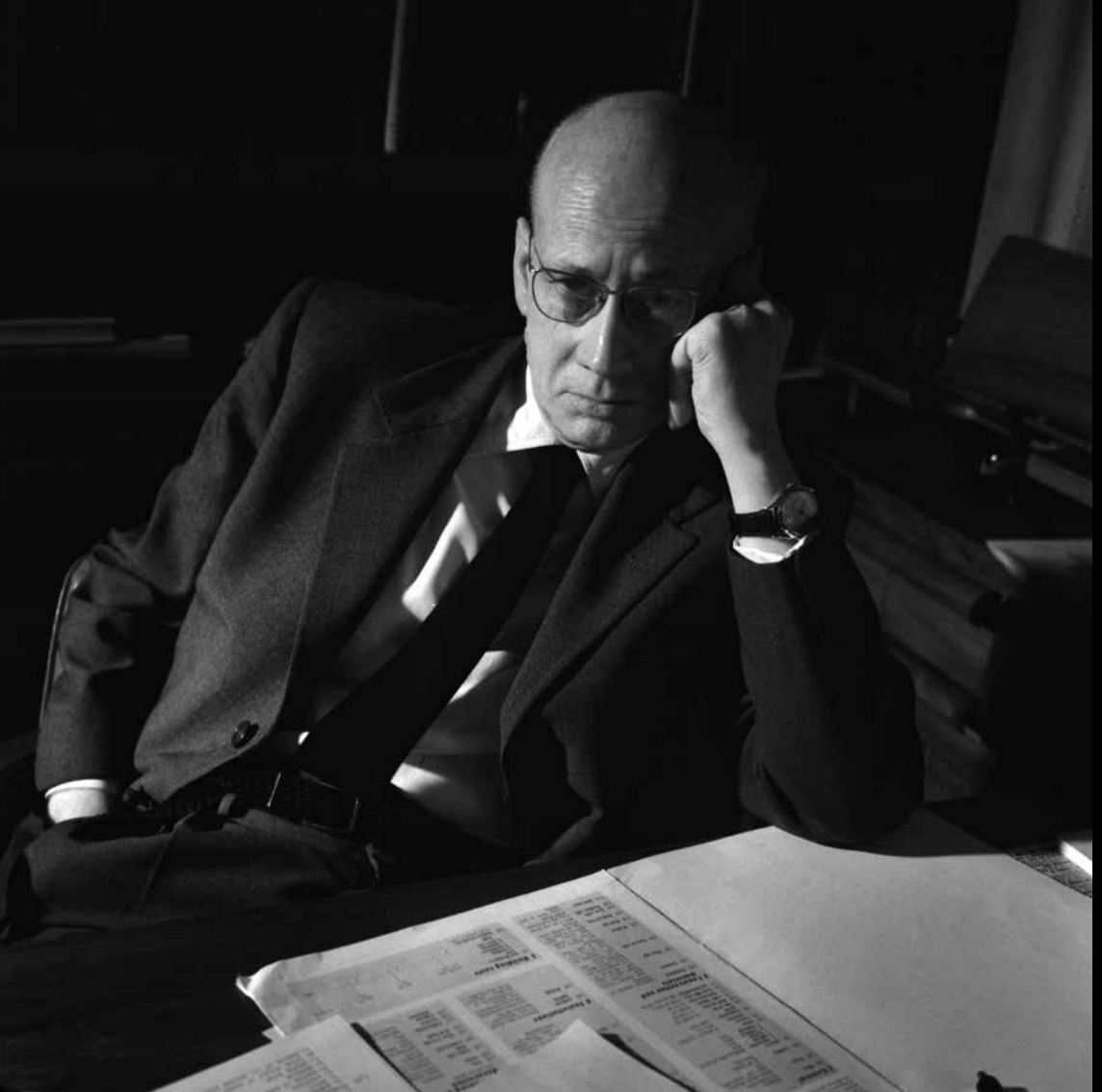
Im September 1959 fand im von Eduardo Torroja geleiteten Institut das International Colloquium on Non-traditional Processes for Thin Shell Construction statt. Bei dieser Zusammenkunft wurde, auf Initiative von Eduardo Torroja, die Internationale Vereinigung für Schalenkonstruktionen – Internacional Association for Shell Structures –, kurz IASS, gegründet. Ihre Organisation wurde von Eduardo Torroja geleitet, unter Mitwirkung des Werkstoffprüfungslabors Laboratorio Central de Ensayos de Materiales, dem er ebenfalls als Direktor vorstand. Bei dem Kongress trugen über 100 Experten aus Ländern wie Deutschland, Argentinien, Brasilien, Belgien, Sri Lanka, Dänemark, Spanien, Finnland, Frankreich, Niederlande, Großbritannien, Italien, Japan, Norwegen, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz und Uruguay ihre Beiträge vor. Darunter befand sich eine erhebliche Zahl der führenden Vertreter der Baukunst und der Entwicklung der dünnen Schalenkonstruktionen, die verschiedenen Diskussionsveranstaltungen vorsaßen und noch unveröffentlichte Arbeiten vorstellten, darunter: A. Paduart, W. Zerna, K.W Johansen, H. Rüle, Müller, R.S. Jenkins, W. Poniz, A.L. Parme, E. Giangreco, A.M. Hass, M. Hahn, N. Esquillan, Tsuboi, Arup, H. Isler.

Eduardo Torroja hatte den internationalen Kongress bereits seit 1958 vorbereitet, als er zu der Überzeugung gekommen war, dass die Schaffung eines internationalen Zusammenschlusses, der sich der „dünnen Betonschalen“ annähme, deren Entwicklung sehr zu Gute kommen würde. Um die Teilnehmer dem Anlass gerecht zu empfangen, errichtete er zwei experimentelle Schalen in maßstabsgetreuer Größe im Garten des Instituts, im Patio de los Alarifes. Es sollten die letzten von Eduardo Torroja gebauten Schalen bleiben. Am 16. September 1959 empfing Eduardo Torroja die Teilnehmer dieses Gründungskongresses der IASS im Patio de los Alarifes um seine experimentellen Schalen vorzuführen. Eine der beiden, die als „Die Wale“ bekannte, war ein Schalendach mit 3 cm Schalendicke aus 10 vorgefertigten doppelt gekrümmten Elementen, die durch Vorspannung verbunden waren und ein Schalengefüge von 10,25 m Länge und 1,85 m Breite bildeten. An dieses Bauelement war ein weiteres, identisches, mithilfe einer Fußstrebe angeschlossen, das ein geneigtes Dach formte und auf zwei Mauern an den gegenüberliegenden Seitenrändern auflag. Geometrisch waren die vorgefertigten Teile in Querrichtung Sinusoide und in Längsrichtung zwei sich gegenseitig schneidende elliptische Bögen. Die fertige Form des Bauelements entsprach dem Anspruch der Optimierung der Kräfteverteilung. Die andere von Eduardo Torroja gebaute experimentelle Schale, an der auch sein Sohn José Antonio Torroja Cavanillas mitarbeitete, bestand aus kuppelförmigen Bauelementen auf dreieckigem Grundriss, mit 4 cm Schalendicke, die auf Stützen in sechseckiger Anordnung auflagen. Insgesamt bildeten sie die Abdeckung eines in die Erde eingelassenen Wasserreservoirs. Die darauf einwirkende Belastung durch den Druck der Erde betrug ca. 20 kN/m2. 6 Teile wurden am Boden hergestellt und gleichzeitig betoniert, durch Arbeitsfugen getrennt, und nachträglich angehoben und auf ihre Stützen gesetzt.

Pepa Cassinello
Kuratorin



IASS
Eduardo Torroja Medaille



1959
Experimentelle Schalen. Patio de Alarifes. Instituto Eduardo Torroja

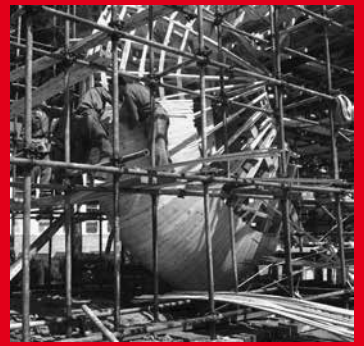
Die Rippe – Denkmal an Beton und Stahl

Architekt: Fernando Cassinello
Ingenieure: José Antonio Torroja (Konstruktion)
Francisco Morán (Statik)
Rafael Fernández Sánchez (Bau)
Bauträger: Instituto Eduardo Torroja
Bauzeitraum: 1969
Standort: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid

Im Jahr 1969, anlässlich des Kongresses der IASS – International Association for Shell Structures – in Madrid, wurde im Eduardo Torroja Institut ein Denkmal an Beton und Stahl errichtet, und zwar im Patio de Alarifes, dem Hof, in dem Eduardo Torroja 1959 seine experimentellen Schalen zum Empfang der Teilnehmer des Gründungskongresses der IASS gebaut hatte.

Zum anderen beschloss die IASS im gleichen Jahr, ihren Leitauftrag zu erweitern und auch die aufkommenden neuen Raumkonstruktionen aus anderen Materialien darin zu berücksichtigen. Von diesem Zeitpunkt an änderte sie, bei unveränderter Beibehaltung der Abkürzung IASS, ihre Bezeichnung in International Association for Shell and Spatial Structures. Die Stahlbetonschalen waren nicht mehr wirtschaftlich, ihr Daseinszweck war im neuen gesellschaftlichen, ökonomischen und technologischen Kontext untergegangen, auch wenn die letzten großen Vertreter dieser Geschichte in verschiedenen Ländern noch das eine oder andere relevante Bauwerk errichten sollten. Aus diesen Gründen sollte das Denkmal eine Schalenkonstruktion sein und einen offenen Raum überdecken, der als Kapelle oder für Gedenkveranstaltungen geeignet sein sollte.

Die Konstruktionsform der Schale wurde in Anlehnung an die von Eduardo Torroja entworfene Pergola am Westrand des Instituts gestaltet. Die Raumgeometrie der Schale entspricht deshalb einer „Rippe“. Die Schalendicke beträgt 6 bis 10 cm am auskragenden Teil und 40 cm am Fuß.



1969
Die Rippe

Denkmal an Beton und Stahl

Patio de los Alarifes.
Instituto Eduardo Torroja

Hier werden nicht viele meiner Werke erwähnt, doch ich glaube, die hier besprochenen verdeutlichen das von mir Verfolgte, und das schließlich Erreichte.

Eduardo Torroja, 1958

"Las estructuras de Eduardo Torroja"

Initiative

Fundación Eduardo Torroja

Überlassung der Räumlichkeiten

Hipódromo de la Zarzuela S.A

Schirmherrschaft

Ministerio de Fomento / Dirección General de Arquitectura y CEDEX

Fundación ACS

Ferrovial agroman

Fundación Banco Caminos

Mitwirkung

Universidad Politécnica de Madrid

Fundación Juanelo Turriano

SIKA, España

Danksagungen

An erster Stelle möchte ich der Fundación Eduardo Torroja für diese großartige, faszinierende Aufgabe danken, die Kuratorin des Museums sein zu dürfen und Herausgeberin des Katalogbuchs, dessen reduzierte Version angesichts des internationalen Interesses an der Verbreitung des Werks von Eduardo Torroja in 5 Sprachen veröffentlicht wird.

Unser Dank - der unserer Stiftung - richtet sich nicht nur an alle Institutionen, Stellen und Stiftungen, die uns bei der Verwirklichung des Museums und des Katalogbuchs zur Seite gestanden haben, sondern ganz konkret und besonders auch an alle Einzelpersonen, die sich für unser Vorhaben eingesetzt und unsere Begeisterung dafür geteilt haben. Dank deshalb an Faina Zurita, Präsidentin des Hipódromo de la Zarzuela, in dessen Anlage unserer Stiftung die Nutzung Museumssaals überlassen wurde. Dank an Antonio García Ferrer, Vizepräsident der Stiftung Fundación ACS, der von Anfang an die Begeisterung für das Museo Eduardo Torroja teilte und sich zum großen Teil um dessen Finanzierung gekümmert hat. Dank an die Unterabteilung für Architektur und das CEDEX des spanischen Infrastrukturministeriums, die nicht nur mit ihren Dokumenten und Modellbeständen dazu beigetragen haben, das Museum mit Ausstellungsstücken zu füllen, sondern auch von Anfang an Arbeit, Sorgen und Begeisterung mit uns geteilt haben; Javier Martin, Unterabteilungsleiter Architektur, Eduardo Aragoneses, Leiter der Kommunikationsabteilung und an Sara León. Dank an Mariano Navas, Generaldirektor des CEDEX, Ángel González, Dolores Romero und Javier Plasencia. Dank auch an das bauwissenschaftliche Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja für die Überlassung von Dokumentation aus seinen Archiven, insbesondere an Virtudes Azorín, Angela Sorlí, Rogelio Sánchez, Antonio Blázquez und Maribel Sánchez Rojas. Dank an die Stiftung Fundación Juanelo Turriano – an deren Präsidenten Victoriano Muñoz Cava und deren Direktor Bernardo Revuelta –, die für das Museum das Modell der Markthalle in Algeciras finanziert hat, eine der Ikonen des Werks von Eduardo Torroja.

Dank an die hervorragenden Autoren von Artikeln für der Katalog und deren Freigebigkeit: Miguél Aguiló, Carmen Andrade, José Calavera, Hugo Corres, Luís Fernández Galiano, Carmen Jordá, Jerónimo Junquera, Elena Pascual, Javier Manterola, Julio Martinéz Calzón, Fernando Sánchez Dragó, Leonardo Fernández Troyano und Mike Schlaich. Dank an Ángel González Lucas, Generaldirektor von SIKA España, der Firma, die an der Restaurierung der Schalentragwerke der Pferderennbahn Hipódromo de la Zarzuela, die das Museum aufgenommen hat, beteiligt war und die erweiterte Ausgabe dieses Katalogbuchs mitfinanziert hat. Und last not least, Dank an unsere Universidad Politécnica de Madrid, deren Rektorat – das jetzige und das vorhergehende – und an die Direktoren Luis Maldonado und Francisco J. Martín unserer Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura sowie Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, an denen der größere Teil der hier erwähnten Personen studiert oder gelehrt hat, und die im Lauf der Zeit von verschiedenen öffentlichen und privaten Stellen aus starke Netzwerke zur Produktion und Verbreitung der Innovation und Geschichte der Baukunst gewoben haben.

Pepa Cassinello
Direktorin der Fundación Eduardo Torroja

Was ist mehr wert, ein Kilo Stein oder ein Kilo Gold? Mit dieser Frage leitete Adolf Loos seinen berühmten Text über Baumaterialien ein. Die Antwort ist einfach. Gehört das Kilo Stein zu den ägyptischen Pyramiden, dem Tempel von Abu Simbel, dem Pantheon in Rom oder der Kathedrale in Sevilla ist es zweifellos wertvoller als das Kilo Gold.

Von der Freiheit aus, die die kognitive Erkenntnis der ihn umgebenden Welt dem Menschen verleiht, ist er fähig, sich über die Materie, die seiner Idee die Form gibt, hinwegzusetzen und sie zu unschätzbarem Wert zu bringen. Diese Reflexion ist zweifellos auf jedes Material anwendbar.

Stellen wir die Frage zu Beton, statt zu Stein, werden wir unter den wertvollsten Werken aus Stahl- und Spannbeton der Geschichte der Ingenieurbaukunst und der Architektur zahlreiche Arbeiten von Eduardo Torroja anführen. Das Gleiche würde, in etwas geringerem Ausmaß, geschehen, wenn wir, statt über Stahl- und Spannbeton, über Ziegelmauerschalen, Metallkonstruktionen oder Verbundkonstruktionen sprechen würden. Denn Eduardo Torroja ist ein atypischer Vertreter der ehrwürdigen Geschichte der Konstruktionskunst, den es in die Moderne verschlagen hat.

Pepa Cassinello
Kuratorin
Geschäftsführerin der Fundación Eduardo Torroja

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA