

PROYECTO DE NECESIDAD DOCENTE

Ayudas Beatriz Galindo 2020

El departamento de Tecnología de la Arquitectura de la Universitat Politècnica de Catalunya busca proporcionar una preparación integral a los estudiantes frente al avance continuo de los procesos computacionales en la arquitectura, en concreto, en los aspectos que confluyen en la optimización formal, la fabricación digital y la construcción sostenible en el ámbito de las estructuras arquitectónicas. El objetivo es un enfoque multidisciplinar en la optimización de la forma y la estructura con respecto a su fabricación, al consumo de energía y recursos, la durabilidad, el potencial de reciclaje y la sostenibilidad ambiental.

El actual currículum de las escuelas de arquitectura de la UPC tiene una capacidad reconocida internacionalmente para formar arquitectos con amplios conocimientos en el cálculo y dimensionado de estructuras arquitectónicas. Sin embargo, se identifica en el departamento de tecnología la necesidad de introducir el diseño estructural desde la fase conceptual del proceso de proyecto.

Este proyecto docente se plantea desde la concepción de las estructuras a través del diseño de una geometría apropiada, utilizando la estática gráfica como método visual e intuitivo de diseño, optimización y análisis estructural, y poniendo énfasis en el diseño creativo en lugar del análisis reproductivo, utilizando los mencionados métodos gráficos y modelos físicos o maquetas en lugar

de fórmulas y ecuaciones. La estática gráfica, incluida en el currículum de escuelas de arquitectura de universidades como el MIT de Boston o la ETH de Zúrich, es una herramienta atractiva y sencilla que suele ser muy bien recibida por los estudiantes de arquitectura.

La integración de estos conceptos en la docencia del departamento, junto con la enseñanza de software paramétrico para su fácil aplicación en estructuras complejas, permitirá dotar a los alumnos de las herramientas necesarias para desarrollar una arquitectura más eficiente cubriendo las actuales carencias en el programa académico en este campo. Se pretende incorporar al currículum académico unas tecnologías esenciales en un contexto de recursos escasos, necesarias en la práctica contemporánea de la arquitectura.

Una docencia actualizada a los medios digitales disponibles requiere de una reflexión y validación de sistemas y metodologías que introduzca a los estudiantes en formas de diseño paramétrico y cálculo computacional de estructuras complejas con un enfoque crítico de ensayo, evaluación y debate que eleven la capacidad analítica y propositiva con sistemas constructivos innovadores. Todo ello proporcionará a los estudiantes un bagaje innovador de alto nivel tecnológico, habilidades de diseño y simulación, capacidad para evaluar sistemas constructivos preexistentes, y les dotará de referentes complejos en el marco tecnológico de la práctica arquitectónica actual.

El proyecto docente del candidato se centrará en investigar la implementación de tecnología paramétrica, fabricación digital y construcción sostenible en el ámbito del diseño y análisis de estructuras arquitectónicas mediante el desarrollo de propuestas de innovación metodológica y pedagógica. Este programa docente debe promover la convergencia entre las disciplinas de diseño, estructuras y construcción.

Se plantean cuatro aspectos a desarrollar en el proyecto docente:

1) Diseño estructural basado en la geometría

El objetivo es alentar a los estudiantes a desarrollar una comprensión intuitiva de la relación entre la forma de una estructura y los esfuerzos en ella, y enseñarles cómo el diseño estructural puede ser tan ingenioso como el proyecto arquitectónico.

Dada la inclinación por lo visual que los estudiantes de arquitectura suelen tener, la representación gráfica de la relación entre la forma y las fuerzas inherente a estos métodos es adecuada para enseñarles acerca del comportamiento estructural y el rendimiento, como complemento a los métodos tradicionales, los cuales utilizan fórmulas y ecuaciones.

El departamento pretende ofrecer a sus estudiantes una perspectiva puntera y contemporánea para comprender intuitivamente las estructuras; en comparación con la mayoría de los departamentos de tecnología en todo el mundo, donde a los estudiantes generalmente se les enseña una versión limitada de la ingeniería estructural.

Se introducirá un paquete de clases sobre diseño, análisis y optimización estructural con estática gráfica en una asignatura de estructuras de segundo curso. La enseñanza de la estática gráfica se realizará acompañada de diferentes ejercicios prácticos y casos de estudio reales.

2) Herramientas computacionales, arquitectura paramétrica, programación.

Se introducirán en la docencia del Departamento de Tecnología de la Arquitectura métodos computacionales para geometría arquitectónica y diseño estructural, incentivando la alfabetización computacional. Los estudiantes aprenderán los antecedentes teóricos y los detalles básicos de

implementación de estructuras de datos y algoritmos fundamentales, y podrán resolver problemas del mundo real utilizando bibliotecas de código abierto.

Dadas las tendencias actuales hacia la digitalización de la industria de la construcción, la enseñanza de métodos computacionales especialmente diseñados para arquitectos es ya un requisito estándar para un departamento de tecnología.

Las escuelas de arquitectura de la UPC actualmente no ofrecen muchos cursos que reflejen la digitalización de la industria; lo que es más importante, carecen de un curso que vaya más allá del uso de herramientas CAD y, en cambio, se centre en los métodos computacionales detrás de ellas y sus principios subyacentes.

Se plantea una asignatura de máster optativa con el objetivo de crear arquitectos con conocimientos informáticos que no sólo tengan una idea de los principios detrás del software y las herramientas que usan, sino que también puedan crear sus propias soluciones personalizadas para problemas y diseños complejos. La adición de este curso a las asignaturas optativas disponibles para los estudiantes mejorará significativamente sus oportunidades en la investigación académica, así como en la industria de la construcción a nivel mundial.

Es lógico pensar que la industria de la arquitectura y la construcción del futuro dependerá en gran medida de métodos computacionales avanzados para crear (más) soluciones eficientes en recursos para el diseño, fabricación y construcción de nuestro entorno construido.

En base a esto, los objetivos de la asignatura son preparar mejor a los estudiantes para los desafíos que se avecinan, permitirles ser más que simplemente "usuarios de herramientas" y proporcionarles el conocimiento para pensar por sí mismos y las habilidades para crear sus propias soluciones.

3) Fabricación digital y talleres de construcción

Asociada a la mencionada asignatura optativa, se creará una asignatura optativa semi-intensiva con el formato de taller en la cual se enseñarán métodos y tecnologías avanzadas a la vanguardia del diseño y fabricación digital y su implementación en arquitectura y construcción. Durante la asignatura se construirán prototipos a escala real en los que se habrá trabajado previamente en clase. Los estudiantes trabajarán en equipo en la construcción de una pieza arquitectónica a escala real. Saldrán del aula para aprender construyendo con sus propias manos.

Para el desarrollo de los prototipos se podrá trabajar en el laboratorio de modelado tridimensional existente en la ETSAB (Ultimakers) y se establecerán proyectos colaborativos con la Fundación CIM, UPC para el uso de laboratorios y equipos disponibles: CNC: Deckel Maho DMU 50 Evolution, HAAS VF 3ss, Milltronics RH20, Mori Seiki Dura Turn, Mori Seiki Dura Vertical, Mori Seiki Nt3150; Rapid Prototyping: DTM Sinterstation 2500, DTM Vanguard HS, SLA-7000; Rapid Tooling: Renishaw 5/04 Vario VAC, RRENISHAW 5/01 VARIO VAC; Special Processes: Alpha Laser AC-200, Matsuura LX-5AX, ONA Techno H-300, ONA UE-250; Metrology: Mitutoyo BHN 710, Mitutoyo Quick Vision, Taylor Hobson Form Talysurf Series 2 y Taylor Hobson Talyround. Asimismo, se establecerán convenios con empresas interesadas en la financiación de los diversos prototipos.

El curso estará diseñado no sólo para enseñar una comprensión profunda de la computación y la fabricación digital en arquitectura, sino también para fomentar la comprensión de los estudiantes sobre cómo las nuevas tecnologías, materiales y procesos contribuyen a una cultura de construcción avanzada y sostenible.

Este programa docente se centrará en el uso de la tecnología en los procesos más fundamentales de concepción del proyecto, desarrollando métodos que superen la visión meramente instrumental

y doten a los arquitectos de un armazón conceptual y técnico que integre una tecnología en constante evolución. Esta integración e innovación metodológica es la mejor manera de garantizar la preparación óptima de unos arquitectos que sean competentes en un mundo digitalizado.

4) Herramientas docentes.

El trabajo en este aspecto se puede dividir en dos apartados:

4.1. Creación de un entorno de aprendizaje “online”.

Se creará una plataforma web como entorno de aprendizaje del diseño estructural, que abordará la docencia de las estructuras de una manera atractiva utilizando dibujos interactivos basados en la estática gráfica, a través de los cuales los estudiantes pueden explorar intuitivamente la relación entre forma y fuerzas en sistemas estructurales y aprender a diseñar estructuras eficientes y expresivas.

El sitio web proporcionará antecedentes teóricos sobre diseño estructural, dibujos interactivos que ilustren la teoría y referencias para lecturas adicionales. Contará con tutoriales sobre métodos gráficos para enseñar a los estudiantes las técnicas utilizadas en las ilustraciones interactivas para que puedan hacer sus propios dibujos para las tareas de clase o para explorar la forma estructural en sus proyectos.

Esta plataforma proporcionará foros para que los estudiantes publiquen preguntas o participen en debates sobre el material cubierto en el sitio web y bases de datos de dibujos y proyectos aportados por los usuarios que sirvan como referencia o fuente de inspiración.

4.2. Intuición y experimentación.

A pesar de la evidente importancia del estudio de las estructuras de la edificación dentro del grado en Arquitectura, es éste un campo que habitualmente despierta poco interés en el alumnado. En muchos casos, los alumnos perciben las asignaturas de estructuras como escollos incómodos en su camino a conseguir el título de arquitecto, hecho que afecta a su rendimiento y a sus calificaciones, disminuye el número de matriculados en asignaturas optativas de estructuras y resulta en estudiantes que, aprobando el resto de asignaturas, “arrastran” las de estructuras. La dificultad de la asimilación de conceptos abstractos y/o complejos, cuya traslación a fenómenos estructurales concretos y cuya aplicación no ven claras, es una causa directa de la baja motivación del alumnado. Se tratará este problema, no sólo por medio de la inclusión de los mencionados métodos gráficos de diseño, que se espera resulten atractivos a los estudiantes, sino también incorporando *la intuición y la experimentación como herramientas docentes motivadoras para un mejor rendimiento académico.*

Integración del programa en el currículum existente

El proyecto docente tendrá desarrollo en todo el recorrido curricular ofertado por el departamento: grado, máster y doctorado. En cada nivel tendrá un papel determinado que se describe sintéticamente de la siguiente forma:

Cursos de grado:

Se desarrollarán una serie de clases sobre forma y estructura, diseño, análisis y optimización estructural usando la estática gráfica en las asignaturas de estructuras de segundo curso, *Estructuras I* (ETSAB) y *Forma y Deformaciones* (ETSAV), asignatura ésta última donde ya se están dando pasos en esta dirección.

Máster

Se ofrecerán dos asignaturas optativas, una de ellas semi-intensiva, de 5 créditos ECTS cada una. Como se ha explicado anteriormente, una de ellas tratará sobre herramientas computacionales, software paramétrico y programación. La asignatura semi-intensiva versará sobre fabricación digital y sistemas constructivos sostenibles e innovadores, acabando con un taller práctico de construcción de un prototipo.

Estas asignaturas serán accesibles para los alumnos del MarchEtsab (máster habilitante), MBarch (Máster Universitario en Estudios Avanzados en Arquitectura-Barcelona) y MBDesign (máster interuniversitario en diseño, UPC-UB).

Doctorado

Tutorías y dirección de tesis a los investigadores interesados en estudiar temas relacionados con el binomio geometría-estructura, el diseño, análisis, “form-finding” y optimización estructural por métodos gráficos, la fabricación digital y los sistemas constructivos sostenible e innovadores en el ámbito de las estructuras arquitectónicas.

PROJECT OF TEACHING NEEDS

Beatriz Galindo Grants 2020

The Department of Architectural Technology of the Universitat Politècnica de Catalunya, UPC Barcelona Tech, seeks an integral preparation of the students to face the continuous progress of computational processes in architecture, specifically, in the aspects that converge in formal optimization, digital manufacturing and sustainable construction in the field of building structures. The objective is a multidisciplinary approach in the optimization of form and structure with respect to its production, energy and resource consumption, durability, recycling potential and environmental sustainability.

The current curriculum of the UPC's architecture schools has an internationally recognized ability to train architects with extensive knowledge in the calculation and dimensioning of architectural structures. However, the Department of Architectural Technology identifies the need for the introduction of structural design from the conceptual phase of the architectural design process.

This teaching project proposes the conception of structures as a result of an appropriate geometry, using graphic statics as an intuitive method of structural design, optimization and analysis, and emphasizing creative design instead of reproductive analysis, using the mentioned graphical methods and physical models instead of formulas and equations. Graphic statics, included in the

curriculum of architecture schools of universities such as MIT in Boston or ETH in Zurich, is an attractive and simple tool that is usually very well received by architecture students.

The integration of these concepts in the teaching of the department, together with the teaching of parametric software for easy application in complex structures, will allow to provide the students with the necessary tools to develop a more efficient architecture, covering the current shortcomings of the academic program in this field. In a context of scarce resources, it is intended to incorporate into the curriculum system essential technologies, required in the contemporary practice of architecture.

A teaching methodology updated to the available digital media requires a reflection and validation of systems and methods that introduce students to forms of parametric design and computational analysis of complex structures with a critical approach of trial, evaluation and debate that raise the students' analytical and proactive capacity with innovative construction systems. All this will provide students with an innovative background of high technological level, design and simulation skills, ability to evaluate pre-existing construction systems, and will provide them with complex references in the technological framework of current architectural practice.

The candidate's teaching project will focus on investigating the implementation of parametric technology, digital manufacturing and sustainable construction in the field of design and analysis of architectural structures through the development of proposals for methodological and pedagogical innovation. This teaching program must promote convergence between the disciplines of design, structures and construction.

There are four aspects to develop in the teaching project:

1) Geometry-based structural design

The goal is to encourage students to develop an intuitive understanding of the relationship between the shape of a structure and the forces in it, and to teach how structural design can be as open as architectural design.

Given that architecture students are typically more visually inclined, the graphic representation of the relationship between the form and the forces inherent in these methods is adequate to teach about structural behavior and performance, as a complement to traditional methods, which use formulas and equations.

This department intends to offer its students a unique perspective to intuitively understand the structures; compared to most technology departments around the world, where students are generally taught a smooth version of structural engineering.

A package of lectures on design, analysis and structural optimization using graphic statics will be introduced in a second-year subject of structures. The teaching of graphic statics will be carried out accompanied by different practical exercises and real case studies.

2) Computational tools, parametric architecture, programming

Computational methods for architectural geometry and structural design will be introduced in the teaching program of the Department of Architectural Technology, encouraging computational literacy. Students will learn the theoretical background and basic details for the implementation of

data structures and fundamental algorithms, and will be able to solve real-world problems using open source libraries.

Given the current trends towards the digitalization of the construction industry, the teaching of computational methods specially designed for architects is already a standard requirement for a technology department.

UPC's architecture schools do not currently offer many courses that reflect the digitization of the industry; more importantly, they lack a course that goes beyond the use of CAD tools and instead focuses on the computational methods behind them and their underlying principles.

An elective master's subject is proposed with the aim of creating architects with computer skills who will not only have an idea of the principles behind the software and the tools they use, but can also create their own customized solutions for complex problems and designs. The addition of this course to the optional subjects available for students will improve their opportunities in academic research, as well as in the construction industry worldwide.

It is logical to think that the architecture and construction industry of the future will depend to a large extent of advanced computational methods to create (more) resource-efficient solutions for the design, manufacture and construction of our built environment.

Based on this, the objectives of the subject are to better prepare students for the challenges ahead, allow them to be more than just "tool users" and provide them with the knowledge to think for themselves and the skills to create their own solutions.

3) Digital fabrication and hands-on construction workshops

Related to the aforementioned elective subject, the Department will create a workshop-format, semi-intensive, elective subject to teach advanced methods and technologies at the forefront of

digital design and fabrication and its implementation in architecture and construction. During the course, the students will build real-scale prototypes around which they will have previously worked in class. Students will work as a team in the construction of a real-scale architectural piece. They will leave the classroom to learn building with their own hands

The 3D modeling laboratory in the ETSAB (Ultimakers) will be available for the fabrication of the prototypes and models. Furthermore, collaborative projects will be established with the UPC's Foundation CIM (Computer Integrated Manufacturing), for the use of their available laboratories and equipment: CNC: Deckel Maho DMU 50 Evolution, HAAS VF 3ss, Milltronics RH20, Mori Seiki Dura Turn, Mori Seiki Dura Vertical, Mori Seiki Nt3150; Rapid Prototyping: DTM Sinterstation 2500, DTM Vanguard HS, SLA-7000; Rapid Tooling: Renishaw 5/04 Vario VAC, RRENISHAW 5/01 VARIO VAC; Special Processes: Alpha Laser AC-200, Matsuura LX-5AX, ONA Techno H-300, ONA UE-250; Metrology: Mitutoyo BHN 710, Mitutoyo Quick Vision, Taylor Hobson Form Talysurf Series 2 y Taylor Hobson Talyround. Additionally, agreements will be established with companies interested in financing the various prototypes.

The course will be designed not only to teach a deep understanding of computation and digital fabrication in architecture, but also to foster students' understanding of how new technologies, materials and processes contribute to an advanced and sustainable construction culture.

This teaching program will focus on the use of technology in the most fundamental processes of project conception, developing methods that exceed the merely instrumental vision and provide architects with a conceptual and technical framework that integrates a constantly evolving technology. This integration and methodological innovation is the best way to guarantee the optimal preparation of architects who need to be competent in a digitalized world.

4) Teaching tools

The work in this aspect can be divided into two sections:

4.1. Creation of an online learning environment

A web platform will be created as a learning environment for structural design, which will address the teaching of structures in an attractive way using interactive drawings based on graphic static, through which students can intuitively explore the relationship between form and forces in structural systems and learn to design efficient and expressive structures.

The website will provide theoretical background on structural design, interactive drawings that illustrate the theory and references for further reading. It will include tutorials on graphic methods to teach students the techniques used in the interactive illustrations so that they can make their own drawings for the course assignments or to explore the structural form in their own projects.

This platform will provide forums for students to post questions or participate in discussions about the website's contents and databases of drawings and projects (also provided by users) that could serve as a reference or source of inspiration.

4.2. Intuition and experimentation

Despite the obvious importance of the study of building structures within the degree in Architecture, this is a field that usually arouses little interest in students. In many cases, students perceive the subjects of structures as uncomfortable obstacles on their way to achieve their diploma, a fact that affects their performance and their qualifications, decreases the number of students enrolled in elective subjects from this field and results in students who, passing the rest of the subjects, fail repeatedly the ones about structures. The Department identifies the difficulty of

assimilating abstract and/or complex concepts, whose translation to tangible structural phenomena and whose application is not clear, as a direct cause of the low motivation of students.

This problem will be addressed, not only through the inclusion of the aforementioned graphic design methods, which are expected to be attractive to students, but also incorporating *intuition and experimentation as motivating teaching tools for better academic performance.*

Integration of the project in the existing teaching program

The teaching project will be developed throughout the curriculum offered by the department: bachelor, master's and PhD. The integration of the program at each level is synthetically described as follows:

Bachelor

A series of lectures on form and structure, design, analysis and structural optimization using graphic statics will be developed in the ETSAB's second-year subject of structures, *Estructures I.*

Master

Two 5-ECTS-credits elective subjects (one of them semi-intensive) will be offered. As explained above, one of them will deal with computational tools, parametric software and programming. The

semi-intensive subject will focus on digital fabrication and sustainable and innovative construction systems, ending with a hands-on workshop for the construction of a prototype.

These subjects will be available for students of MarchEtsab (Architecture master's degree), MBarch (master's degree in Advanced Studies in Architecture-Barcelona) and MBDesign (interuniversity master's degree in design, UPC-UB).

PhD

The candidate will tutor and supervise PhD theses of researchers interested in studying topics related to design, analysis, form-finding and structural optimization by graphic methods, the duality geometry-structure, digital fabrication and sustainable and innovative construction systems in the field of architectural structures.

**PROYECTO DE NECESIDAD DE INVESTIGACIÓN
Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO**

Ayudas Beatriz Galindo 2020

En este proyecto se abordará la investigación sobre métodos gráficos de diseño y análisis de estructuras complejas en relación con sistemas constructivos innovadores, eficientes y capaces de dar respuesta a las demandas medioambientales de una manera sostenible.

Desde la cantidad de material necesario para su construcción hasta los requisitos de energía y de mantenimiento durante su uso, los sistemas estructurales son una parte integral del rendimiento ambiental de un edificio. Las estructuras funcionan de manera diferente dependiendo de las propiedades de los materiales utilizados, pero también dependiendo de su geometría. El diseño cuidadoso de las formas estructurales, utilizando técnicas de “form-finding”, mejora significativamente la eficiencia, reduciendo así la energía incorporada, así como los costos económicos y ambientales.

En estos momentos, el Departamento de Tecnología de la Arquitectura carece de una vía de investigación centrada en estos aspectos referentes a las estructuras de edificación y propone este proyecto en línea con las investigaciones llevadas a cabo en otras universidades de referencia. El candidato será el responsable de dirigir y coordinar al equipo investigador, tanto en materia de investigación como de las publicaciones correspondientes.

El departamento identifica la necesidad de establecer una base práctica en los fundamentos de las estrategias de diseño estructural paramétrico y algorítmico, proporcionando una plataforma para una mayor exploración del uso integrador de los procesos computacionales en el diseño arquitectónico, con un enfoque particular en los métodos generadores de geometrías eficientes y aportando soluciones para su fabricación con sistemas constructivos innovadores. El entorno digital, tanto en los ámbitos del diseño y análisis estructural como en el de la fabricación, requiere de una investigación constante que expanda la capacidad proyectual de los arquitectos.

Las líneas de investigación que se deben abordar, se clasifican en:

1) Métodos de diseño y análisis de estructuras y desarrollo de las correspondientes herramientas computacionales.

Se investigarán nuevos métodos que permitan un diseño estructural intuitivo y gráfico desde el comienzo del proceso proyectual. El objetivo es poner a disposición de los arquitectos o ingenieros herramientas atractivas y de fácil uso que posibiliten procesos de optimización formal y topológica, análisis y dimensionado y que permitan al mismo tiempo la integración de la estructura en la idea del proyecto arquitectónico.

El trabajo de programación computacional deberá ir orientado a la creación de herramientas interactivas y paramétricas en entornos CAD familiares para los

arquitectos y que posibiliten una optimización estructural integrada en el diseño arquitectónico por medio de un proceso de evaluación de la geometría apropiada con criterios de eficiencia, economía y estética.

Un diseño estructural basado en procesos de "form-finding" donde la resistencia se obtiene por medio de una geometría apropiada y un material efectivo, es decir, eligiendo el material acorde con la estructura a construir, conseguirá reducciones muy importantes de cantidades de material y peso de la estructura, y por lo tanto, menor cimentación, transporte, etc., con la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, uso de recursos naturales y de producción de residuos.

2) Innovación en los sistemas constructivos.

La arquitectura no ha conseguido incorporar los avances tecnológicos tan rápido como otras industrias (como, por ejemplo, la automovilística), lo cual afecta a la productividad, a la calidad y a la producción de residuos, especialmente para estructuras no estándar, como pueden ser las geometrías optimizadas estructuralmente, que necesitan estrategias de modelado más eficientes para su realización. Gracias a las nuevas técnicas de diseño computacional y fabricación digital, podemos mejorar precisión y calidad, y ofrecer modos de producción arquitectónica automatizada rápidos, versátiles y generadores de menos residuos.

Se estudiará la eficiencia y la economía en la materialización de las estructuras, más o menos complejas, que las nuevas herramientas de diseño y análisis estructural desarrolladas permiten proyectar. Se prestará especial atención a las posibilidades de la fabricación digital y las herramientas paramétricas en la reducción de costes y tiempo de modelado y construcción.

3) Materiales y sostenibilidad.

"Las disciplinas del arte estructural son la eficiencia y la economía, y su libertad radica en el potencial que ofrece al diseñador individual para la expresión de un estilo personal motivado por la búsqueda estética consciente de la elegancia de la ingeniería.", The Tower and the Bridge, David Billington, 1983.

La eficiencia, la economía y la elegancia guiaron el diseño estructural de gran parte de los grandes ingenieros o arquitectos del siglo XX considerados artistas estructurales, como Eladio Dieste, Heinz Isler, Robert Maillart o Félix Candela. En torno a esas tres disciplinas giran las dos vías de desarrollo, 1) y 2), ya explicadas. Los retos medioambientales a los que nos enfrentamos hoy en día obligan a añadir una cuarta "E" a Eficiencia, Economía y Elegancia: Ecología.

De acuerdo con las previsiones del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU, la población mundial habrá crecido para 2050 en más de 2100 millones de personas, lo que significa una necesidad de construcción en cuanto a vivienda e infraestructura de una cantidad equivalente a la que existe actualmente. Es urgente e imprescindible afrontar cualquier innovación en la construcción desde un enfoque sostenible.

Íntimamente ligado al apartado anterior, se trabajará la sostenibilidad de los sistemas constructivos propuestos, con materiales y técnicas que, frente a sistemas ya conocidos, permitan una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y minimicen el uso de recursos naturales y la producción de residuos.

Comunicación y desarrollo de conocimiento colaborativo

Las prácticas globalizadas se fundamentan en desarrollos a distancia de proyectos en equipos de alta complejidad pluridisciplinares, con intercambio constante de datos y plataformas de desarrollo de proyectos online. Este nuevo trabajo colectivo se basa en hábitos y protocolos específicos de intercambio y desarrollo. En esta vía de investigación se desarrollarán proyectos de colaboración con otros centros de investigación y plataformas de difusión, debate e intercambio online sobre los proyectos. En los procesos de colaboración se abordarán tanto estructuras diseñadas digitalmente y por métodos gráficos de forma integral, como los sistemas constructivos que las hacen posibles, así como sus metodologías de desarrollo, que ayudan a definir plataformas pluridisciplinares de trabajo en grupo. Para ello se constituirá un grupo de trabajo internacional donde la UPC liderará el intercambio entre investigadores e instituciones, cuyos resultados se vehicularán a través de una plataforma online desarrollada también con fines docentes (ver apartado 4.1 del proyecto de necesidad docente). El papel de esta plataforma será tanto de difusión como de intercambio, fomentando retroalimentaciones entre propuestas de diversos centros de investigación.

Integración del proyecto de investigación en el Departamento

La investigación podrá formar parte de la desarrollada por los grupos de investigación actualmente en curso en el Departamento de Tecnología de la Arquitectura:

- LiTA, Laboratorio de Innovación y Tecnología en la Arquitectura, grupo de investigación emergente que reúne a expertos de diversas edades, formación y experiencia;

- REARQ, Rehabilitación y Restauración Arquitectónica, grupo pluridisciplinar y transversal que reúne a investigadores de diferentes ámbitos, como por ejemplo, del Departamento de Proyectos Arquitectónicos, algunos de los cuales ya han trabajado con el candidato; y
- Gilda, grupo que da respuesta a la necesidad de hacer investigación e innovación pedagógica, centrándose en la formación, investigación, debate, innovación docente y difusión.

Financiación

La mayoría de los recursos necesarios serán cubiertos por el trabajo personal del investigador y las colaboraciones que se establezcan, así como por los recursos tecnológicos de la ETSAB, la ETSAV y la fundación CIM de la UPC. El proyecto desarrollará una estrategia de financiación propia complementaria a través de convocatorias nacionales e internacionales, tanto para el desarrollo de sus contenidos como para su publicación y difusión.

**PROJECT OF RESEARCH AND
KNOWLEDGE TRANSFER NEEDS**

Beatriz Galindo Grants 2020

This project will address research on graphic design and analysis methods of complex structures in relation to innovative, efficient construction systems capable of responding to environmental demands in a sustainable way.

From the amount of material needed for their construction to the energy and maintenance requirements during their use, structural systems are an integral part of the environmental performance of a building. The structures work differently depending on the properties of the materials used, but also depending on their geometry. The careful design of structural forms, using “form-finding” techniques, significantly improves efficiency, thus reducing the embodied energy, as well as economic and environmental costs.

At the moment, the Department of Architectural Technology lacks a line of research focused on these aspects referring to the building structures and proposes this project in line with the research carried out in other universities of reference. The candidate will be responsible for directing and coordinating the research team, both in terms of research and the corresponding publications.

The department identifies the need to establish a practical basis on the fundamentals of parametric and algorithmic structural design strategies, providing a platform for further exploration of the integrative use of computational processes in architectural design, with

a particular focus on the methods to generate efficient geometries and providing solutions for their fabrication with innovative construction systems. The digital environment, both in the fields of structural analysis and design and in fabrication, requires constant research to expand the projective capacity of architects.

The lines of research to be addressed are classified as:

1) Structural analysis and design methods and development of the corresponding computational tools

New methods that allow an intuitive and graphical structural design from the beginning of the architectural design process will be investigated. The objective is to make available to architects or engineers attractive and user-friendly tools that enable formal and topological optimization, analysis and dimensioning processes and that allow at the same time the integration of the structure into the idea of the architectural project.

The computational programming work should be oriented to the creation of interactive and parametric tools in CAD environments that are familiar to architects and that enable a structural optimization integrated in the architectural design through an appropriate geometry evaluation process with efficiency, economy and aesthetics criteria.

A structural design based on "form-finding" processes where the strength is obtained by means of an appropriate geometry and an effective material, that is to say, choosing the material according to the structure to be constructed, will achieve very important reductions of material quantities and weight of the structure, and, therefore, less foundations, transportation, etc., with the consequent reduction of greenhouse gas emissions, use of natural resources and waste production.

2) Innovation in construction systems

The architecture has failed to incorporate technological advances as fast as other industries (like, for example, the automobile industry), which affects productivity, quality and waste production, especially for non-standard structures, such as structurally-optimized geometries, which need more efficient modeling strategies for their realization. Thanks to the new computational design and digital fabrication techniques, we can improve precision and quality, and offer fast, versatile and less wasteful automated architectural production modes.

This research will study the efficiency and economy in the materialization of more or less complex structures that the new developed structural analysis and design tools allow to project. Special attention will be given to the possibilities of digital fabrication and parametric tools in reducing costs and modeling and construction time.

3) Materials and sustainability

"The disciplines of structural art are efficiency and economy, and its freedom lies in the potential it offers the individual designer for the expression of a personal style motivated

by the conscious aesthetic search for engineering elegance". The Tower and the Bridge, David Billington, 1983.

Efficiency, economy and elegance guided the structural design of many of the great engineers or architects of the twentieth century considered structural artists, such as Eladio Dieste, Heinz Isler, Robert Maillart or Felix Candela. Around these three disciplines revolve the two previous intensifications or development paths, 1) and 2), explained above. The environmental challenges we face today force us to add a fourth "E" to Efficiency, Economy and Elegance: Ecology.

According to the forecasts of the UN Department of Economic and Social Affairs, the world population will have grown by 2050 in more than 2.1 billion people, which means a need for construction in terms of housing and infrastructure of an amount equivalent to what currently exists. It is urgent and essential to face innovations in construction from a sustainable approach.

Intimately linked to the previous section, the work will also focus on the sustainability of the proposed construction systems, with materials and techniques that, compared to already known systems, allow a reduction of greenhouse gas emissions and minimize the use of natural resources and the production of waste.

Communication and development of collaborative knowledge

Globalized practices are based on remote developments of projects in multidisciplinary teams of high complexity, with constant data exchange and online project development platforms. This new collective work is based on specific habits and protocols of exchange and development. In this research channel, collaborative projects with other research centers and online dissemination, debate and exchange platforms will be developed. In

the collaboration processes, different aspects will be addressed: computationally designed structures using integrated graphic methods, the construction systems that make them possible and their development methodologies. These will help to define multi-disciplinary group work platforms. For this, an international working group will be set up, where the UPC will lead the exchange between researchers and institutions. Results will be conveyed through an online platform developed also for teaching purposes (see section 4.1 of the Project of Teaching Needs). The role of this platform will be both dissemination and exchange, encouraging feedback between proposals from various research centers.

Integration of the research project in the Department

The research may be part of the one currently underway by the research groups in the Department of Architectural Technology:

- LiTA, Laboratory of Innovation and Technology in Architecture, an emerging research group that brings together experts of various ages, training and experience;
- REARQ, Architectural Rehabilitation and Restoration, a multidisciplinary and transversal group that brings together researchers from different fields, such as the Department of Architectural Projects, some of whom have already worked with the candidate; and
- Gilda, a group that responds to the need for research and pedagogical innovation, focusing on training, research, debate, teaching innovation and dissemination.

Funding

Most of the necessary resources will be covered by the personal work of the researcher and the collaborations established, as well as by the technological resources of the ETSAB, the ETSAV and the CIM Foundation of the UPC. The project will develop its own complementary financing strategy through national and international calls, both for the development of its contents and for publication and dissemination.

IMPACTO DESEADO EN LA UNIVERSIDAD

Ayudas Beatriz Galindo 2020

El impacto del trabajo del candidato en la universidad será el resultado de dotar a las escuelas de arquitectura de vías de docencia e investigación centradas en la optimización formal, la fabricación digital y los sistemas constructivos sostenibles e innovadores en el ámbito de las estructuras arquitectónicas, vías necesarias en cualquier escuela de arquitectura de ámbito europeo. En el caso del Departamento de Tecnología de Arquitectura de la UPC, se hace urgente la actualización en este ámbito con el fin de garantizar la competitividad y la visibilidad de la universidad frente a otras instituciones europeas que están desarrollando trabajos equivalentes.

El impacto del proyecto docente y de investigador tendrá los siguientes canales de desarrollo:

Publicaciones: se promoverán colaboraciones con plataformas editoriales de prestigio, tanto papel como digitales, para maximizar la visibilidad del departamento y la universidad y la difusión de contenidos.

Presencia online: se maximizará la presentación y difusión del trabajo online, tanto a través de plataformas especializadas como a través de las redes sociales asociadas a las voces líderes del sector y las instituciones culturales internacionales más relevantes.

Organización de cursos avanzados, congresos internacionales y seminarios: la organización de estos foros vinculados a la actividad docente e investigadora contribuirá a la construcción de una red de colaboración internacional y maximizará la visibilidad de la universidad en estos circuitos.

Participación en eventos y congresos internacionales: la presencia del docente-investigador en este tipo de encuentros facilitará la difusión de la investigación llevada a cabo y contribuirá a la promoción de la institución, incrementando la capacidad de colaboración con expertos e investigadores internacionales y atrayendo a potenciales estudiantes e investigadores de prestigio.

Desarrollo de proyectos colaborativos con instituciones y universidades internacionales.

Los objetivos del impacto en la universidad del proyecto docente e investigador se concretarán en los siguientes puntos:

- Impacto en la **cultura de investigación y de docencia en el Departamento de Tecnología de la Arquitectura**. Introducción e implementación de métodos innovadores de docencia y contribución a políticas docentes avanzadas. El giro promovido por la digitalización y los urgentes retos medioambientales obligan a una actualización de metodologías y políticas pedagógicas. La investigación y la docencia desarrolladas por el investigador-docente contribuirá significativamente a esta actualización.

- **Proporcionar y facilitar un liderazgo académico y un discurso crítico** en el departamento y en la disciplina. La investigación contribuirá al desarrollo de un discurso y un posicionamiento que se espera tenga impacto no solo en la docencia, sino que pase a tener una posición destacada en el ámbito disciplinar internacional, contribuyendo así a la presencia de la UPC en los foros arquitectónicos más avanzados.

- Impacto en la **cultura de investigación y de docencia de la UPC**. Contribución en el desarrollo de políticas de investigación y docencia universitaria. La convergencia entre los ámbitos de proyectos, estructuras y construcción es clave en el discurso y la capacidad de las investigaciones pluridisciplinares. La aportación del investigador-docente será muy beneficiosa en los foros de desarrollo de proyectos docentes y de investigación interdepartamentales.

- **Desarrollar reconocimiento externo** en el campo de conocimiento arquitectónico de los proyectos desarrollados en el departamento. La investigación y su esfuerzo de colaboración y difusión contribuirá a la visibilidad de los trabajos llevados a cabo por el investigador en particular y a la visibilidad del departamento en general. En un momento de máxima circulación de la información, es importante implementar medios y canales de visibilidad significativa donde se reconozca la calidad de las aportaciones de la institución a la disciplina y la cultura arquitectónica. El medio digital es clave en este objetivo.

- **Contribución a la vida en las escuelas de arquitectura** y su comunidad a través de las responsabilidades departamentales. Se espera que las actividades del docente investigador contribuyan al departamento a todos los niveles y en todos los ámbitos del currículum. Este trabajo

incluirá coordinación de docentes y programas, así como de proyectos de investigación, colaborativos y foros culturales.

- Desarrollo de **colaboraciones internacionales** del departamento tanto a nivel docente como a nivel de investigación. Se espera una contribución significativa del investigador docente en proyectos colaborativos a nivel docente y de investigación con otras instituciones internacionales de reconocido prestigio. Las colaboraciones tendrán forma de intercambio, tanto a nivel de investigadores como a nivel de estudiantes, y de ellas se esperan contribuciones relevantes a los ámbitos de estudio.

Impacto en los recursos y economía de la universidad

- **Maximizar la visibilidad y la competitividad** de la escuela. En el contexto de docencia globalizado se espera que la actividad del docente investigador incremente la visibilidad de la escuela y la universidad. La intensificación del estudio de la optimización formal, la fabricación digital y los sistemas constructivos sostenibles e innovadores en el ámbito de las estructuras arquitectónicas incrementará la competitividad de la escuela para atraer estudiantes e investigadores internacionales. Mientras que otras escuelas europeas se centran en el estudio de procesos de fabricación con grandes recursos e inversión, este departamento pretende centrarse en una formación más integral del arquitecto, donde estos conceptos se incluyan ya desde los inicios del proyecto. Esto permitirá construir un perfil propio de la ETSAB y tener una voz reconocible en el debate internacional sobre la tecnología en las estructuras de los proyectos arquitectónicos.

- Desarrollo de **proyectos de colaboración con empresas e instituciones**. Los ámbitos de la fabricación digital y la construcción sostenible cuentan con un gran desarrollo e inversión por parte de empresas vinculadas al diseño y a la construcción del momento. La contribución del investigador-docente facilitará el desarrollo de proyectos de colaboración con instituciones y empresas interesadas en proyectos de innovación en estos campos con las oportunidades de financiación y desarrollo que aportarán estas colaboraciones. Las novedosas herramientas computacionales de optimización formal, junto con la fabricación digital y la urgencia de hallar nuevos sistemas constructivos sostenibles han abierto un abanico de posibilidades de colaboraciones pluridisciplinarias que se espera que sean de gran atractivo en los próximos años.

- **Consecución de becas y fondos de investigación** para el desarrollo de proyectos docentes y de investigación. Se espera que el investigador-docente contribuya de forma significativa a la consecución de becas y fondos para el desarrollo de sus proyectos, incluyendo los costos asociados a su implementación y difusión en ámbitos internacionales a través de exposiciones y bienales.

DESIRED IMPACT AT THE UNIVERSITY

Beatriz Galindo Grants 2020

The impact of the candidate's work in the university will be the result of providing the schools of architecture with teaching and research paths focused on formal optimization, digital fabrication and sustainable and innovative construction systems in the field of architectural structures. These fields need to be present in any European architecture school. In the case of the UPC's Department of Architectural Technology, the update in this area is urgently needed in order to guarantee the university's competitiveness and visibility in relation to other European institutions that are developing equivalent work.

The impact of the teaching and research project will have the following development channels:

Publications: collaborations with prestigious publishing platforms, both paper and digital, will be promoted to maximize the visibility of the department and the university and dissemination of contents.

Online presence: the presentation and dissemination of online work will be maximized, both through specialized platforms and through the social networks associated with the leading voices of the sector and the most relevant international cultural institutions.

Organization of advanced courses, international conferences and seminars: the organization of these forums linked to the teaching and research activity will contribute to the construction of an international collaboration network and maximize the visibility of the university in these circuits.

Participation in international events and conferences: the presence of the candidate in this type of meetings will facilitate the dissemination of the research carried out and contribute to the promotion of the institution, increasing the capacity for collaboration with international experts and researchers and attracting potential prestigious students and researchers.

Development of collaborative projects with international institutions and universities

The objectives of the impact on the university of the teaching and research projects are specified as follows:

- **Impact on the research and teaching culture of the Department of Architectural Technology.** Introduction and implementation of innovative teaching methods and contribution to advanced teaching policies. The turn promoted by computational techniques and the urgent environmental challenges force an update of pedagogical methodologies and policies. The research and teaching developed by the candidate will contribute significantly to this update.

- **Provide and facilitate an academic leadership and a critical discourse** in the department and in the discipline. The research will contribute to the development of a discourse and a position that

is expected to have not only an impact on teaching, but also to have an outstanding position in the international disciplinary field, thus contributing to the presence of the UPC in the most advanced architectural forums.

- **Impact on the research and teaching culture of the UPC.** Contribution in the development of university research and teaching policies. Convergence between the fields of projects, structures and construction is key in the discourse and capacity of multidisciplinary research. The contribution of the candidate will be very beneficial in the forums of development of educational projects and interdepartmental research.

- **Develop external recognition** in the field of architectural knowledge of projects developed in the department. The research and its collaborative and dissemination effort will contribute to the visibility of the work carried out by the researcher in particular and to the visibility of the department in general. At a time of maximum circulation of information, it is important to implement means and channels of significant visibility where the quality of the institution's contributions to the discipline and architectural culture is recognized. The digital medium is key in this objective.

- **Contribution to life in architecture schools** and their community through departmental responsibilities. The candidate's activities are expected to contribute to the department at all levels and in all areas of the curriculum. This work will include coordination of teachers and programs, as well as research projects, collaborative projects and cultural forums.

- **Development of international collaborations** of the department both at the teaching level and at the research level. A significant contribution from the candidate in collaborative projects at the teaching and research level with other prestigious international institutions is expected. The collaborations will take the form of an exchange, both at the level of researchers and at the level of students, and from them, relevant contributions to the fields of study are expected.

Impact on the resources and economy of the university

- **Maximize the visibility and competitiveness** of the school. In the context of globalized teaching, the activity of the candidate is expected to increase the visibility of the school and the university. The intensification of the study of formal optimization, digital fabrication and sustainable and innovative construction systems in the field of architectural structures will increase the competitiveness of the school to attract international students and researchers. While other European schools focus on the study of fabrication processes with large resources and investment, this department aims to focus on a more comprehensive training of the architect, where these concepts are already included since the beginning of the project. This will allow to build the ETSAB's own profile and have a recognizable voice in the international debate on technology in architectural projects' structures.

- **Development of collaborative projects with companies and institutions.** The fields of digital fabrication and sustainable construction have a great development and investment by companies linked to the design and construction. The contribution of the candidate will facilitate the development of collaborative projects with institutions and companies interested in innovation

projects in these fields with the financing and development opportunities that these collaborations will provide. The new computational tools for formal optimization, together with digital fabrication and the urgency of finding new sustainable construction systems have opened up a range of possibilities for multidisciplinary collaborations that are expected to be of great attraction in the coming years.

- **Achievement of scholarships and research funds** for the development of teaching and research projects. The candidate is expected to contribute significantly to the achievement of scholarships and funds for the development of his projects, including the costs associated with their implementation and dissemination in international fields through exhibitions and biennials.