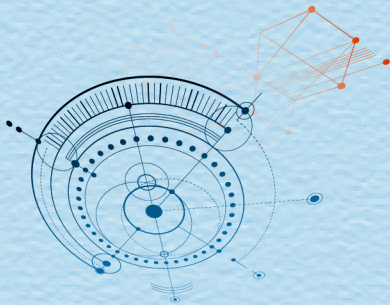


# Recerca i Tecnologia en ENGINYERIA GRÀFICA I DISSENY a la Universitat Politècnica de Catalunya



OmniaScience  
Monographs



Departament d'Expressió Gràfica  
a l'Enginyeria

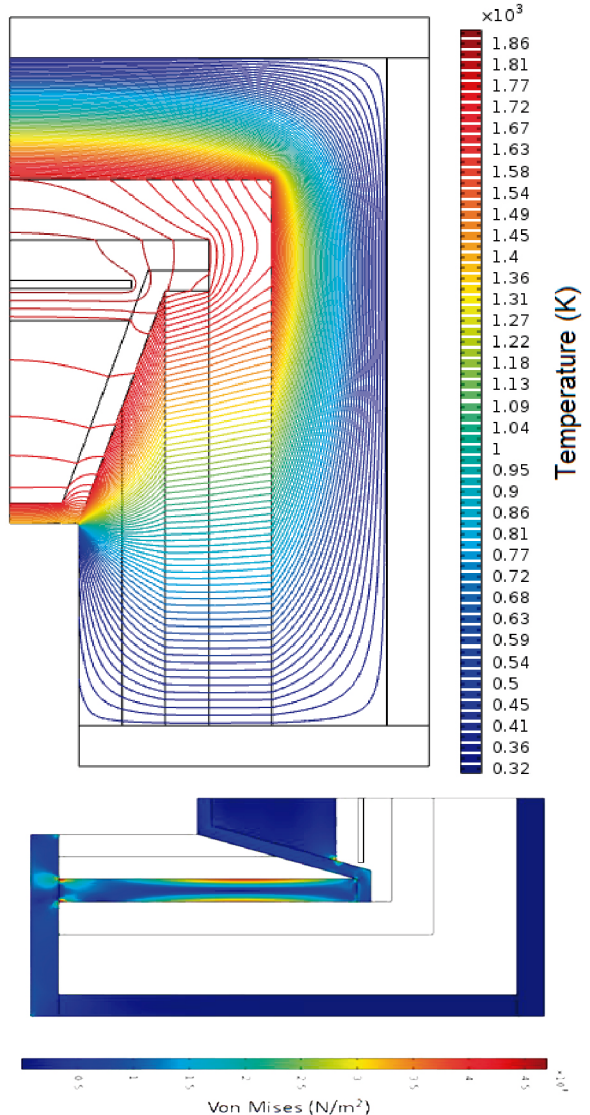
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

*Editors:*

Jose Luis Lapaz Castillo

Oscar Farrerons Vidal

Joan Antoni López Martínez





Recerca i Tecnologia en Enginyeria Gràfica i  
Disseny a la Universitat Politècnica de Catalunya

Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria - UPC

Terrassa, febrer de 2020

**Recerca i Tecnologia en Enginyeria Gràfica i Disseny a la Universitat  
Politécnica de Catalunya**

Editors: Jose Luis Lapaz Castillo, Oscar Farrerons Vidal,  
Joan Antoni López Martínez



Departament d'Expressió Gràfica  
a l'Enginyeria  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

1ra edició © 2020 OmniaScience (Omnia Publisher SL)

[www.omniascience.com](http://www.omniascience.com)



DOI: <https://doi.org/10.3926/ege2020>

ISBN: 978-84-120643-7-7

Disseny de coberta: OmniaScience

Foto de coberta: © 2020 Distribució de temperatures en un prototip de dispositiu  
d'emmagatzematge de temperatura ultra-alta. Alba Ramos Cabal.

## Índex

|   |     |
|---|-----|
| Pròleg  | 7   |
| Proceso de Diseño Referenciado en el Cuerpo Humano. Diseño de Dentro a Fuera (In-Out Design) y Diseño de Fuera a Dentro (Out-In Design)                   | 13  |
| Investigación en Docencia: Trabajos en Desarrollo   | 27  |
| Solar Photovoltaic Power-to-Heat-to-Power Energy Storage  | 43  |
| Avaluant la Usabilitat dels Entorns d'Aprenentatge des de la Perspectiva de l'Alumnat   | 59  |
| Incorporación de Conocimiento Matérico en los centros preuniversitarios. UPC – ELISAVA (UPF)  | 77  |
| Entorno Moodle adaptado para la tutorización grupal colaborativa de Trabajos Finales de Estudios  | 101 |
| Materials a base de Partícules de Lignina Consolidats amb Nanofibres de Cel·lulosa: Aplicació com a Membranes de Microfiltració Antioxidant               | 113 |
| Incorporació dels Processos i Eines en les Assignatures de Projectes i Expressió Gràfica per a la Millora del Disseny Industrial. Exposició d'un cas real | 131 |
| Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto: Un Enfoque Práctico en Asignaturas Metodológicas   | 151 |
| Mediación de la Plataforma Atenea en la EET   | 157 |

|  |     |
|--|-----|
| Innovació en Disseny a partir del Negoci: Investigació, Desenvolupament i Innovació en el Disseny de Productes | 181 |
| Red Internacional para la Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos (GESIT)                 | 191 |
| Projecte LIFE Tritó. Comitè d'Experts en Hidrologia del Parc Natural Reserva de la Biosfera del Montseny       | 203 |
| Recerca del Grup sobre Governament del Canvi Climàtic (GGCC)   | 219 |
| Decoloració de Paper Reciclat mitjançant Processos Biotecnològics  | 229 |

## Pròleg

Els temps canvien cada vegada més ràpidament, i a la universitat això encara es nota més. L'històric departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria (EGE) de la Universitat Politècnica de Catalunya, garant d'una docència de Grau, Màster i Doctorat de qualitat i adaptada a les necessitats de la societat, emprèn l'any 2020 amb una proposta de canvi de nom per adaptar-se al nous coneixements que estan esdevenint la seva matèria principal, al voltant de l'enginyeria gràfica i el disseny. Les àrees de recerca del centenar de professors que formen el departament són àmplies i variades, i sempre en col·laboració en diversos grups tant de la pròpia UPC com d'altres universitats.

Una recerca avançada, de caràcter pluridisciplinari, on s'apliquen creativitat i innovació com a eines de coneixement, implicats en un territori ampli, i situats als diferents campus de la UPC. En els capítols d'aquest llibre podeu veure una petita mostra d'aquesta recerca tecnològica en camps ben variats.

Manel L. Membrilla i Rubén de Castro en expliquen les seves experiències docents en el grau de Disseny Industrial i Desenvolupament de Producte que s'imparteix a l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG). S'aporta d'una manera conceptual i pràctica com abordar el Desenvolupament de Producte tenint com a referent el propi cos humà, el que es coneix com *The Human Body Referenced to Design* (HBRD) en terminologia anglesa. Creativitat i innovació en el Disseny de Dins a Fora (*In-Out Design*) i el Disseny de Fora a Dins (*Out-In Design*). L'experiència ha

permès propostes de disseny més eficient, optimitzant esforços i conceptualitzacions, tant en fases inicials com finals.

Francisco Hernández, Vicente Hernández i David Hernández de l'Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT) i Ricardo Villar de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM) ens expliquen les eines de CAD desenvolupades per millorar l'eficiència en l'aprenentatge i creixement de la docència. En el seu capítol exposen les vessants sobre la que s'aplica aquesta filosofia de treball i les fites aconseguides. Aquests professors afirmen que les aplicacions docents interactives són una eina formidable per millorar el coneixement, sobretot si es realitzen amb el criteri d'experts en cada un dels temes en què pretenen incidir.

Alba Ramos, professora de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), juntament amb Alejandro Datas i Carlos del Cañizo, de la Universidad Politècnica de Madrid, exposen el treball desenvolupat i publicat del projecte AMADEUS, per investigar una nova generació de materials i estat sòlid com a dispositius d'emmagatzematge i conversió d'energia de temperatura ultra-alta. S'exploren nous aliatges basats en silici que condueixen a temperatures d'emmagatzematge molt superiors als 1000°C, per la qual cosa aquest projecte té com a objectiu trencar les barreres del l'actual emmagatzematge d'energia tèrmica. Es presenta els resultats més significatius del treball per avaluar si és rendible emmagatzemar electricitat fotovoltaica en forma de calor.

Rosó Baltà, professora de l'ESEIAAT, avalua la usabilitat dels entorns d'aprenentatge des de la perspectiva de l'alumnat. Posa en rellevància la importància d'oferir una bona experiència i usabilitat en les plataformes d'aprenentatge per tal de proporcionar un entorn eficaç. Això suposa un repte ja que es tracta de sistemes molt flexibles, per aquest motiu l'autora busca comprendre de manera qualitativa la perspectiva dels estudiants en relació amb la seva



experiència en l'ús d'Atenea. Els resultats indiquen que la interfície actual ofereix funcionalitats que no s'utilitzen i que no es perceben de valor pels usuaris. Es posa en manifest la necessitat d'incorporar professionals en l'àmbit del disseny d'interfícies en el sector educatiu per tal de seguir investigant en aquest camp.

Bernat Faura i Jose Luis Lapaz de l'ESEIAAT, i Javier Peña d'ELISAVA expliquen la necessitat d'adaptar i renovar el coneixement matèric als centres preuniversitaris per assegurar un coneixement objectiu, veraç i estructurat. Hi ha un debat global respecte al model pedagògic actual i la seva adaptació a la realitat. Els autors pretenen focalitzar i establir els reptes que envolten el coneixement de la matèria als alumnes fins 12 anys, i per això ens expliquen el pla pilot que han desenvolupat a l'Escola Lourdes de Barcelona.

Els professors de l'ESEIAAT José Luis Lapaz, Francesc Mestres i Bernat Faura mostren com L'entorn de treball Moodle s'ha convertit en una eina imprescindible per a la gestió integral de qualsevol assignatura en els diferents nivells educatius. S'exposa la seva adaptació per al seu ús en la direcció de Treballs Finals d'Estudi, especialment quan el volum de treballs tutoritzat és elevat, mostrant els seus avantatges i inconvenients, així com el seu potencial i limitacions.

Oriol Cusola i Blanca Roncero del grup CELBIOTECH de l'ESEIAAT i Orlando Rojas d'Aalto University, ens alligonen amb un nou tipus de membrana a base de partícules mitjançant la combinació de partícules de lignina i nanofibres de cel·lulosa. Les sinergies inherents a la lignina i la cel·lulosa en les plantes s'aprofiten per produir materials amb baixa energia superficial i que es poden fer resistents a l'aigua amb l'ajuda d'agents de resistència en humit. Es posa èmfasi en l'habilitat d'aquests materials per ser utilitzats en separació antioxidantiva. Les propietats inherents a la lignina, incloent la capacitat de bloqueig de radiació UV i la reducció de l'energia

superficial s'exploten encara més en el desenvolupament d'arquitectures adaptables i autoportants formades gairebé íntegrament de lignina.

Jordi Ivern i Oscar Farrerons de l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE) evidencien les tècniques, eines informàtiques, i conceptes teòrics de mecànica i normalització que s'incorporen als plans d'estudi actuals als diversos graus d'enginyeria. Es mostren les tècniques d'aprenentatge dels coneixements de la gestió documental i els criteris d'un projecte d'enginyeria en un cas concret.

José M. Ibáñez, professor de l'EPSEVG, reflexiona sobre experiències pròpies, a l'assignatura d'Enginyeria de la Usabilitat i l'Accessibilitat. Amb l'objectiu de contribuir al procés de millora de l'aprenentatge es plantegen reptes reals perquè els estudiants aportin solucions plausibles. Disposar d'un enfocament pràctic en una assignatura de tipus metodològic com aquesta, es correspon amb la voluntat del professorat d'actualitzar els mètodes utilitzats a classe per respondre als requeriments de l'àmbit professional.

Francisco Bermúdez de l'ESEIAAT presenta una investigació duta a terme durant 4 anys, realitzada amb la pretensió d'aproximar als diferents usos subjacents en les propostes docents intervingudes per la plataforma Atenea. Es va desenvolupar una metodologia híbrida, amb aportació de tècniques quantitatives i qualitatives. Els resultats de l'estudi ens revelen una bona adequació tecnològica de les aules virtuals, un gradual transformació pedagògica dels cursos proposats i una quasi inexistent explotació de les eines de comunicació.

Francesc Mestres i José Luis Lapaz destaquen que avui dia tothom entén el pla de negoci com una estratègia per a la gestió de la innovació i tothom entén el procés basat en *Design Thinking* com un procés estratègic per a la innovació en disseny i negoci. Es mostra com s'ha plantejat en el marc de l'assignatura de Investigació, desenvolupament i innovació en el disseny de productes del Màster

Interuniversitari d'Estudis de Disseny (MBD UPC-UB), i es presenta una prova pilot d'aquest enfoc del disseny basat en el negoci amb un repte de disseny pràctic en col·laboració amb una reconeguda empresa de gestió del disseny.

Oscar Farrerons i Agueda García Carrillo del Grup de Recerca d'Enginyeria de Projectes expliquen la xarxa internacional “Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos” (GESTI), un programa amb el propòsit d'impulsar la innovació i la competitivitat de noves iniciatives, mitjançant l'enfortiment de capacitats i intercanvi de recursos, formant una xarxa per a la generació de millors i nous productes o serveis, en que participen vuit universitats hispanoamericanes.

Bàrbara Sureda i Olga Alcaraz de l'EEBE presenten els projectes desenvolupats durant el curs acadèmic 18-19 pel Grup sobre Governament del Canvi Climàtic (GGCC), destacant la presència a la COP24 de Katowice, l'anàlisi del París Rulebook, la Vam Impartició del webinar: “El marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París”, la participació a la convocatòria “Dialogo entre Pares”, del programa Euroclima+, l'acollida i tutorització de la doctoranda Cindy Araceli Ramírez i l'organització i participació a la taula rodona “Emergència Climàtica. 15 mesos per salvar la humanitat”.

Oscar Farrerons (EEBE) enumera els objectius que han portat a constituir el comitè d'experts en hidrologia del Parc Natural Reserva de la Biosfera del Montseny dins del projecte europeu Life Tritó del Montseny. S'exposa la metodologia seguida durant més d'un any de vigència del comitè, a través de treball en línia i en tres jornades presencials. Els resultats que han donat lloc a aquests estudis s'han agrupat pel que fa a la dinàmica natural, a les activitats humanes i les seves afectacions, i a la gestió del medi i l'aigua. Es proposa de crear una xarxa de seguiment a mig i llarg termini.

Cristina Valls, Oriol Cusola i Blanca Roncero del grup CELBIOTECH, ens proposen una nova seqüència biotecnològica per decolorar papers de color, utilitzant enzims del tipus lacasa en combinació amb mediadors naturals. Les propietats òptiques mesurades demostren que els colorants s'eliminen per tots els tipus de tractaments biotecnològics. La combinació més eficient va ser amb la lacasa i el mediador natural siringat de metil. El colorant vermell es va aconseguir decolorar completament en una seqüència que combinava tractaments químics oxidatius i reductors. Els autors demostren que el mediador sintètic i tòxic, àcid violúric, pot ser reemplaçat pel mediador natural MeS, obtenint una seqüència més amigable amb el medi ambient.

En síntesi, un bon recull de coneixements transversals, innovadors i amb un ampli recorregut, tant en el món acadèmic com en el seu vessant empresarial.

Gener 2020

Jose Luis Lapaz, Director departament EGE  
Oscar Farrerons, Sotsdirector departament EGE  
Joan Antoni Martínez, Secretari departament EGE

# **Proceso de Diseño Referenciado en el Cuerpo Humano. Diseño de Dentro a Fuera (*In-Out Design*) y Diseño de Fuera a Dentro (*Out-In Design*)**

**Manel L. Membrilla**

EPSEVG. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Rubén de Castro Losada**

EPSEVG. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resumen**

A partir de las experiencias personales y docentes desde el inicio del Grado de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos que se imparte en nuestra universidad. Durante todos esos años, la implicación e impartición de diferentes asignaturas en todo ese periodo ha permitido consolidar y contrastar todo un conocimiento sobre el Diseño de Producto, base de este documento o publicación. En éste artículo se pretende aportar una forma más conceptual y a la vez más práctica de cómo abordar el proceso de Desarrollo de Producto teniendo como referente el propio Cuerpo Humano, llamando a éste el proceso de Diseño Referenciado en el Cuerpo Humano (DRCH)<sup>1</sup> o definido en la terminología inglesa como *the Human Body Referenced to Design (HBRD)*<sup>1</sup>. Teniendo presente dos aspectos básicos en el Diseño de Producto como son: la creatividad i la innovación, entre los aspectos más significativos, vinculados y abordados éstos dos términos en el desarrollado de Diseño de Productos mediante dos

---

<sup>1</sup> Términos utilizados y definidos por los autores de este documento en las diferentes asignaturas que imparten en el Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto en la EPSEVG. Así como también en los Trabajos de Final de Grado (TFG) desarrollados en el Campus Universitario de Vilanova i la Geltrú de la UPC.

nuevos conceptos que se han llamado: El Diseño de Dentro a Fuera (*In-Out Design*) y el Diseño de Fuera a Dentro (*Out-In Design*)<sup>1</sup>.

Sin ser una metodología en sí, ha permitido a estudiantes del grado de Ingeniería de Diseño afrontar en asignaturas como Diseño de Producto (DIPR) o Talleres de Diseño (TAD), entre otras, el proceso de desarrollo y definición del producto o proyectos propuestos de una manera más eficiente, optimizando esfuerzo y conceptualización, tanto en las fases iniciales como en las finales del Proceso de Diseño y Desarrollo de Productos (PDDP).

También ha permitido su aplicación a los estudiantes en los Proyectos de Trabajos de Final de Grado obtener un mejor seguimiento y tutorización en todo el desarrollo del mismo.

## 1. Introducción

*“He intentado desarrollar mi propio enfoque sobre el diseño y mi propia idea sobre lo que es el diseño o, mejor aún, lo que podría ser. Mi principal interés es hacer cosas nuevas y diferentes utilizando los conocimientos que voy recopilando como afición, en particular sobre la tecnología y nuestra relación con ella.”*

Mathias Bengtsson, Bengtsson Design Ltd.

En el comentario anterior ya se recoge y puede desprenderse la complejidad que puede resultar tener que hablar o definir el término *Diseño* y aún más de cómo desarrollarlo y aplicarlo a la definición de cosas, objetos o Productos.

No cabe duda de que la existencia y consolidada Ciencia del Diseño permiten a éste afrontarlo desde un punto de vista mucho más filosófico tanto en su definición, desarrollo y campo de aplicación.

En la actualidad existe una notable diversidad de diferentes Metodologías para afrontar el Desarrollo de Productos, las más significativas desde su inicio, las desarrolladas en la Escuela alemana

de la *Bauhaus* (mediados del 1919 en Weimar), a las más actuales como el *Design Sprint* de Google Ventures en el año 2010, pasando por el *Design Thinking* utilizado en la empresa IDEO a partir del año 2008.

No se pretende en ningún momento en este documento, tal y como se ha indicado en el resumen del presente artículo, intentar definir toda una Metodología propia sino justamente intentar poder definir un denominador común de las diferentes metodologías existente, tanto a partir de las más modernas o actuales como también considerando las formas proyectuales existentes en la definición y desarrollo de Producto en la década de los años 50/60.

También se ha de considerar que cada autor define en sí mismo una forma diferente de abordar el desarrollo de producto, teniendo en cuenta su propia experiencia profesional vivida así como en el contexto en que la ha desarrollado. Esto no hace sino que enriquecer y definir las diferentes formas y posibilidades que pueden surgir en el concepto de desarrollo del Diseño de Producto, que claramente no existe una única metodología que trate y aborde la metodología del Diseño de Producto.

Dentro de estas posibilidades de enfoque, tal y como se comenta en el párrafo inicial de la introducción, se pretende con esta publicación dotar al estudiante de un posibilidad de poder sintetizar todo este proceso de Diseño de Producto a partir de tomar como referente la constitución de su propio cuerpo humano, donde se refleja en gran parte las diferentes fases o actividades propias del Diseño de Producto.

Por otro lado identificar dos aspectos fundamentales que simplifican todo el proceso del diseño y que engloba también las diferentes fases o actividades de dicho Proceso de Diseño: La Fase Dentro-Fuera y la Fase Fuera-Dentro, tomado como referente en el proceso el propio cuerpo del estudiante.

## 2. El Cuerpo Humano: Constitución Morfología y Niveles

Tal y como se refleja en la figura 1, basada en el dibujo elaborado por Leonardo da Vinci y conocido como el *Hombre de Vitruvio*<sup>2</sup>. El cuerpo humano, de todos bien sabido, que se compone de cabeza, tronco y extremidades, estando éstas extremidades formadas por los brazos (manos) y piernas (pies).

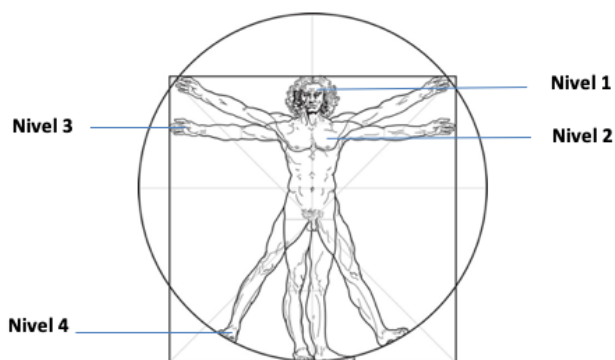


Figura 1. Hombre de Vitruvio

A partir de esta figura tan conocida y asociada tanto en el campo de las artes como al de la geometría a la que con gran rapidez se asimila su definición y composición, así como a la relación de cada una de las diferentes partes que constituyen nuestro cuerpo humano. Este factor de relación y posición es importante para poder tomarlo como referente en la propuesta del proceso de Diseño de Producto, motivo principal de este documento.

---

<sup>2</sup> En el Hombre de Vitruvio la figura humana está enmarcada en un círculo y un cuadrado. Esta representación corresponde a una descripción geométrica, de acuerdo con un artículo presentado por Ricardo Jorge Losardo y colaboradores en la Revista de la Asociación Médica Argentina (Vol. 128, Número 1 de 2015).



Se diferenciarán cuatro partes fundamentales del cuerpo humano que se asociaran a cuatro niveles, estos niveles son:

Nivel 1. Parte superior, la Cabeza

Nivel 2. Parte intermedia, el Corazón

Nivel 3. Parte extrema 1, las Manos

Nivel 4. Parte extrema 2, los Pies

A continuación, se indica la importancia y el contenido de cada uno de estos niveles así como la relación existente entre ellos, asociándolos al proceso propio del diseño de productos para que los estudiantes tengan su propio cuerpo como elemento indicador o de referencia.

### **3. Definición de cada Nivel en el Cuerpo Humano**

En este apartado se hace referencia a cada uno de los Niveles definidos en el cuerpo humano y sobretodo remarcar la importancia que supone respetar cada uno de dicho nivel según el orden cronológico establecido y reflejado en el propio cuerpo humano, de ahí su importancia. Es decir, no empezar por el nivel 3, sin antes haber definido y analizado y trabajado los niveles anteriores.

En dicho proceso resulta fácil y comprensible para el estudiante, ya que el nivel 1 es la parte superior del cuerpo humano que corresponde a la cabeza, veamos a continuación que implica cada uno de estos niveles.

#### **3.1. Nivel 1. La Cabeza: el Pensamiento** (*Design Thinking*)

No cabe duda de que es uno de los niveles más importantes en el proceso de definición y conceptualización en el proceso de diseño de producto. Apoyándonos en la Figura 2 (Constitución Geométrica de la

cabeza)<sup>3</sup>, veamos de qué partes o subniveles está formado este nivel superior.

Tal y como se observa en la figura 2, el Proceso de Diseño de Producto se puede asociar perfectamente a cada uno de estos apartados, desde el I) hasta el IV) teniendo presente su posición y referencia en la cabeza. Sin alterar en el proceso la posición de cada uno.

Son muchos los métodos existentes en la actualidad que identifican los mismos conceptos mencionados anteriormente, pero el hecho de poder exponerlos de forma más estructurada referenciándolos a la cabeza del cuerpo humano, tanto en su posición como en su secuencia, no cabe duda que hace más fácil no obviar apartados y conceptos en algunas de las fases del Diseño de Producto.

No se pretende en ningún momento desarrollar de forma mucho más explícita cada uno de los apartados o palabras asociadas a éstos, ya que implicaría una exposición mucho más extensa y no sería el motivo del presente artículo, teniendo en cuenta por otro lado la existencia de una gran documentación sobre cada uno de estos términos existentes en fondos bibliográficos o redes de internet. Definir de forma conceptual un proceso de diseño asociado al cuerpo humano, es la finalidad principal que se pretende. A continuación, se procederá con el mismo criterio explicado anteriormente con el resto de los niveles en el cuerpo humano.

### **3.2. Nivel 2. El corazón: Decisión** (*Emotional Design*)

Otro de los niveles, sin lugar a duda, de mayor trascendencia en el proceso de Diseño de Producto: la decisión. En este segundo Nivel 2

---

<sup>3</sup> Leonardo da Vinci: Drawings from the Biblioteca Reale in Turin. Birmingham Museum of Art. Sept. 28 through Nov. 9. Recto: Proportions of the head and eye, ca. 1489/90, pen and brown ink with stylus on laid paper, 197 x 276 mm (two attached sheets), inv. no. 15574/15576

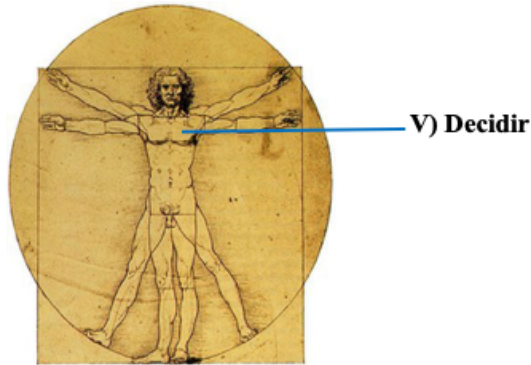


Figura 3. Geométrica del cuerpo humano

se asocia al corazón, pretende identificar la importancia de las emociones, sentimientos... son entre otros aspectos, los que más se vinculan en la toma de decisiones; para afrontar la mejor elección posible escogida en el desarrollo de un producto en sus diferentes aspectos, sobre todo la vinculada a la parte estético-formal. Tal y como se desprende en la Figura 3 (Geométrica del cuerpo humano)<sup>4</sup>, el corazón está posicionado en un nivel inferior a la cabeza, el llamado Nivel 1 o superior.

En este nivel implica la necesidad de no tomar decisiones hasta que no se han trabajado y analizado todos y cada uno de los términos o conceptos desarrollados en el Nivel 1.

Teniendo como referente el cuerpo humano, se asimila con bastante facilidad de cara al Proceso de Diseño de Producto por parte de los estudiantes que se ha de seguir el referente del propio cuerpo humano y que no ha de tomar decisiones en las fases iniciales del proceso de diseño ya que como pueden observar el corazón está por

---

<sup>4</sup> <https://hipertextual.com/2018/01/hombre-vitruvio-leonardo-da-vinci>

debajo de la cabeza en un nivel inferior, pero no por ello menos importante.

El tener presente como Diseñadores de Producto que no siempre diseñamos artefactos, objetos o productos que cumplen únicamente su función, tal y como apunta Donald A. Norman en su libro *Diseño Emocional*, también diseñamos emociones.

### 3.3. Nivel 3. Las Manos: La experimentación

En este otro Nivel 3, quizás estemos en uno de los aspectos más importantes que tiene lugar en el diseño y desarrollo del producto, por parte de los estudiantes. La experimentación: la creación de modelos, maquetas formales, prototipos funcionales..., entre algunos, dentro de un gran abanico de posibilidades existentes para poder visualizar las ideas y a la vez también evolucionar el concepto y las posibilidades del producto en el propio proceso de diseño del mismo.

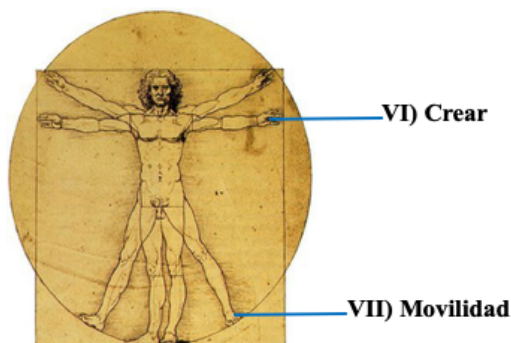


Figura 4. Geométrica del cuerpo humano

Tal y como se desprende de la figura 4 los estudiantes entienden rápidamente que las manos tienen un mayor ángulo de movilidad que el resto de partes o términos conceptuales asociados al cuerpo humano tal y como se han explicado anteriormente. Las manos

alcanzan el Nivel 1, por lo que a partir de la primera idea éstas ya pueden entrar en funcionamiento creando y definiendo conceptos en modelos tridimensionales reales.

Contemplar que en la constitución del cuerpo humano las manos están prácticamente alineadas con el corazón (decisión y creación en un mismo plano o nivel), seguramente tendrá una explicación biológica o antropológica que personalmente desconozcamos, pero de lo que no hay lugar a dudas es de que “*las manos son el origen de la inteligencia del hombre*” tal y como comentó Pierre-Gilles de Gennes, premio nobel de física en 1991.

### **3.4. Nivel 4. Los Pies: La movilidad** (*User Centered Design*)

Finalmente, este último Nivel 4 que se ha llamado la movilidad, tiene como finalidad poner de manifiesto lo importante que tiene el poder contactar y gestionar a nivel personal con los diferentes agentes que intervienen o pueden intervenir en la decisión o desarrollo del diseño de producto. No cabe duda de que en este apartado el usuario o las personas son el objetivo principal de nuestra actividad como profesionales. No en vano se le llama al grado de ingeniería de diseño de producto “*la ingeniería más humana*”. La movilidad nos permite una aproximación mucho mayor a las personas.

Todo y proporcionar la tecnología un gran acceso a información mediante redes sociales o la propia red de internet, el contacto personal con el usuario en las diferentes fases del proceso de diseño y desarrollo se hace imprescindible ya que dicho contacto con los usuarios permite fomentar el concepto de Diseño Centrado en el Usuario.

Finalmente, esta movilidad pone en funcionamiento y acción, en gran parte, al resto de niveles estudiados dentro del proceso de Diseño de Producto, tomando como referente el propio cuerpo humano.

#### **4. Diseño de Dentro a Fuera (*In-Out Design*) y Diseño de Fuera a Dentro (*Out-In Design*)**

En este apartado se pretende identificar los dos Fases Básicas que sintetiza todo el Proceso de Diseño y Desarrollo de Producto (PDDP) tomando como referencia al propio estudiante que tiene que abordar dos aspectos o conceptos importantes en la creación y desarrollo de un Producto como son la Innovación y la Creatividad.

##### **4.1. Fase 1. Diseño de Dentro a Fuera. La creatividad / Innovación**

Esta fase contempla al estudiante de Diseño de Producto como la aportación interior propia del mismo donde ha de identificar las principales necesidades o requerimientos del Producto y Usuario principalmente. No cabe duda que es la fase más importante del proceso donde ha de considerar:

a) Pensamientos e ideas iniciales, utilizando diferentes técnicas de Creatividad:

- Mapa Mental (*Mind Map*)
- Lluvia de Ideas (*Brainstorming*)
- Mapa Conceptual (*Concept Map*)
- ...

b) Primeros esquemas y Diseños Básicos

c) Basada en la experimentación personal

d) Primeras maquetas volumétricas Básicas

e)...

Esta fase es la que tiene mayor valor, desde un punto de vista docente y personal del estudiante, ya que puede apuntar a una solución realmente innovadora y creativa sin haber hecho previamente una búsqueda de información exterior ya que eso implicaría una “contaminación de ideas” existentes en el mercado.

De alguna manera se pretende que el estudiante sea capaz de extraer todo el potencial interior que posee, incluso haciendo uso del concepto de “dibuja primero y piensa después” que utilizan algunos autores.

#### **4.2. Fase 2. Diseño de Fuera a Dentro. Estado del Arte / El Mercado**

En esta fase se pretende que el estudiante con la búsqueda de información en diferentes campos y sectores, tanto sociales como empresariales, públicos o privados, para que pueda complementar las ideas inicialmente desarrolladas en la fase anterior. No se pretende en ningún momento que copie una solución existente, evitar en lo posible que lo haga, ha de desarrollar su propia creatividad.

En esta fase se ha de valer de los conocimientos de otros para dar mayor propuesta de valor al proyecto realizado y a partir de las experiencias y experimentación de otros poder validar de alguna manera el desarrollo propio.

Es importante remarcar que en esta síntesis formada por las dos Fases mencionadas, y sobre todo en esta Fase 2, el nivel de información que se gestiona y manipula es cada vez mayor y tanto mayor como avanza el proceso de diseño y también con el avance de los tiempos, la técnica y la tecnología durante los últimos años, cada vez la información que se dispone tiene un ciclo de vida mucho más corto por la aparición constante de nueva información y un gran volumen de datos (*Big Data*). Se ha de procurar que la información pase a ser conocimiento en los diseñadores de producto y no ser meros informadores o periodista del diseño. La información pasa a ser conocimiento, cuando se ha interiorizado esta información, es asimilada y permite generar nuevas ideas y propuesta de valor en el desarrollo de nuevos productos.

Ha de permitir poder decidir a los diseñadores de productos desde el conocimiento y no desde la información disponible. De la misma manera que se habla del Pensamiento del Diseño (*Design Thinking*), también habría que hablar del concepto de Conocimiento del Diseño (*Design Knowledge*) y de la Conciencia del Diseño (*Design Awareness*), trazabilidad e impacto. Estos nuevos conceptos que los autores de la presente comunicación o ponencia ponen de manifiesto, abren un nuevo y gran debate sobre el ya existente ¿Qué es Diseño?

## 5. Conclusión

El Diseño de Producto ofrece varias perspectivas que no se han mencionado por motivos de centrarse prácticamente en la propuesta central del artículo: El cuerpo Humano y su relación con el Proceso de Diseño. No se han puesto de relieve una serie de cuestiones relacionadas con el diseño, como por ejemplo, el análisis de los conocimientos técnicos necesarios o las habilidades que pueden requerirse por parte de cada estudiante.

De este modo, se ha intentado dar una visión muy conceptual y practica del proceso de diseño, que normalmente resulta difícil de abarcar para los estudiantes o fácil de perder de vista. Por eso, esta publicación o artículo ofrece unas pautas para abordar los fundamentos del Diseño de Producto a partir de la referencia del propio cuerpo humano, así como las sugerencias de poder abordar el complejo proceso de diseño a partir de dos Fases de Diseño; la de dentro/fuera y la fuera/dentro, para mejorar las actitudes y aptitudes de los estudiantes desde una síntesis más simplificadas y tangibles.

El objetivo es ayudarle al estudiante a conceptualizar y de cómo ha de activar el propio proceso de diseño de una forma mucho más fácil y ágil, que le permitan desarrollar sus propias ideas que es la finalidad de todo proceso formativo y de aprendizaje.



Esto también significa que siempre han de perfeccionarse, reforzando conocimientos con más documentación sobre las diferentes materias que aborda la disciplina del Diseño de Producto para afrontar desafíos y siempre deseosos de aprender y crear, no puede haber mejores estudios que el Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos para cambiar el mundo, para ello no hay que perder de vista y tener presente los conceptos de Diseño comentados e introducidos anteriormente: Conocimiento del Diseño (*Design Knowledge*) y de la Conciencia del Diseño (*Design Awareness*).

## Referencias

- CHAN, E. (ECCO Design) (2010). *1000 Product Designs. Form, Function, and Technology from Around the World*. Publishers Rockport. Massachusetts.
- GASCA, J.; & ZARAGOZÁ, R. (fundadores de ThinkersCo) (2014). *Design Pedia. 80 Herramientas para construir tus ideas*. LID Editorial, Madrid.
- LUPTON, E. (2018). *El Diseño como Storytelling*. Editorial GG. Barcelona.
- VIDAL, M. (2019). *La era de la Humanidad. Hacia la quinta revolución industrial*. Editorial Deusto.
- MUNARI, B. (2016). *¿Cómo nacen los Objetos?* Editorial GG. Segunda edición 2016.
- SKILTON, A. M. (2016). *Mans. Una reivindicació de la vida manual*. Raval Edicions Pòrtic. Barcelona.
- RODGERS, P.; & MILTON, A. (2011). *Diseño de Productos*. Editorial Promopress. Barcelona.

<https://www.culturagenial.com/es/hombre-de-vitruvio-leonardo-da-vinci/>



<https://hipertextual.com/2018/01/hombre-vitruvio-leonardo-da-vinci>



<http://www.designthinking.es/inicio/>





## **Investigación en Docencia: Trabajos en Desarrollo**

### **Francisco Hernández**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Vicente Hernández**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **David Hernández**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Ricardo Villar Ribera**

ESEIAAT-EPSEM. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Resumen**

A pesar de que la investigación en docencia ha venido siendo despreciada sistemáticamente en la evaluación de los trabajos del profesorado implicado en esas labores, parece que por fin se ha dejado una puerta abierta para revertir la situación.

Dentro de ese contexto, un grupo de profesores relacionados con la docencia y la investigación en el ámbito del diseño (los que suscriben este documento) viene trabajando en varios temas, que están a caballo del desarrollo de las herramientas de CAD y la mejora de la eficiencia en el desarrollo de la docencia. Creemos que este es un buen foro para dar a conocer esos temas de trabajo que en el futuro próximo pueden significar mejoras sustanciales en los dos campos, contribuyendo así a la mejora de las herramientas y a su acercamiento al “modus operandi” de los diseñadores.

Esta comunicación pretende por tanto dar a conocer las vertientes sobre las que se aplica esta filosofía de trabajo y los logros actuales alcanzados.

## **1. Objectivos**

Como puede deducirse del apartado anterior, el objetivo principal de esta comunicación es difundir el trabajo que viene realizándose en diferentes ámbitos para relacionar la investigación aplicada al incremento de la eficiencia y la destreza en la generación de la geometría necesaria para desenvolverse en el espacio de las 3D, ya sea para hacer más razonable ese trabajo, como para reproducir en tres dimensiones todos aquellos elementos de formación que sean susceptibles de mejorar en su generación, comprensión y asimilación, ya sea a través de imágenes fijas, como en movimiento.

Para ello, agruparemos el conocimiento en forma de células de información donde haremos accesibles acciones que tendrán objetivos específicos.

## **2. Metodología**

Como en todo proceso complejo, dividiremos el trabajo en varias fases, a saber:

### **2.1. Mejora de las herramientas de productividad del diseño**

Incorporando rutinas a los programas de CAD que mejoren la eficiencia, reduciendo el tiempo de trabajo de los diseñadores.

De igual manera que la aparición de los programas de CAD paramétrico marcan un hito a la hora de generar geometría en base a la modificación de parámetros asociados a condiciones geométricas que afectan a una o varias entidades, la incorporación de entidades gráficas intermedias que cumplan determinadas condiciones geométricas, permitiría concebir de una forma mucho más amigable el espacio 3D, y como caso particular el 2D, ya que la mayoría de las formas 3D se vienen generando a través de formas 2D, a las que se agregan acciones posteriores (extrusión, revolución, barrido...).

En base a estas premisas, un grupo de profesores del TR5 estamos trabajando en proporcionar a los desarrolladores de programas CAD elementos de mejora de la eficiencia de las herramientas más cercanas a los diseñadores, basadas en conceptos fácilmente asimilables y sustentados por una matemática robusta y la concepción clásica del dibujo, desde la utilización de entidades 2D conocidas como mediatriz, bisectriz, arco capaz ... hasta otras equivalentes, concebidas para desenvolverse en 3D (paraboloides, hiperboloides, esferas y otras superficies con características métricas especiales).

La Figura 1 muestra la cara simple de un objeto que sirve para reflexionar sobre algunas de las herramientas simples que facilitarían el trabajo del diseñador para situar la figura interior (coliso) en la posición indicada, como pueden ser la bisectriz o la mediatriz.

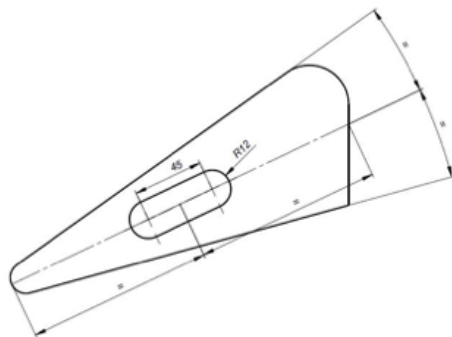


Figura 1. Ejemplo de condiciones en el plano

En la Figura 2 se muestran las superficies intermedias que interactúan en el espacio para que se cumplan condiciones métricas espaciales. Este proceso requiere la identificación de los lugares geométricos que cumplen cada condición y la resolución gráfica o analítica de las rectas, curvas o superficies que satisfacen las

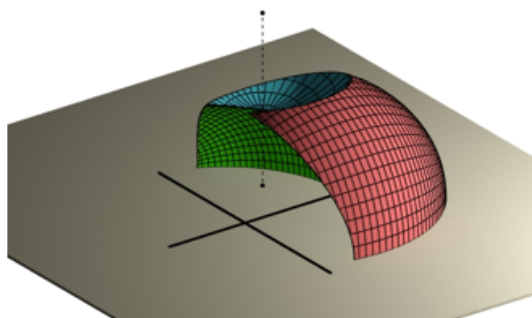


Figura 2. Ejemplo de uso de condiciones en el espacio

condiciones de contorno (matemáticamente supondría la resolución de un conjunto de ecuaciones).

La determinación de las herramientas adecuadas a cada caso requerirá un adiestramiento similar al que ya reciben los diseñadores para realizar trazados clásicos, y estarán basados en el conocimiento de las utilidades, incluyendo sus características métricas principales, a fin de que luego su utilización solo requiera una simple reflexión y el conocimiento de esas entidades.

En este sentido será conveniente que la formación gráfica y la matemática que la sustenta sean asignaturas de alto contenido técnico, donde se dan la mano conceptos como los LUGARES GEOMETRICOS PLANOS y ESPACIALES junto a la utilización de matrices homogéneas para controlar los movimientos de las entidades desde lo núcleos matemáticos del software encargado de hacerlo en las aplicaciones de CAD.

Solo entonces, con la práctica adquirida, se podrá sacar el máximo partido a estas herramientas, ya que, al igual que sucede cuando trabajamos con los instrumentos clásicos de dibujo, los bucles de trabajo podrán ser más eficientes, disminuyendo el tiempo de

realización y siendo capaces de resolver problemas geométricos de más envergadura.

## 1.2. Forma de exponer la información

Pretendemos usar una aplicación interactiva en la que, a modo de libro electrónico podamos acceder de manera ordenada a cualquiera de las células de información.

Para esta fase utilizaremos la interfaz mejorada que programamos en Authorware en la década anterior [1], y que venimos mejorando desde entonces, incorporando nuevas herramientas de software y también nuevos contenidos.

La imagen de la Figura 3 muestra una panorámica de la base de la aplicación con el contenido denominado “Fundamentos de Ingeniería Gráfica”, cuyo diagrama de flujo que da idea de la complejidad de la interfaz y de la cantidad de herramientas elaboradas para albergar las diferentes células de conocimiento relacionadas con la materia.

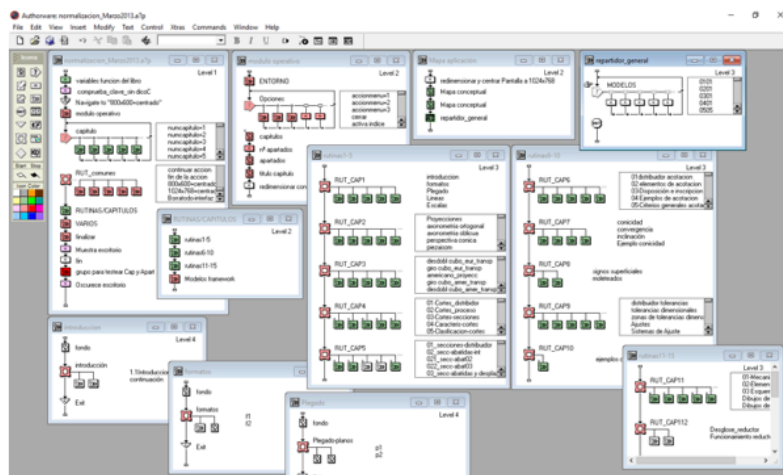


Figura 3. Vista parcial del diagrama de flujo de la aplicación

La imagen de la Figura 4 muestra la interfaz, con acceso al índice convencional, mientras que la Fig. 5 muestra el mapa de la aplicación, con acceso a las principales células de conocimiento en que se ha dividido la materia, y que se corresponden con las partes de las asignaturas de expresión gráfica cuyo contenido pretende formar la generación de objetos y mecanismos en 3D adaptado al sistema europeo de representación.

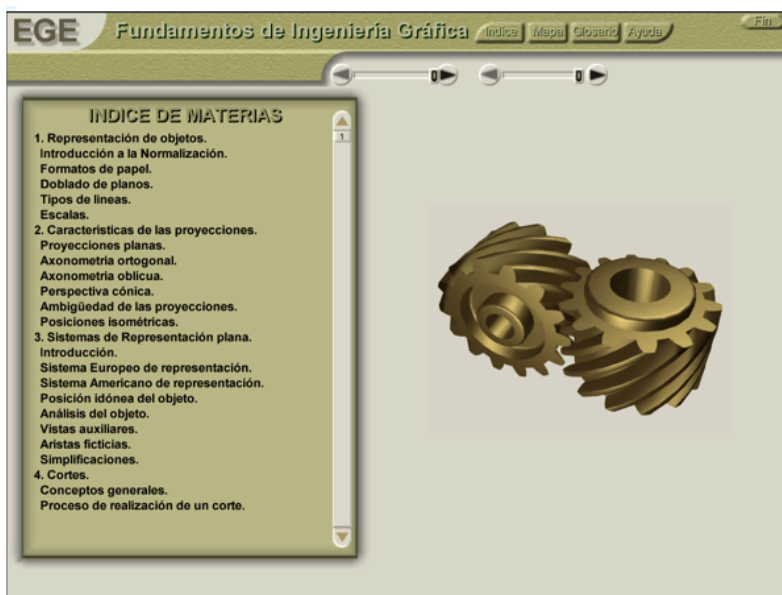


Figura 4. Aplicación sobre Fundamentos de Ingeniería Gráfica



### 1.3. Temas a abordar convertidos en células de conocimiento

En cualquiera de las aplicaciones desarrolladas, el acceso a las células de conocimiento se realiza por niveles anidados, hasta llegar al detalle que despliega una acción que previamente ha sido estudiada con mucho detalle.

Dado que una aplicación de estas características contiene una información muy extensa, y de distintos niveles de acceso, se incorpora un mapa de acceso temático, mediante el que se puede acceder de forma muy rápida a los grandes temas sin tener que explorar el índice, donde se detallan los diferentes apartados con mayor extensión. El mapa se compone de dos grandes bloques. Mientras el primero persigue el objetivo de poner a disposición del usuario todos los recursos necesarios para determinar en forma y dimensiones cualquier objeto real, de manera que pueda ser fabricado y comprobada su funcionalidad, el segundo bloque pretende, por un lado hacer reflexionar sobre las características de los elementos mecánicos y sus posibilidades de utilización en los mecanismos, y por otro, suministrar toda la información necesaria para su correcta utilización.

|                                       |                                   |  |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Normalización en los dibujos técnicos | Introducción al Diseño industrial | Proyecciones planas                                    |
|                                       |                                   | Sistemas de Representación                             |
|                                       |                                   | Cortes, secciones y roturas                            |
|                                       |                                   | Vistas interrumpidas                                   |
|                                       |                                   | Acotación  |
|                                       |                                   | Signos superficiales                                   |
|                                       |                                   | Tolerancias  |
|                                       |                                   | Ejemplos   |
|                                       |                                   | Dibujos de conjunto                                    |
|                                       |                                   | Análisis de elementos mecánicos y diseño de mecanismos |
| Carcasas                              |                                   |  |
| Arboles y ejes                        |                                   |  |
| Elementos de unión                    | Remaches (roblones)               |  |
|                                       | Soldadura                         |  |
|                                       | Elementos roscados                |  |
|                                       | Arandelas y anillos de seg.       |  |
|                                       | Bridas                            |  |
|                                       | Chavetas                          |  |
| Elementos de transmisión              | Pasadores                         |  |
|                                       | Poleas, correas y cadenas         |  |
|                                       | Resortes                          |  |
|                                       | Engranajes                        |  |
|                                       | Excéntricas y levas               |  |
|                                       | Cojinetes                         |  |
| Palancas                              |                                   |  |

Figura 5. Mapa de la aplicación

## 1.4. Ejemplo de células de conocimiento específicas

En las siguientes imágenes se muestran algunos de los componentes que integran células de conocimiento en diferentes ámbitos:



Figura 6. Célula de introducción al dibujo de mecanismos

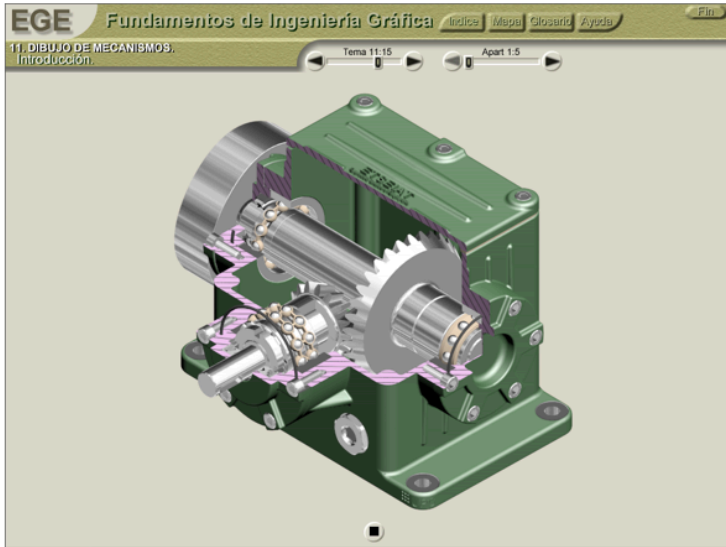


Figura 7. Mecanismos (Reductor de velocidad en movimiento)



Figura 8. Mecanismos (Reductor de velocidad- Explosión)

En aquellas células donde se precisa una interpretación espacial, cobran más relevancia las acciones encaminadas a mejorar dicha interpretación. Un ejemplo de ello es la que se corresponde con la Figura 9, donde pueden repetirse tantas veces como se requiera los procesos en el plano o en el espacio para explicar la obtención, mediante abatimiento de los planos principales en una perspectiva axonométrica ortogonal, de los coeficientes de reducción de los ejes, los ángulos de incidencia u otros datos de la pirámide característica.

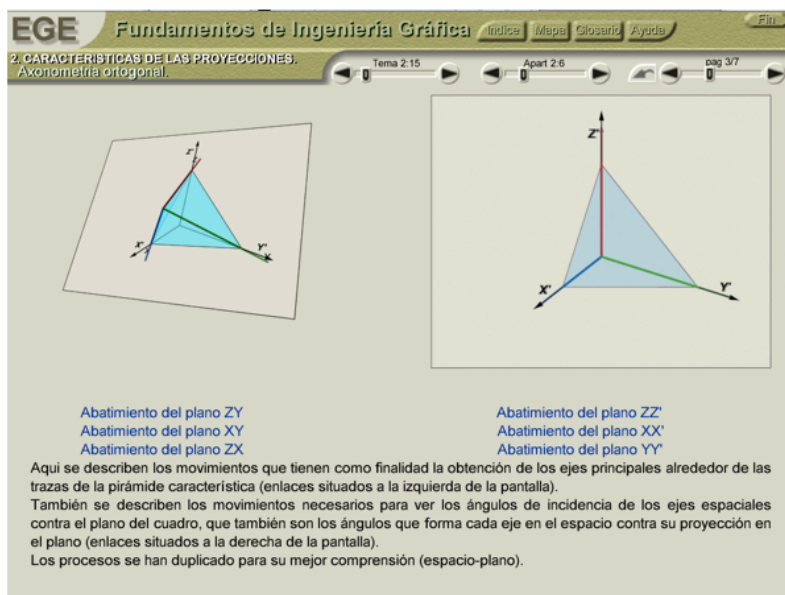


Figura 9. Obtención de datos en una perspectiva axonométrica

No importa la materia, ya que en muchas de las materias que integran una ingeniería hay conceptos difíciles de asimilar que resultan muy comprensibles tras analizar la estrategia para que se muestren de forma clara.

A continuación se muestran algunos conceptos de diferentes materias a través de imágenes que, aunque en papel resulten menos eficientes, son extraordinariamente eficientes cuando están en movimiento:

La Figura 10, extraída también de la misma aplicación permite explicar conceptos matemáticos como son las características de las curvas técnicas (continuidad, discontinuidad, mínimos, máximos, puntos de inflexión, curva creciente, decreciente, relación entre la curva y su primera derivada o segunda derivada, concavidad...).

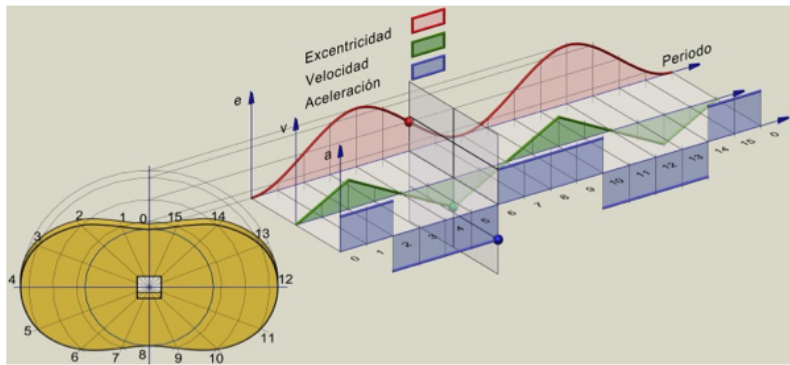


Figura 10. Conceptos matemáticos. Curva técnica

Los conceptos de grado de libertad y aspectos relacionados pueden explicarse fácilmente con las imágenes en movimiento de una parte de un robot en la Figura 11.

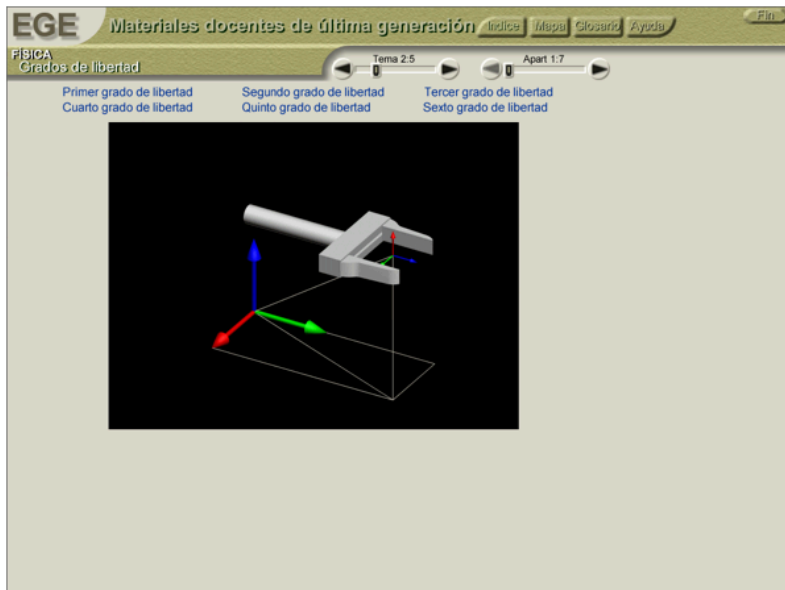


Figura 11. Grados de libertad

Los movimientos relativos o absolutos de física se entienden mucho más fácilmente cuando a las explicaciones las acompañan acciones espaciales que permiten diferenciarlos. La Figura 12 representa una parte de la animación que puede utilizarse para aclarar estos conceptos de física, donde también cabe explicar su correspondencia con el cálculo a través de matrices homogéneas.

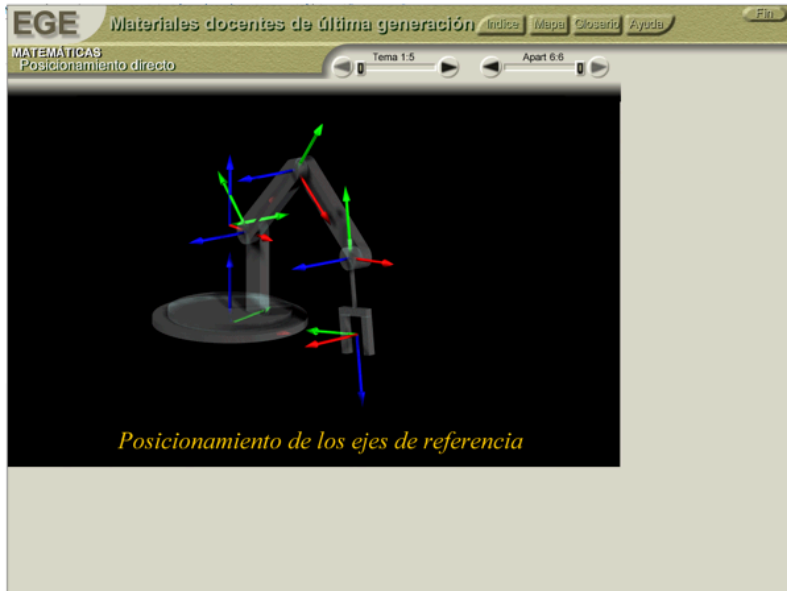


Figura 12. Movimiento relativo y absoluto

Es mucho más fácil ver las características de los poliedros regulares cuando los vemos en movimiento (Figura 13).

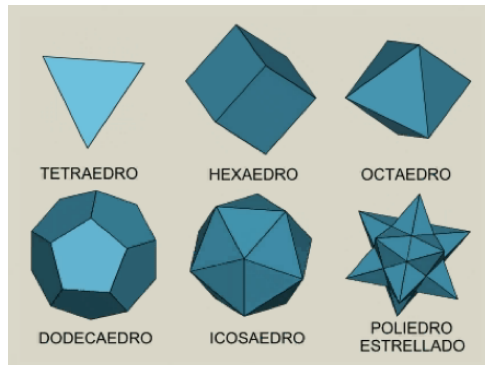


Figura 13. Poliedros regulares y estrellado

Incluso los tejidos de calada, a pesar de ser fundamentalmente plano resulta más asimilable cuando una aplicación [2] muestra de manera comprensible los ligamentos que permiten generarlos y que a su vez pueden utilizarse para comprender sus restricciones y características, como muestra la Fig. 14, extraída de otra de las aplicaciones interactivas que han sido utilizadas para hacer más eficiente esos conceptos.

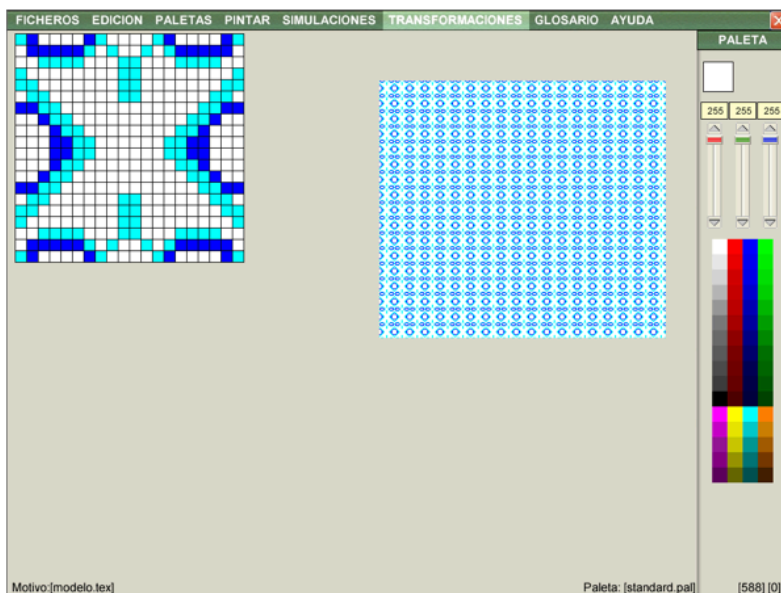


Figura 14. Ligamentos textiles y simulación

### 3. Conclusiones

Aunque pueda parecer que es obvio, las aplicaciones docentes interactivas son sin duda una herramienta formidable para mejorar el conocimiento, sobre todo si se realizan con el criterio de expertos en cada uno de los temas en que pretenden incidir.



Todos los recursos que actualmente se emplean en la realidad virtual, empleados para mejora de la enseñanza en cualquier materia serían extraordinariamente eficaces, ya que si se tiene acceso a esos materiales, el aprendizaje se hace mucho más dependiente de la voluntad de aprender.

Los recursos para impartir enseñanza presencial a distancia de calidad deberían estar concebidos con esa filosofía, ya que rompen las barreras de la distancia y llevan el conocimiento a la puerta del usuario.

Por otra parte, un conocimiento exhaustivo de los conceptos, nos hace más productivos y favorece la visión espacial y la creatividad.

### Referencias

- [1] HERNANDEZ, F, ROJAS, J., HERNANDEZ, V., OCHOA, M., FONT, J., & VILLAR, R. (2012). Educational software to learn the essentials of engineering graphics. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(1), 1-18. <https://doi.org/10.1002/cae.20344>
- [2] HERNANDEZ, F, ROJAS, J., HERNANDEZ, V., OCHOA, M., FONT, J., & VILLAR, R. (2010). Interactive educational software of textile design. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(1), 161-174. <https://doi.org/10.1002/cae.20428>
- [3] FÀBREGAS, J., HERNANDEZ, F., & ROJAS, J., (2014). Comparative analysis of a university learning experience: classroom mode versus distance mode. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*



# Solar Photovoltaic Power-to-Heat-to-Power Energy Storage

**Alba Ramos Cabal**

ITSEIB. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Alejandro Datas**

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid

**Carlos del Cañizo**

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid

## Abstract

This article summarizes part of the work developed, and already published, in the context of the AMADEUS project ([www.amadeus-project.eu](http://www.amadeus-project.eu)), a FET-OPEN project funded by the European Commission to research a new generation of materials and solid state devices for ultra-high temperature energy storage and conversion. New silicon-based alloys as new phase change materials (PCMs) are explored, achieving latent heat in the range of 1000-2000 kWh/m<sup>3</sup>, which means an order of magnitude greater than that of typical salt-based PCMs used in concentrated solar power (CSP). In addition, silicon-based PCMs lead to storage temperatures well beyond 1000 °C, and so this project aims at breaking the mark of ~ 600 °C rarely exceeded by current state of the art thermal energy storage (TES). Furthermore, this article presents the most significant outcomes of work developed to assesses whether it is profitable to store solar photovoltaic (PV) electricity in the form of heat and convert it back to electricity on demand in the residential sector.

## 1. Introduction

Greater penetration of renewable energy sources is necessary to address some of the major challenges that the present world economy faces: energy security, pollution, sustainability and climate change [1]. Reaching the climate goals of the Paris agreement (2015) will require increasing quantities of renewable energy to be generated in the urban environment and the availability of energy storage technologies at competitive cost structures. The latter is essential in order to manage a future electric system based on renewables.

This paper contains part of the work, already published [2,3], developed in the context of the AMADEUS project ([www.amadeus-project.eu](http://www.amadeus-project.eu)). Firstly, it presents a novel latent heat thermal energy storage (LHTES) system that has the potential to achieve one of the highest energy densities among existing energy storage solutions. Secondly, the most significant outcomes of work developed to assesses whether it is profitable to store solar photovoltaic (PV) electricity in the form of heat and convert it back to electricity on demand in the residential sector is presented.

The proposed LHTES stores power in the form of heat, which can be converted back to power when necessary (power-to-heat-to-power). This LHTES considers silicon-based alloys as new phase change materials (PCMs) combined with novel solid-state heat to power conversion technologies able to operate at temperatures above 1000 °C, in particular hybrid ther-

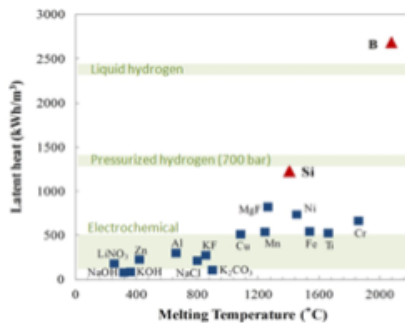


Figure 1. Latent heat of fusion of different materials as a function of the melting temperature

mionic-photovoltaic (TIPV) devices. Silicon-based alloys latent heat falls within the range of 1000-2000 kWh/m<sup>3</sup> and melting points far above 1000 °C. In Figure 1 the latent heat of fusion of different materials as a function of the melting temperature is shown. This figure illustrates the potential of silicon (1230 kWh/m<sup>3</sup>) and boron (2680 kWh/m<sup>3</sup>) compared with latent heats of typical salts used in CSP, such as NaNO<sub>3</sub> (110 kWh/m<sup>3</sup>) and KNO<sub>3</sub> (156 kWh/m<sup>3</sup>). Figure 1 also shows that silicon and boron PCMs provide higher storage energy densities than most forms of energy storage, including electrochemical batteries and pressurized hydrogen.

The main challenge of the proposed LHTES solution is the very high operating temperature, especially concerning the heat-to-power conversion system (TIPV device). Nonetheless, solid state converters, such as thermionics [4], thermophotovoltaics (TPV) [5,6] and hybrid thermionic-photovoltaics [7], are perfectly suited for such high temperatures, mainly because they are based on the direct emission of electrons and photons through space (non-direct contact), eliminating the need for a working fluid and moving parts. These

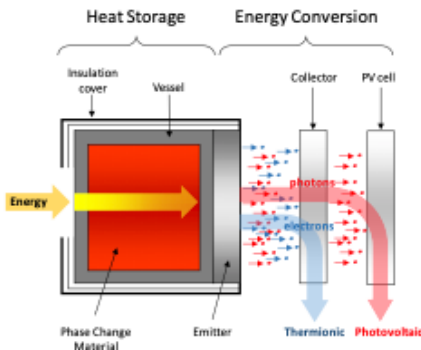


Figure 2. Sketch of the AMADEUS LHTES concept

converters also benefit from extremely high-power densities (power-to-weight and power-to-volume ratio), low maintenance costs due to the absence of moving parts, and silent operation. The latter is relevant for energy storage applications in an urban environment. Figure 2 presents a sketch of the LHTES concept

developed in the AMA-DEUS project. It can be observed how part of the energy storage will be converted into electricity by a hybrid TIPV device, while the remaining part is delivered in the form of heat (e.g. it could be used for hot water and/or heating appliances).

### **1.1. AMADEUS project**

AMADEUS is a FET-OPEN research project funded by the European Commission for the development of a new generation of ultra-compact energy storage devices based on molten silicon and solid-state heat-to-power converters [8]. The AMADEUS project final aim is to demonstrate the proof-of-concept of a new LHTES based on ultra-high temperature PCMs and solid-state heat-to-power converters. In order to reach the final goal of the project, a number of materials and technologies have been investigated, and two proofs of concept are scheduled:

- Novel PCMs based on the silicon-boron system with ultra-high melting point and latent heat,
- Novel refractory lining composites based on carbides, nitrides and oxides for the PCM container walls,
- Advanced thermally insulated PCM casing enabling small heat losses,
- Proof of concept of a novel hybrid thermionic-photovoltaic (TIPV) device [7],
- Proof of concept of the final complete LHTES device comprising the elements described above.

The project is subdivided into two main blocks: developing a high temperature heat storage unit and developing a high temperature energy conversion module. The first block comprises the study of silicon-boron PCMs, PCM-container interaction, heat transfer analysis in the PCM and thermal insulation. The research work on this first block is being developed at FRI and NTNU [8] and first

results of this research can be found in [9,10,11]. The second block of the project studies the high temperature operation of TIPV converters. All of the advances performed over the first years of the project will serve as a basis for the design and construction of a LHTES prototype during the last year of the project, which will allow demonstration of a proof of concept for the complete system. Analysis of the complex heat transfer mechanisms occurring inside the proposed PCM have being developed on the basis of the ANSYS® Fluent platform by CERTH [12]. Regarding heat transfer analysis of the overall system, a CFD model has been developed in COMSOL® [13]. Finally, energy conversion block activities are devoted to the proof of concept of the novel thermionic-photovoltaic (TIPV) device [7]. While both technologies (thermionic -TI- and thermophotovoltaic -TPV-) have been demonstrated separately by researchers participating in the project [14,15], the hybrid TIPV device has only been considered theoretically [7]. The TIPV device (Fig. 3) consist of a tandem arrangement between a thermionic and a photovoltaic cell, comprising two main elements: the TIPV cathode (or emitter) and the TIPV anode. The TIPV

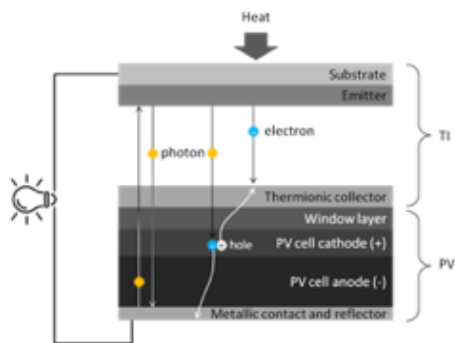


Figure 3. The thermionic-photovoltaic (TIPV) device

cathode is the radiating element; it irradiates electrons and photons when heated due to a low work function and high optical emissivity. The TIPV anode comprises the thermionic collector and the TPV cell; the former will absorb the electrons and the TPV cell will absorb the emitted photons,

generating an electron-hole pair. Electrons collected in the thermionic collector recombine with holes photo-generated in the TPV cell; thus, closing the circuit and series connecting the thermionic and photovoltaic sub-devices. Finally, the emitter and the TPV cell anode are externally connected to deliver external electrical power. The combination of both devices is expected to provide a significant increment of the power density compared with the independent thermionic and photovoltaic devices.

## 2. Lab-Scale Prototype

### 2.1. System model

In order to define the LHTES prototype design, a number of possible configurations have been modelled and analyzed; aiming for the best compromise in performance and simplicity at lab-scale. The problem definition (materials selection, thermal and mechanical analysis) was addressed, followed by a Computational Fluid-Dynamic (CFD) analysis in both steady-state and transient scenarios. Finally, on the basis of modelling results, analysis and discussion, a final prototype design has been proposed, that aims to maximize a merit function defined as the quotient between the radiated power towards the TIPV converter and the overall heat losses ( $P_{rad}/P_{tot}$ ).

The design proposed for the LHTES prototype is sketched in Figure 4; where the different elements and materials are indicated. The overall dimensions of the prototype are 40 cm

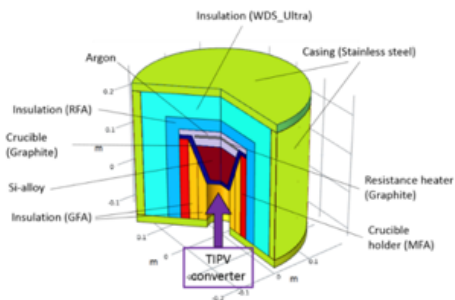


Figure 4. Proposed design and materials for the LHTES prototype



diameter and 37 cm high; the volume of silicon-alloy contained in the crucible is 0.5 L (~ 1.16 Kg Si). The external casing of the prototype is made of stainless steel. Graphite fiber board (RFA), fumed silica board (WDS Ultra) and graphite fiber mat (GFA) are considered as possible insulation materials. The crucible holder is made of a rigid graphite fiber board (MFA), and the crucible is made of high-density graphite. For the heat input during the charging stage of the prototype a graphite resistance heater was selected.

Relevant properties of the selected materials considered for the CFD simulations conducted are presented in Table 1; except for the thermo-chemical properties of the Si-alloy that are presented in Table 2.

In Figure 5 (left) the boundary conditions (BCs) and the heat transfer mechanisms for the thermal modelling are indicated. Conduction, convection and radiation phenomena are evaluated, accordingly, at all boundaries and in all volumes. BCs for the structural mechanical modelling are presented in Figure 5 (right). It can be observed that the insulation elements effect is disregarded (those are considered flexible) and that the remaining surfaces BCs are divided between free displacement and fixed boundaries.

| Material           | Thermal conductivity, k<br>[W/(K m)] |              | Max. operation<br>temperature [°C] | Thermal<br>expansion, $\alpha$<br>[m/K] |
|--------------------|--------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|
|                    | T = 25 °C                            | T > 1000 ° C |                                    |   |
| WDS                | 0.034                                | -            | 1000                               | -                                       |
| RFA                | -                                    | 0.3          | 2000                               | -                                       |
| GFA                | -                                    | 0.5          | 2200                               | -                                       |
| MFA                | -                                    | .03          | 2000                               | -                                       |
| Graphite           | 1.7                                  | 3.2          | >2500                              | 3.5 e-6                                 |
| Stainless<br>steel | 240                                  | -            | 940                                | 2.4 e-5                                 |
| A r g o n<br>(gas) | 0.02                                 | 0.05         | -                                  | -                                       |

Table 1. Properties of the LHTES prototype involved materials

| Property                                | Temperature [°C]     |           | Phase change<br>( $T = T_m$ ) |
|---|----------------------|-----------|-------------------------------|
|   | $T < T_m$            | $T > T_m$ |                               |
| Density, $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]    | 2535                 | 2520      | -                             |
| Thermal conductivity, $k$ [W/(K m)]     | 25                   | 50        | -                             |
| Heat capacity, $C_p$ [J/(kg K)]         | 1040                 | 1040      | -                             |
| Dynamic viscosity, $\mu$ [kg/(m s)]     | -                    | 0.06      | -                             |
| Latent heat, $L$ [J/kg]                 | -                    | -         | $1.8 \times 10^6$             |
| Thermal expansion coef., $\alpha$ [m/K] | $2.6 \times 10^{-6}$ | -         | -                             |
| Emissivity, $\epsilon$ [-]              | 0.7                  | 0.2       | -                             |

Table 2. Thermo-physical properties of pure silicon ( $T_m=1414$  °C), which is selected as the PCM for this model

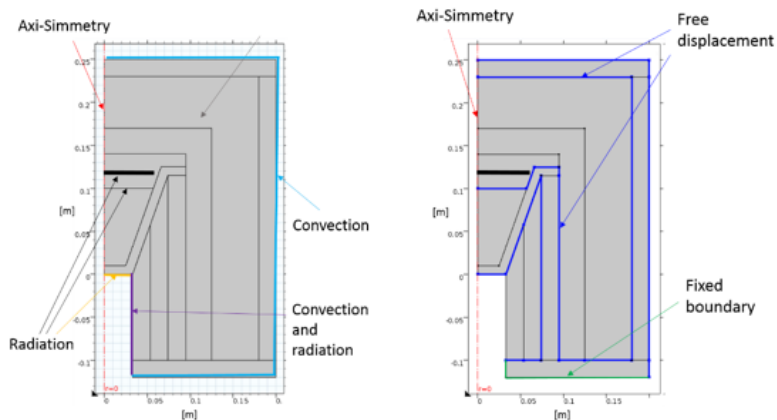


Figure 5. Boundary conditions and heat transfer mechanisms for the thermal calculations in the model (left), and BCs for the structural analysis modelling (right). Axi-symmetric view of the prototype

## 2.1. Steady-state and dynamic analyses

Steady-state calculations are conducted for the most demanding conditions during the prototype operation (prototype is fully charged), thus, when all the silicon-based PCM is melted. In Figure 6 (left), the temperature distribution of the LHTES prototype at this time is presented. The highest temperatures are at the heating element (1567 °C) and top surface of the silicon-alloy (1511 °C), and the temperature of the radiant surface towards the TIPV device (crucible bottom surface) is about 1103 °C. In Figure 6 (right), results of the thermal and structural mechanics analysis combined are presented. The von Mises stress criteria is used to evaluate whether the different materials will yield when subjected to the strains associated with thermal expansion [16].

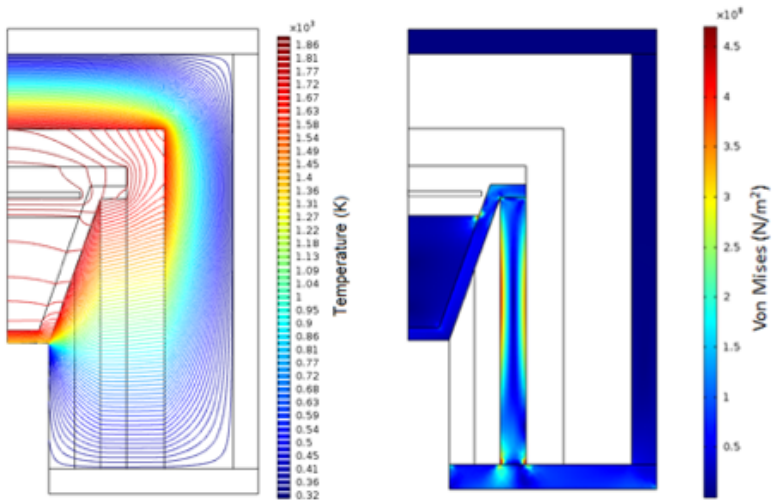


Figure 6. Temperature distribution (left) and Von Mises (structural mechanics analysis) when the system is fully charged (all Si-based PCM melted)

As mentioned above, this design was optimized aiming to maximize the merit function  $\text{Prad}/\text{Ptot}$  (expressed in percentage); which is obtained to be 62.9 %. This means that 62.9 % of the storage energy is available for the subsequent conversion by means of the TIPV device. It is worth mentioning that scaling up the system will result in significantly lower heat losses through the outer wall, due to the lower surface-to-volume ratio. For a real LHTES,  $\text{Prad}/\text{Ptot}$  ratios above 75-85 % are considered feasible (and above 90 % desirable) when scaling up the system and optimizing its design at the same time.

By means of transient simulations the discharge of the LHTES prototype was also modelled. The interest is in analyzing the temperature distribution, the length of the discharge periods and the rate of power generated.

In Figure 7, the temperature distribution along the vertical axis in the Si-alloy and crucible during discharge is presented; discharge takes 80 minutes. The silicon bottom (crucible bottom) temperature goes from 1414 to 1337°C (1103 to 1072°C), and according to an in-house (idealized) TPV model based on InGaAsSb semiconductor devices (bandgap of 0.51 eV), this is translated to a power generation per unit area in the range 3.85-2.94 W/cm<sup>2</sup> [17]. It must be noticed the important drawback of the large temperature gradient in the crucible. If TPV cells were operated at 1414 °C (temperature at point A in the inset of Figure 7), the power generation density (watts per unit of device area) would be as high as 11.4 W/cm<sup>2</sup> [17]. Besides, this power could be doubled by using TIPV instead of TPV up to ~20 W/cm<sup>2</sup> (1000 times greater than conventional solar PV cells) [7].

### 3. Potential applications

Thermal energy storage for power generation is almost exclusively used in concentrated solar power (CSP) systems, where the sun's

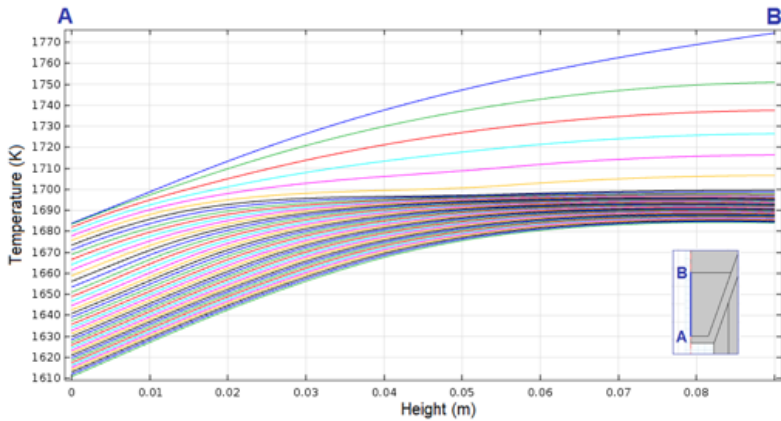


Figure 7. Temperature distribution along vertical axis in the crucible during discharge (time step: 120 sec)

energy is stored in the form of sensible heat in molten salts and converted upon demand into electricity using a conventional Rankine engine. The ultra-high energy density of molten silicon also opens the door to a new kind of application for thermal energy storage, which is the direct storage of electricity using an electric furnace for melting. Although thermodynamically counterintuitive, the extremely low prices of the electricity produced by renewable sources, such as wind and solar, are suggesting that using electricity for heating will become more economical than burning fuels. In this scenario, the proposed LHTES system could be used for electricity storage and co- or tri-generation in domestic applications (electricity/heating and electricity/heating/cooling). Besides, many other applications may appear in the future, including waste heat storage and recovery in industrial processes, space power storage and conversion, etc. [2].

In principle, the proposed LHTES device could cover from a few kilowatts-hour (kWh) of capacity for domestic applications to some megawatts-hours (MWh) in the case of large accumulators.

The authors of this work have also published in [3] further research work evaluating the implementation of a power-to-heat-to-power storage solution for the self-consumption of solar PV electricity in a dwelling in Madrid. In particular, assessing whether it is profitable to store solar PV electricity in the form of heat and convert it back to electricity on demand. Considering a number of technical and economic parameters, the proposed and studied solution comprises two kinds of heat stores: a low- or medium-grade heat store for domestic hot water and space heating, and a high-grade heat store for combined heat and power generation (silicon-based LHTES). Two cases are considered where the energy that is wasted during the conversion of heat into electricity is employed to satisfy either the heating demand, or both heating and cooling demands by using a thermally-driven heat pump. The comparison of these solutions against a reference case that relies on the consumption of grid electricity and natural gas and uses an electrically-driven heat pump for cooling is conducted. The results show that, under relatively favourable conditions, the proposed solution that uses an electrically-driven heat pump could provide electricity savings in the range of 70-90 % with a payback period of 12-15 years, plus an additional 10-20 % reduction in the fuel consumption. Shorter payback periods, lower than 10 years, could be attained by using a highly efficient thermally driven heat pump, at the expense of increasing the fuel consumption and the greenhouse gas emissions. Hybridising this solution with solar thermal heating could enable significant savings on the global emissions, whilst keeping a high amount of savings in grid electricity (> 70 %) and a reasonably short payback period (< 12 years) [3].

#### **4. Conclusions**

This article summarizes part of the work developed, and already published, in the context of the AMADEUS project towards a solar

photovoltaic (PV) power-to-heat-to-power energy storage solution. The main advantage of the concept relies on the extremely high latent heat of silicon and silicon alloys ( $\sim 1200 \text{ kWh/m}^3$ ) that clearly surpass most forms of energy storage, including batteries ( $< 500 \text{ kWh/m}^3$ ) and molten salts ( $< 100 \text{ kWh/m}^3$ ).

From CFD modelling and simulation of a small lab-scale prototype of a LHTES, relevant information about heat losses, materials and operation conditions of the proposed solution are obtained. The lab-prototype contains 0.5 litres of silicon, representing a latent heat storage capacity of  $\sim 615 \text{ Whth}$ . According to CFD simulations, solidification of silicon will last about 80 min, during which  $\sim 63 \%$  of the latent heat will be delivered as radiation towards the solid-state energy converter, which will convert part of this radiation into electricity. Assuming a conversion efficiency of 40 %, it means that 25 % of the stored latent heat will be retrieved as electricity. This relatively low conversion efficiency is mostly attributed to the small dimensions of the lab-scale prototype, characterized by a large surface-to-volume ratio that results in relatively large losses through the thermal insulation. Scaling up the system is expected to produce conversion efficiencies in the range of 30-40 %;

Examples of possible applications range from a few kilowatt-hour (kWh) of capacity to some megawatt-hours (MWh), in the case of large accumulators. The proposed system could be used for electricity storage (using electric furnaces) for co- or tri-generation in domestic applications, direct solar energy storage (CSP), and energy storage at industrial waste heat recovery systems, among many others.

Finally, research work evaluating the implementation of a power-to-heat-to-power storage (LHTES) solution for the self-consumption of solar PV electricity in an urban environment has also been conducted. Results indicate, that under relatively favourable conditions, the proposed solution could provide electricity savings in

the range of 70-90 % with a payback period of 12-15 years, plus an additional 10-20 % reduction in the fuel consumption.

### Acknowledgements

The project AMADEUS has received funds from the European Union's Horizon2020 research and innovation program, FET-OPEN action, under grant agreement 737054. The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the REA nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein. This work has been partially funded by the project MADRID-PV2-CM (P2018/EMT-4308), funded by the government of the Comunidad de Madrid with the support from FEDER Funds. A. Ramos acknowledges the Universitat Politècnica de Catalunya for her Serra Hunter Tenure Track professor post.

### References

- [1] CHALVATZIS, K. J.; & IOANNIDIS, A. (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Appl. Energy*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.010>
- [2] RAMOS, A.; DATAS, A.; CAÑIZO, C. DEL; & MARTÍ, A. (2018). Molten Silicon at the heart of a novel energy storage System. In *Proc. of the Silicon for the Chemical and Solar Industry XIV Conference, Norway*.
- [3] DATAS, A.; RAMOS, A.; CAÑIZO, C. DEL (2019). Techno-economic analysis of solar PV power-to-heat-to-power storage and trigeneration in the residential sector. *Applied Energy Journal*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113935>
- [4] HATSOPOULOS, G. N.; & GYFTOPOULOS, E. P. (1979). *Thermionic Energy Conversion*, 2 vols. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- [5] BAUER, T. (2011). *Thermophotovoltaics: Basic Principles and Critical Aspects of System Design*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19965-3>
- [6] CHUBB, D. L. (2007). *Fundamentals of thermophotovoltaic energy conversion*. Elsevier.



- [7] DATAS, A. (2016). Hybrid thermionic-photovoltaic converter. *Appl. Phys. Lett.*, 108, 143-503. <https://doi.org/10.1063/1.4945712>
- [8] AMADEUS Project. Website: <http://amadeus-project.eu/>
- [9] DATAS, A. et al. (2017). AMADEUS: Next Generation Materials and Solid State Devices for Ultra High Temperature Energy Storage and Conversion. *Solar PACES Conference*. <https://doi.org/10.1063/1.5067168>
- [10] POLKOWSKI, W. et al. (2017). Wetting Behavior and Reactivity of Molten Silicon with h-BN Substrate at Ultrahigh Temperatures. *J. of Materi. Eng. and Perform.*
- [11] POLKOWSKI, W. et al. (2018). Silicon and silicon-boron alloys as phase change materials in thermal energy storage units. *Silicon for the Chemical and Solar Industry XIV conference, Norway*.
- [12] DATAS, A. et al. (2017). Molten Silicon Storage of Concentrated Solar Power with Integrated Thermophotovoltaic Energy Conversion. *Poster, Solar PACES conference*. <https://doi.org/10.1063/1.5067099>
- [13] LANG, S. et al. (2017). Thermal Insulation of an Ultra-High Temperature Thermal Energy Store for Concentrated Solar. *Poster, Solar PACES conference*. <https://doi.org/10.1063/1.5067114>
- [14] BELLUCCI, A. et al. (2015). Preliminary characterization of ST2G: Solar thermionic-thermoelectric generator for concentrating systems. *AIP Conf. Proc.* <https://doi.org/10.1063/1.4922563>
- [15] DATAS, A. & ALGORA, C. (2013). Development and experimental evaluation of a complete solar thermophotovoltaic system. *Prog. Photovolt. Res. Appl.*, 21. <https://doi.org/10.1002/pip.2201>
- [16] HJELMSTAD, K. D. (2005). *Fundamentals of Structural Mechanics, Second Edition*. Urbana-Champaign. Illinois: Springer US.
- [17] DATAS, A. (2015). Optimum semiconductor bandgaps in single junction and multijunction thermophotovoltaic converters. *Sol. Energy Mat. Sol. Cells*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2014.11.049>



# **Avaluant la Usabilitat dels Entorns d'Aprenentatge des de la Perspectiva de l'Alumnat**

**Rosó Baltà Salvador**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resum**

En el camp de l'educació s'utilitzen sistemes de gestió de l'aprenentatge per oferir a estudiants i professors una plataforma en la qual poder-se comunicar, gestionar recursos i activitats i fer un seguiment sobre el procés d'aprenentatge. Diversos estudis posen en rellevància la importància d'oferir una bona experiència i usabilitat en aquestes plataformes per tal de proporcionar un entorn d'aprenentatge eficaç i millorar l'experiència educativa. Tanmateix, aquest fet es planteja com un repte, ja que es tracta de sistemes molt flexibles i encara no s'ha aconseguit una cultura generalitzada sobre la usabilitat en els entorns d'aprenentatge.

Per aquest motiu aquest estudi busca comprendre de manera qualitativa la perspectiva dels estudiants en relació amb la seva experiència en l'ús de sistemes de gestió de l'aprenentatge a partir del cas d'ús d'Atenea, l'entorn d'aprenentatge de la Universitat Politècnica de Catalunya. Per a realitzar la investigació s'ha dut a terme una enquesta i un grup de discussió amb estudiants de tercer curs de la UPC. Els resultats indiquen que la interfície actual ofereix funcionalitats que no s'utilitzen i que no es perceben de valor pels usuaris. També s'exposa que seria necessari unificar l'ús de la plataforma per tal de millorar la consistència entre les diferents assignatures. Finalment, es posa en manifest la necessitat d'incorporar professionals en l'àmbit del disseny d'interfícies en el sector educatiu per tal de seguir investigant en aquest camp i assegurar la usabilitat dels entorns d'aprenentatge.

**Paraules clau:** Learning Management Systems, User Experience, Usability

## 1. Sistemes de gestió de l'aprenentatge

Els avenços en les Tecnologies de la Informació i la Comunicació (TIC) han conduït al desenvolupament d'un gran nombre de productes digitals. En l'àmbit educatiu això ha suposat un impuls important, ja que s'han aplicat diverses eines digitals per millorar la qualitat de l'ensenyament i l'aprenentatge [1]. En particular, una tecnologia àmpliament utilitzada han estat els sistemes de gestió de l'aprenentatge (LMS), cada vegada més presents en les institucions d'educació superior [7]. Aquests sistemes s'encarreguen principalment de la gestió dels usuaris, recursos i activitats i del seguiment del procés d'aprenentatge. Els LMS ofereixen als professors i estudiants una plataforma integrada on poder interactuar digitalment i gestionar processos d'aprenentatge mitjançant un conjunt d'eines que els permeten compartir materials didàctics, comunicar-se, fer publicacions sobre esdeveniments, entregar tasques i qualificar-les, entre d'altres [9].

Actualment existeixen diversos tipus de sistemes de gestió de l'aprenentatge, alguns es poden obtenir de forma gratuïta (per exemple Moodle, Dokeos o Sakai) i altres són de pagament (per exemple Blackboard). Les característiques i funcionalitats que presenten aquests entorns són similars i es basen en la centralització i automatització de la gestió de l'aprenentatge, la flexibilitat, la interactivitat, l'estandardització, l'escalabilitat, la funcionalitat, la usabilitat, la ubiqüitat i la integració [14]. Cada una d'aquestes característiques és clau per tal que el sistema desenvolupi la seva tasca correctament.

### **1.1. Atenea, entorn d'aprenentatge basat en Moodle**

Moodle (*Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment*) creat per Martín Dougiamas, és un sistema LMS de codi obert considerat un dels més eficients i utilitzats actualment. Aquesta plataforma ha impulsat un gran nombre d'entorns d'aprenentatge i compta amb la confiança d'institucions i organitzacions com Microsoft, la Universitat Estatal de Nova York (State University of New York), l'empresa Shell, l'escola d'economia de Londres (London School of Economics), i la Universitat Oberta del Regne Unit (Open University). Moodle es proporciona de manera gratuïta com a programa de Codi Obert, sota la Llicència Pública General de GNU (GPL) pel que qualsevol persona o institució pot adaptar, ampliar o modificar el sistema [10].

Atenea és l'entorn virtual d'aprenentatge de la Universitat Politècnica de Catalunya que dona suport a la docència presencial desenvolupat utilitzant com a base tecnològica Moodle. L'Institut de Ciències de l'Educació és l'òrgan responsable de la plataforma i lidera les actuacions que fan referència al disseny funcional [4]. En aquest entorn es poden trobar les aules virtuals de les assignatures que s'imparteixen a la universitat permetent als estudiants i professors comunicar-se, compartir recursos, consultar els materials de les assignatures i lliurar i avaluar activitats, entre d'altres.

Atenea, es va posar en marxa de manera pilot el curs 2005/2006 en uns quants centres. En aquesta prova pilot hi van intervenir diverses unitats de la Universitat Politècnica per tal de coordinar, desenvolupar, instal·lar i mantenir la plataforma. El gener de 2006, una vegada finalitzada la prova pilot, el Consell de Govern de la UPC va aprovar la implantació de Moodle a tots els campus de la universitat de cara al següent curs acadèmic.

## 1.2. L'experiència d'usuari en els sistemes de gestió de l'aprenentatge

L'experiència d'usuari (UX), es defineix en l'ISO 9241-210 com les percepcions i respostes d'una persona que resulten de l'ús o ús anticipat d'un producte, sistema o servei [5]. D'acord amb la definició, l'experiència de l'usuari inclou totes les emocions, creences, preferències, percepcions, respostes físiques i psicològiques dels usuaris, comportaments i èxits que tenen lloc abans, durant i després de l'ús. Aquesta experiència s'obté com a resultat de les experiències anteriors dels usuaris, les seves actituds, habilitats, personalitat i context d'ús. En l'experiència d'usuari, la usabilitat es defineix, també a l'ISO 9241-210, com la mesura en què un sistema, producte o servei pot ser utilitzat pels usuaris per tal d'aconseguir objectius específics amb efectivitat, eficiència i satisfacció en un context d'ús determinat [5]. Per tant, una bona experiència serà aquella que satisfaci les necessitats i expectatives de l'usuari alhora que ofereixi una bona usabilitat [11].

Diversos estudis asseguren que en l'àmbit educatiu és molt important assegurar l'experiència i usabilitat que ofereix un sistema de gestió d'aprenentatge als alumnes, ja que la usabilitat de la plataforma contribuirà a millorar l'experiència d'aprenentatge dels estudiants i proporcionar un entorn d'aprenentatge eficaç i senzill [15]. Si una interfície educativa està mal dissenyada, farà que els usuaris se sentin perduts, confusos o frustrats i es convertirà en una barrera per a l'aprenentatge efectiu i la retenció de la informació. Un producte formatiu ha de representar una experiència gratificant per a l'alumnat, pel que garantir la usabilitat ha de ser un dels principals objectius dels dissenyadors i desenvolupadors d'aplicacions d'aprenentatge en línia. És necessari proporcionar als alumnes una interfície clara i coherent, amb una navegació simple i eficient que ofereixi una visió completa de l'organització dels continguts i de les funcionalitats del sistema [2]. Tot i això, la usabilitat en els LMS es planteja com un repte, ja que es

tracta de sistemes que ofereixen molta flexibilitat i opcions de personalització a tots els nivells, integrant diversos components procedents de diferents fonts i amb diferents propòsits o objectius [16].

Malgrat que en l'àmbit acadèmic es poden trobar alguns articles parlen sobre la importància de la usabilitat en els entorns d'aprenentatge, encara no s'ha aconseguit una cultura generalitzada ni un coneixement en profunditat sobre la usabilitat en el camp de l'educació. A més, alguns autors assenyalen que els estudis relacionats amb aquestes plataformes se solen centrar en la perspectiva del docent, el curs o la institució en comptes de centrar-se en els estudiants i les seves necessitats pedagògiques o aspectes qualitius [3, 6].

## **2. Objectius**

Aquest estudi busca analitzar de manera qualitativa la perspectiva de l'alumnat en relació amb la seva experiència en l'ús de sistemes de gestió de l'aprenentatge a partir del cas d'ús de la plataforma Atenea, amb l'objectiu de comprendre les necessitats i detectar millores en l'experiència i usabilitat.

El resultat d'aquest estudi serà valuós no només en l'àmbit acadèmic, sinó també en el sector de les TIC per als desenvolupadors i dissenyadors d'entorns d'aprenentatge, ja que les conclusions poden indicar alguns aspectes a tenir en compte en el disseny i implementació d'aquestes plataformes educatives.

## **3. Metodologia**

Per conèixer les necessitats dels usuaris reals d'Atenea i estudiar la usabilitat de la plataforma s'ha realitzat una enquesta basada en el model CSUQ (*Computer System Usability Questionnaire*). Aquesta s'ha

distribuït entre un grup de 23 alumnes de tercer curs de la Universitat Politècnica de Catalunya dels quals n'han respost 20.

L'enquesta està formada pels següents apartats:

- **Investigació sobre l'ús de les funcionalitats:** En primer lloc s'han llistat les funcionalitats principals de la plataforma i s'ha demanat ordenar-les segons la freqüència d'ús. També s'ha donat l'opció de marcar aquelles que no s'han utilitzat mai.

- **Investigació general sobre la usabilitat:** Per analitzar la usabilitat percebuda de la plataforma, s'ha utilitzat el model de qüestionari CSUQ (*Computer System Usability Questionnaire*) format per 19 afirmacions relacionades amb la usabilitat. En aquest cas, s'ha utilitzat una escala de 5 nivells en comptes de 7 per tal de simplificar-lo.

- **Investigació ampliada sobre la usabilitat:** Per tal d'obtenir informació més concreta sobre la percepció de la usabilitat de funcionalitats específiques de la plataforma, s'ha dissenyat una altra pregunta a partir d'afirmacions relacionades amb l'ús i usabilitat de diversos elements d'Atenea i un rang per a indicar el grau d'acord o desacord.

- **Ús de la plataforma mitjançant el dispositiu mòbil:** Finalment, s'han creat tres preguntes per conèixer com s'utilitza la plataforma en dispositius mòbils: la freqüència, les funcionalitats que consulten i si utilitzen el navegador o l'aplicació mòbil.

Per tal d'obtenir una visió qualitativa més profunda sobre la perspectiva dels estudiants en l'ús d'Atenea, s'ha realitzat un grup de discussió amb 10 dels estudiants que anteriorment havien contestat l'enquesta. La sessió ha durat una hora i s'ha dividit en dues parts:

- **Debat sobre la pàgina principal d'Atenea:** S'ha iniciat un debat sobre l'ús dels diversos elements i funcionalitats del tauler, aprofundint sobre l'experiència i usabilitat de la pàgina.



- **Debat sobre la pàgina de l'assignatura:** De la mateixa manera que en l'apartat anterior, s'ha iniciat un debat per entendre quins elements o funcionalitats de la pàgina de l'assignatura utilitzen i la seva percepció pel que fa a la usabilitat.

## 4. Resultats

### 4.1. Enquesta

#### 4.1.1. Funcionalitats

En la primera pregunta en què es preguntava quins elements o funcionalitats utilitzen més, els estudiants assenyalen que les funcionalitats que més utilitzen són: “Penjar els arxius d’una entrega”, “Visualitzar i descarregar el contingut d’una assignatura” i “Consultar les notes d’una entrega”, en aquest ordre.

Per altra banda, les que han obtingut una puntuació més baixa són: “Fer una cerca als fòrums d’una assignatura”, “Afegir un company/a als meus contactes”, “Consultar l’apartat d’avisos i notícies d’una assignatura”, “Participar en el fòrum d’una assignatura” i “Enviar missatges als companys/es d’una assignatura”, també en aquest ordre.

Cal destacar que en el cas de l’afirmació “Penjar els arxius d’una entrega”, un 95 % ho han posicionat en un dels tres primers llocs, la de “Visualitzar el contingut d’una assignatura” un 90 % i la de “Descarregar els arxius d’una assignatura” un 85 %, per tant es tracta de funcionalitats indispensables per la plataforma. Per contra, un 75 % d’usuaris han assenyalat que no han utilitzat mai la funcionalitat d’“Afegir als contactes a un company/a”, un 60 % “Fer una cerca als fòrums d’una assignatura” i un 55 % “Enviar missatges als companys/es d’una assignatura”, pel que caldria valorar si realment són funcions necessàries.

#### 4.1.2. Usabilitat

En la segona pregunta en què es demanava indicar el grau d'acord o desacord en relació amb un llistat d'afirmacions sobre la usabilitat d'Atenea, en general els estudiants es mostren força satisfets amb l'ús de la plataforma. Tanmateix, cap de les respostes arriba al 4 i moltes d'elles estan entre el 2,7 i el 3,4 pel que els estudiants no expressen una percepció de la usabilitat d'Atenea excessivament negativa, però tampoc positiva. En concret, les afirmacions amb les quals estan més d'acord són: “Puc completar les meves accions de forma efectiva mitjançant Atenea”, “Em sento còmode/a utilitzant Atenea” i “Ha estat senzill aprendre com utilitzar Atenea”.

Per altra banda, les afirmacions amb les quals s'han mostrat més en desacord són: “Atenea em proporciona missatges d'error que expliquen clarament com solucionar els problemes”, “La distribució de les diferents pantalles d'Atenea és clara” i “Sempre que m'equivoco quan utilitzo Atenea ho puc solucionar de forma ràpida i senzilla”. Cal destacar que les preguntes enfocades a la compleció de tasques tenen més puntuació que les que estan enfocades a la informació que dona la plataforma a l'usuari.

Una observació interessant és que els estudiants puntuen més alt l'afirmació “Puc completar les meves accions de forma efectiva mitjançant Atenea” que “Puc completar les meves accions de manera eficient mitjançant Atenea” o “Puc completar les meves accions de forma ràpida mitjançant Atenea”, per tant, tenen la percepció que Atenea els permet realitzar les seves accions però potser no sempre de la manera més eficient o ràpida possible.

Finalment, es pot observar que un 40 % pensen que Atenea no ofereix totes les funcions i prestacions que hauria de tenir. Al grup de discussió s'aprofundeix en aquest punt.

### 4.1.3. Ús

En el cas de la tercera pregunta en què es demanava indicar el grau d'acord o desacord en relació amb un llistat d'afirmacions sobre l'ús de la plataforma d'Atenea, en tractar-se d'afirmacions més concretes sobre les funcionalitats específiques, les respostes que s'obtenen tenen una puntuació més baixa que en la pregunta anterior.

Es considera rellevant el fet que entre un 85 % i 70 % s'hagin mostrat desacord amb les afirmacions següents: “Atenea em proporciona una visió clara del meu progrés acadèmic global”, “Atenea em proporciona visió clara del meu progrés acadèmic de cada una de les assignatures”, “La interfície m'ajuda a identificar en quin punt/tema de l'assignatura em trobo i quines són les tasques o materials en els quals m'he de centrar en cada moment”, “Tinc una visió clara de quines tasques he fet i quines tasques em queden per fer” i “Tinc una visió clara del pes de cada una de les tasques o entregues dins l'assignatura”.

### 4.1.4. Versió mòbil

En les tres últimes preguntes es preguntava sobre la freqüència en l'ús del telèfon mòbil per accedir a Atenea, les accions que acostumen a realitzar i si l'accés es fa des del navegador o amb l'aplicació mòbil.

Pel que fa a les preguntes relacionades amb l'ús de la plataforma en dispositius mòbils, un alt percentatge dels enquestats (45 %) indica que accedeixen setmanalment a Atenea mitjançant el mòbil i un 20 % de forma diària.

És important destacar que el 100 % dels estudiants indiquen que utilitzen el navegador per accedir a Atenea des del dispositiu mòbil en comptes de l'aplicació.

Finalment, les activitats que més desenvolupen quan accedeixen amb el mòbil són: “Consultar qualificacions”, “Consultar dates d'entrega” i “Descarregar o consultar materials de les assignatures”.

## 4.2. Grup de discussió

### 4.2.1. Consideracions generals

Els estudiants no utilitzen gran part de les funcionalitats d'Atenea i pensen que l'objectiu no és afegir més funcionalitats sinó reduir-les a aquelles realment útils. Tenen la percepció de què hi ha molts elements i funcionalitats d'Atenea que no aporten valor i que no utilitzen mai.

*“Més que el que té i el que no té, és el que es fa servir i el que no”*

A més, destaquen que no totes les opcions s'utilitzen correctament i fan especial èmfasi amb el fet que si no s'introdueixen les notes a Atenea, l'apartat de qualificacions apareix buit i llavors no aporta valor. Expressen que els agradaria que el professorat fes un ús unificat de la plataforma i que s'aprofitessin les eines que aquesta disposa, per exemple en la construcció i organització de les assignatures o en la manera d'introduir les notes en la plataforma.

### 4.2.2. Tauler

Troben confús i frustrant que per accedir a Atenea hagin de passar per diverses pantalles des que fan la cerca a Google i pensen que s'hauria de poder introduir directament el nom d'usuari i la contrasenya en la primera pantalla per poder iniciar sessió. No han utilitzat mai el certificat digital i la majoria no saben què és.

El que més utilitzen de la pàgina principal són les assignatures i alguna vegada han obert alguna de les notícies del lateral, però de manera puntual. El menú lateral de l'esquerra no l'utilitzen i es valora negativament. El fet que en comptes del nom de les assignatures aparegui un codi no és intuïtiu, i quan estan dins una assignatura els elements del menú canvien i apareixen tots els continguts de l'assignatura, pel que es fa molt llarg i és complicat trobar el que busquen.

No utilitzen els missatges interns d'Atenea, ja que utilitzen l'e-mail per comunicar-se amb el professorat i les xarxes socials i serveis de missatgeria per a comunicar-se amb els companys/es. A més, expliquen que obren directament els missatges d'Atenea des de l'e-mail i que prefereixen contestar-los directament des de l'aplicació de correu sense haver d'entrar a Atenea pel que troben molest que si ja han obert el missatge per l'e-mail, en entrar a Atenea els segueixi apareixent la notificació de color vermell en l'apartat de missatges.

*“Normalment ja has mirat l'e-mail abans de mirar els missatges i tot el que et surt aquí ja ho has llegit”*

Les notificacions de la capçalera no les han utilitzat mai i no recorden haver rebut mai cap notificació. Pel que fa al perfil els semblaria útil poder editar algun dels camps, com per exemple la fotografia. Expliquen que de vegades accedeixen a l'apartat de qualificacions des de l'e-mail, ja que si el professor/a introdueix la nota a Atena, els arriba un correu amb un enllaç per a obrir directament l'apartat. Això els sembla molt còmode, ja que d'aquesta manera no han de revisar periòdicament la plataforma per saber si tenen una retroacció.

En el mòdul superior del tauler hi ha molts elements que no utilitzen. L'únic que troben útil és el de pròxima aturada, tot i que consideren que es tracta d'un mòdul puntual i que no hi hauria de ser sempre. No entenen de què serveix l'apartat de cerca de cursos, ja que els apareixen assignatures d'altres titulacions i no hi poden accedir.

Indiquen que en la pàgina principal els semblaria útil poder visualitzar un calendari de tasques (desconeixen que Atenea ja disposa d'un calendari). Quan se'ls mostra el calendari d'Atenea, indiquen que els agrada que apareguin les tasques de les seves assignatures automàticament però que no els sembla útil tenir dues vistes del calendari en la mateixa pàgina i prefereixen veure només la vista mensual.

També els agradaria que es mostrés l'horari personalitzat per cada alumne/a indicant l'aula i professor/a de l'assignatura, ja que actualment ho han de buscar en la pàgina de la universitat, externa a Atenea.

Pensen que les assignatures haurien de ser més visibles i tenir elements representatius com colors o imatges per poder-les identificar més fàcilment. També consideren important que estiguin en la part superior de la pàgina per no haver de fer *scroll* per poder-les veure. Tot i que s'indica si hi ha entregues recents en la targeta, visualment els crida poc l'atenció i en la majoria dels casos passen de llarg sense veure-ho. Expliquen que els agradava un mòdul que hi havia anteriorment en la pàgina principal que indicava les entregues recents de les assignatures.

També valorarien positivament el fet de poder veure l'expedient acadèmic des d'Atenea, i en cas de no poder-se mostrar per qüestions tècniques, que hi hagués un enllaç directe a l'expedient que hi ha penjat a e-secretaria. També demanen enllaços al calendari lectiu, a prisma, a l'accés remot del SICT, al CITRIX i al calendari d'ocupació de les aules.

Finalment, destaquen que els agradaria poder accedir al material de cursos anteriors que ja han superat.

### **4.2.3. Assignatura**

En la pàgina de l'assignatura no els agrada que el logotip de la UPC estigui a l'esquerra de la capçalera perquè el cliquen per error quan volen retornar a la pàgina d'inici i els redirigeix a la web de la universitat.

Pel que fa al destacat lateral només utilitzen algunes de les funcions. El llistat de participants l'utilitzen per a buscar l'e-mail del professor, tot i això, moltes vegades prefereixen buscar el nom a Google o preguntar als companys/es. L'apartat de qualificacions de

L'assignatura el troben útil però no els agrada que en la versió mòbil quedi a baix de tot de la pàgina. No utilitzen ni la biblioteca de l'estudiant ni l'enllaç a l'OpenCourseWare, no saben que són. Alguns revisen el dipòsit d'exàmens per si hi ha exàmens penjats, però expliquen que alguns professors no l'utilitzen i que pengen els enunciats dels exàmens directament a l'assignatura pel que aquest apartat perd el sentit. Accedeixen a la guia docent però diuen que normalment no és útil, ja que no està actualitzada i no coincideix amb el programa real de l'assignatura.

L'apartat de grups no l'utilitzen i els genera confusió que estigui duplicat l'accés als participants de l'assignatura. Alguns revisen de tant en tant els apartats d'esdeveniments pròxims i activitat recent mentre que altres no s'havien adonat de que hi havia aquest mòdul. L'apartat d'últimes notícies per contra, el troben redundat amb el d'activitat recent i no els agrada que l'última notícia quedi fixa i no desaparegui fins que no n'hi ha una altra independentment del temps que faci que s'ha publicat.

*“A més no marxa, aquest missatge és del 4 d'abril i fins que no hi hagi una cosa més recent no marxarà.”*

En general no utilitzen els fòrums quan es plantegen com a canal de comunicació en les assignatures, ni per comunicar-se amb els companys/es ni amb els professors/es. Prefereixen altres canals com l'e-mail o les xarxes socials fora d'Atenea.

Consideren que seria útil que en la pàgina de l'assignatura es mostrés un apartat amb el nom del professor/a i el seu e-mail o l'enllaç per enviar-li un correu. Alguns indiquen que haurien d'aparèixer tots els professors/es que imparteixen l'assignatura.

*“Quan no saps com es diu el professor i ningú t'ho sap dir, vas als participants i mires la foto que no sembla un alumne.”*

L'apartat d'esdeveniments pròxims el troben interessant però és massa discret. Els agradaria que la informació fos més esquemàtica i

que indiqués clarament el dia i la tasca i/o els dies que queden perquè venci. Els genera confusió que en clicar aparegui una finestra, ja que la informació d'aquesta la troben redundant i prefereixen ser redirigits directament a la tasca.

També, indiquen que els destacats i indicadors del temps que queda per finalitzar una tasca són subtils i que sovint passen desapercebuts.

No els agrada que en el format mòbil alguns dels elements del lateral apareguin a la part de baix de la pàgina, sobretot les qualificacions, entregues recents i activitat recent. Tanmateix, tampoc els agrada la idea que pel fet d'haver de posar aquestes funcionalitats a la part superior i que el contingut de l'assignatura no els quedi accessible.

Alguns diuen que l'apartat d'activitat recent també es podria mostrar en la pàgina principal i indicar per colors de quina assignatura es tracta cada element.

Utilitzen el *breadcrumb* per navegar però no el troben intuïtiu, ja que hi ha elements que es poden clicar i altres que no.

Els agradaria que en accedir a l'assignatura els continguts que es mostressin fossin els que s'estan treballant aquell moment o que en la part superior apareguessin els continguts actuals per no haver de buscar al llistat de continguts el document o apartat. També els semblaria bé és que s'indiqués clarament què s'està fent actualment amb alguna etiqueta o element visual perquè buscar-ho fos més fàcil.

L'apartat de qualificacions és el que genera més controvèrsia, ja que el troben útil però indiquen que no tots els professors/es l'utilitzen pel que no apareixen totes les notes. També expliquen que sovint les ponderacions no coincideixen amb les de les tasques pel que la mitja que es calcula no és correcta i que les notes normalment apareixen de 0 a 100 però a ells els puntuen sobre 10.



## 5. Conclusions i proposta de futur

Aquest article presenta un estudi exploratori sobre la percepció de l'experiència de l'alumnat en entorns de gestió de l'aprenentatge per determinar quins elements aporten valor a l'experiència i identificar possibles problemes d'usabilitat. Conèixer aquests aspectes serà imprescindible per tal de desenvolupar sistemes fàcils d'utilitzar i que ofereixin una experiència educativa satisfactòria [11].

Els resultats exposats indiquen que hi ha la percepció generalitzada que la plataforma ofereix funcionalitats que no s'utilitzen i que no es perceben de valor pels usuaris. En el disseny d'interfícies és important evitar incloure opcions innecessàries, ja que generen una experiència complexa augmentant la fatiga i reduint la comprensió i eficiència del sistema [8]. Per aquest motiu, serà necessari identificar quins dels elements de la plataforma s'utilitzen i considerar l'opció d'eliminar aquelles funcionalitats no utilitzades o redundants.

Per altra banda, seria recomanable estandarditzar l'ús d'Atenea per part del professorat per oferir una experiència consistent als alumnes. El principi de consistència en el disseny d'interfícies assenyalava que és necessari oferir una experiència consistent unificant el funcionament i comportament dels elements per reduir la corba d'aprenentatge necessària i les possibles confusions generades [12].

Tenint en compte les limitacions de l'estudi a causa de la mostra reduïda i el seu caràcter qualitatiu, aquest s'hauria de completar amb investigacions més detallades i validar els resultats de manera quantitativa. També seria recomanable ampliar l'estudi amb la perspectiva dels docents i aprofundir en l'experiència en dispositius mòbils, ja que en alguns entorns d'aprenentatge aquesta encara no està al nivell de la que ofereix la versió d'escriptori [13].

Finalment, els resultats obtinguts posen en rellevància la necessitat d'incorporar professionals en l'àmbit del disseny d'interfícies en el

sector educatiu per tal de seguir investigant en aquest camp i assegurar que els entorns educatius donen resposta a les necessitats dels usuaris de manera satisfactòria.

## Referències

- [1] ALKHATTABI, M.; NEAGU, D.; & CULLEN, A. (2011). Assessing information quality of e-learning systems: A web mining approach. *Comput. Hum. Behav.*, 27, 862–873. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.11.011>
- [2] ARDITO, C.; COSTABILE, M.; DE MARSICO, M., LANZILOTTI, R.; LEVIALDI, S.; PLANTAMURA, P.; ROSELLI, T.; ROSSANO, V.; & TERSIGNI, M. (2004). Towards Guidelines for Usability of e-Learning Applications. In *User-Centered Interaction Paradigms for Universal Access in the Information Society*, 185–202, Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-30111-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-540-30111-0_16)
- [3] GARCÍA-PENALVO, F. J.; GONZÁLEZ, M. A. C.; FORMENT, M. A.; & GUERRERO, M. J. C. (2011). Opening learning management systems to personal learning environments. *J. UCS*, 17, 1222–1240.
- [4] ICE. Institut de Ciències de l'Educació. Memòria curs 2017-2018. <https://www.upc.edu/ice/ca/lice-de-la-upc/memoria-ice/memoria-ice-2017-2018.pdf>. Accés: 17 de Març, 2019.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2010). *Ergonomics of human–system interaction —Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO/DIS Standard No. 9241-210)*. <https://www.sis.se/api/document/preview/912053/>
- [6] LEI, J. (2010). Quantity versus quality: A new approach to examine the relationship between technology use and student outcomes. *British Journal of Educational Technology*, 41, 455–472. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00961.x>
- [7] LONN, S.; & TEASLEY, S. D. (2009). Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of learning management systems. *Computers and Education*, 53, 686–694. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.04.008>
- [8] LORANGER, H. (2015). *Simplicity Wins over Abundance of Choice*. <https://www.nngroup.com/articles/simplicity-vs-choice/>. Accés: 17 de Març, 2019.
- [9] MALIKOWSKI, S. R.; THOMPSON, M. E.; & THEIS, J. G. (2007). A model for research into course management systems: Bridging technology

- and learning theory. *Journal of Educational Computing Research*, 36, 149–173. <https://doi.org/10.2190/1002-1T50-27G2-H3V7>
- [10] MOODLE (2019). <https://moodle.com>. Accés: 17 de Març, 2019.
- [11] NIELSEN, J. (2012). *Usability 101: Introduction to usability*. Useit.com. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Accés: 17 de Març, 2019.
- [12] NIELSEN, J.; MOLICH, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proc. ACM CHI'90 Conf.* (Seattle, WA, 1-5 April), 249-256. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
- [13] STAMATIOS, P.; MICHAEL, K.; EIRINI, S.; & NIKOLAS, V. (2017). Access Moodle Using Smart Mobile Phones. A case study in a Greek University. In *2nd EAI International Conference on Design, Learning & Innovation, Heraklion, Crete, Greece*.
- [14] TORRAS, M. E. (2015). *Las plataformas LMS. Definición, características, tipos y plataformas más utilizadas*. Universidad Internacional de Valencia (VIU). [http://www.apega.org/attachments/article/1056/plataformas\\_lms.pdf](http://www.apega.org/attachments/article/1056/plataformas_lms.pdf). Accés: 18 de Març, 2019.
- [15] TSELIOS, N.; AVOURIS, N.; & KOMIS, V. (2008). The effective combination of hybrid usability methods in evaluating educational applications of ICT: Issues and challenges. *Education and Information Technologies*, 13, 55-76. <https://doi.org/10.1007/s10639-007-9045-5>
- [16] TURHANGIL, H. (2018). Heuristic Evaluation of E-Learning. *International Journal of Organizational Leadership*, 7, 195-210. <https://doi.org/10.33844/ijol.2018.60235>



## **Incorporación de Conocimiento Matérico en los centros preuniversitarios. UPC – ELISAVA (UPF)**

**Bernat Faura López de Haro**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Jose Luis Lapaz Castillo**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Javier Peña Andres**

ELISAVA. Director General

### **Resumen**

Estamos rodeados de materiales pero desconocemos en un grado asombroso de dónde proceden o cuáles son sus características principales. Somos usuarios y consumidores poco críticos con los productos que nos rodean y los procesos por los que han sido fabricados, hecho que el conocimiento, concretamente el de la materia, solucionaría en gran medida.

Éste proyecto nace de la necesidad de adaptar y renovar el conocimiento matérico en los centros pre universitarios para asegurar un conocimiento objetivo, veraz y estructurado.

Existe una problemática y debate global respecto al modelo pedagógico actual y su adaptación a la realidad. Esta investigación pretende focalizar y establecer los retos que rodean el conocimiento de la Materia en el público *K-12*<sup>5</sup>.

La publicación **The Future of Materials Science and Materials Engineering Education** (NSF<sup>6</sup>, 2009) ya hace años que proclama la

---

<sup>5</sup> K-12 es un término anglosajón para designar los alumnos que se encuentran en edades de hasta los 12 años.

<sup>6</sup> NSF (National Science Foundation, <https://www.nsf.gov/>)

necesidad de aproximar la ciencia de los materiales a la educación, como elemento fundamental para afrontar la compleja realidad multidisciplinaria y cambiante.

Con el objetivo de investigar la problemática presentada se ha analizado el estado del arte de los movimientos pedagógicos a nivel global y los desafíos que éste presenta en el campo de la Materia.

Se ha procedido a realizar un plan piloto con la **Escuela Lurdes**<sup>7</sup> de Barcelona, para generar un ambiente centrado en la transmisión de conocimiento matérico a alumnos de primero y segundo de primaria, mediante un método innovador e integrador basado en el aprendizaje mediante proyectos.

Este documento muestra las líneas básicas así como ejemplos de las primeras actividades realizadas en el centro y la reflexión y justificación del proyecto educativo en vías de desarrollo al mismo tiempo que intenta responder a las cuestiones siguientes:

- ¿Puede la materia ser un elemento conector multidisciplinar que ayude a la implementación de los nuevos modelos pedagógicos que se están trabajando en la actualidad?
- ¿Se puede entender la materia como un código primario básico para realización de transmisión de conocimiento eficaz?
- ¿Qué aspectos pueden ser clave para mejorar el modelo pedagógico actual por lo que a conocimientos de la Materia se refiere?
- ¿Puede la materia entrar en la escuela para formar parte de sus recursos didácticos?
- ¿Cómo se puede transmitir el conocimiento de la materia de manera que entendamos su percepción emocional y sensitiva?

## 1. Contexto pedagógico actual

Como indican la multitud de libros y documentación consultada, es un momento crucial en la historia de la pedagogía científica. Los autores (Clarís & Riley, 2012) del artículo **Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education**, relatan la situación del contexto previo por el cual se ha establecido la

---

<sup>7</sup> Escola Nostra Sra. De Lurdes (<http://www.escolalurdes.cat/>)

importancia de generar un cambio global en el modelo pedagógico actual.

Las vocaciones tecnológicas están decreciendo en la actualidad y los retos que plantea el futuro no hacen más que aumentar, por lo que existe una clara disrupción y problemática que hay que afrontar. Aspectos como el aumento exponencial de la población del planeta, el fin de los recursos naturales y el aumento de la contaminación, requiere de la necesidad de profesionales capaces de asumir los retos que se encontraran las nuevas generaciones. Es por ese motivo que la necesidad de perfiles transversales y completos se percibe más importante que nunca. Aspectos que promueve, entre otros, el movimiento STEM<sup>8</sup>, se han convertido en prioritarios para los estados de todo el mundo y de una relevancia vital.

La importancia del impulso de las profesiones tecnológicas es tal que recientemente, el gobierno de la Generalitat de Cataluña, ha realizado un plan de actuación, Plan STEMcat<sup>9</sup>, con la finalidad de impulsar las vocaciones científicas y tecnológicas.

El modelo actual ya está evolucionando hacia la dirección indicada como se puede constatar mediante el nuevo modelo pedagógico propuesto por la novaescola21<sup>10</sup> en el territorio catalán. Organización

---

<sup>8</sup> STEM, viene de las siglas en inglés Science, Technology, Engineering and Maths. Nace en 2005 como movimiento que agrupa distintas entidades, con el fin de impulsar esas competencias en la educación.

<sup>9</sup> STEMcat. (28 de febrero de 2017) Organización para el impulso de las vocaciones científicas, tecnológicas, en ingeniería y matemáticas para promover un aumento en el interés por estos estudios con el fin de elaborar el plan estratégico para poderlo desplegar en las aulas a partir del curso 2017-2018.

<sup>10</sup> Escolanova21 es una alianza que impulsa un proceso de trabajo conjunto entre escuelas, comunidad educativa, administraciones públicas, universidades e instituciones internacionales pero en un sistema educativo avanzado. <http://www.escolanova21.cat>

que no para de crecer y ampliar influencia a más niveles de la sociedad.

Estamos en un momento histórico dentro de la filosofía pedagógica, dónde la complejidad y rapidez con la que avanza la tecnología, obliga a un modelo pedagógico más eficaz y flexible centrado en generar los profesionales capaces de solucionar problemáticas transversales y cambiantes de modo multidisciplinar y creativo.

La Materia resulta un concepto clave en el entorno complejo y transversal que se presenta, por lo que hay que actualizar el modelo pedagógico tomando atención en el peso que ésta tiene y transmitir los conocimientos competenciales de modo eficaz.

De ese modo organismos como las bibliotecas de materiales o materiotecas, centradas en la generación de conocimiento de la ciencia de la Materia y su relación con el entorno que nos rodea, puede resultar una herramienta fundamental para la comprensión del conocimiento científico, y en concreto en la difusión de la Materia a la sociedad, objetivo principal de estudio del informe.

### **1.1. Estudio Recorrido competencial, centrado en el conocimiento Matérico**

En primer lugar se ha realizado un estudio del recorrido completo dentro el modelo educativo, para tener una visión general y cronológica del contenido relativo a la Materia. El objetivo es analizar todo el recorrido educativo, empezando por la educación primaria, la educación secundaria obligatoria (E.S.O.) y el bachillerato tecnológico, ya que es el más científico y por lo tanto el que más competencias relacionadas con la Materia tiene. El motivo por el cual se ha realizado el estudio de todo el ciclo completo y no solo educación primaria, es visualizar el volumen y desarrollo para analizar la coherencia y progresión en todo el recorrido.



El gráfico se ha obtenido mediante páginas web de recursos didácticos asociados a la comunidad de Madrid (<https://www.educa2.madrid.org/web/cesar.arenas>) y País Vasco (<http://cpperalta.educacion.navarra.es/ciclo2/tema-4-la-materia-y-los-materiales/>)

El objetivo no es centrarse en el temario concreto sino en el volumen como idea aproximada del peso académico.

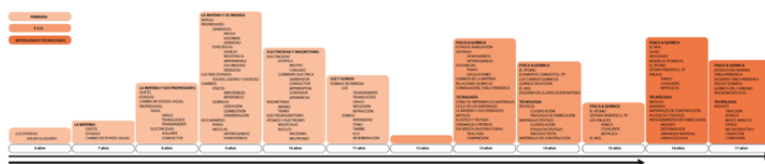


Figura 1. Gráfico del peso del conocimiento de la Materia a lo largo del sistema educativo español

Respecto a **educación primaria**, la mayor cantidad de contenido se establece en el segundo curso del ciclo medio, lo que correspondería a 4º de primaria. La progresión hasta ese punto es muy acelerada y basada en la repetición y suma de contenido como norma general.

También se observa que a partir de 4º la tendencia es claramente a la baja de forma clara y acentuada.

Una vez se entra en E.S.O. no aparece contenido de ningún tipo en el primer curso, por lo que los alumnos dejan de alimentar la estructura que tenían establecida. También aparecen nuevas asignaturas y otros cambios muy importantes debido al cambio de ciclo, que empeoran el nivel de conocimiento relativo a los fundamentos relacionados con la Materia de forma muy acentuada. Este punto resulta crítico en el desarrollo de la estructura del alumno a partir de los conocimientos recibidos.

Este vacío se ve contrastado por un volumen elevado de conocimientos en el segundo curso y una reducción paulatina de conocimiento hasta llegar a 4°. Cabe remarcar que, en el modelo estudiado para realizar el gráfico, el átomo, concepto fundamental para entender la Materia, no aparece hasta 3°. Ocurre el mismo fenómeno con la tabla periódica, la cual es fundamental para entender el código que rige los materiales y como se establece su clasificación. Por el contrario, la clasificación de los materiales se realiza en 2°; un curso antes de explicar la tabla periódica, hecho incoherente.

Dado que hay alumnos que escogen bachilleres no tecnológicos o científicos, su conocimiento obligatorio de los aspectos de la Materia finaliza en este punto.

Una vez entramos en el Bachiller Tecnológico, se observa el mismo fenómeno, es decir el primer curso tiene más temario que el segundo, por lo que el peso decae otra vez al acabar el ciclo.

## **1.2. Análisis de método de transmisión de conocimiento de la Materia en los centros universitarios**

Con el fin de estudiar el método de transmisión de conocimiento empleado, se han investigado cuales son los más utilizados según criterios de las Ciencias de la información. Esta rama de la ciencia estudia la práctica del procesamiento de información y la ingeniería de los sistemas de información. Tiene un fuerte vínculo con las ciencias de la computación. El campo estudia la estructura, algoritmos, comportamiento e interacciones de los sistemas naturales y artificiales que guardan, procesan, acceden y comunican información. También desarrolla sus propios fundamentos conceptuales y teóricos y emplea conocimientos desarrollados en otros campos.

En Ciencias de la Información, se constituyen como temas clave el estudio de los conceptos dato, información, conocimiento y sabiduría, a los cuales se los suele organizar bajo la forma de una pirámide de menor a mayor complejidad, ubicándose la sabiduría en el vértice, y los datos en la base.

De ese modo se establecen dos modelos básicos de transmisión de información:

En el modelo **BOTTOM-UP** las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo. Las estrategias basadas en el flujo de información “bottom-up” se antojan potencialmente necesarias y suficientes porque se basan en el conocimiento de todas las variables que pueden afectar los elementos del sistema.

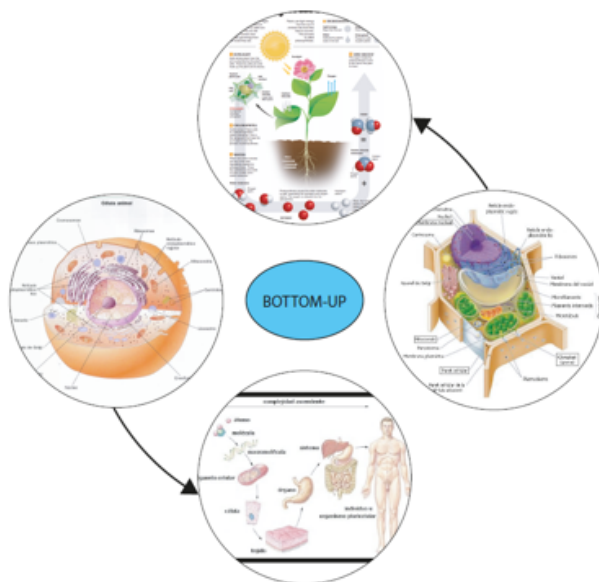


Figura 2. Ejemplos modelo Bottom-Up

En el modelo **TOP-DOWN** se formula un resumen del sistema, sin especificar detalles. Cada parte del sistema se refina diseñando con mayor detalle sin relación con otras partes.

Cada parte nueva es entonces redefinida, cada vez con mayor detalle, hasta que la especificación completa es lo suficientemente detallada para validar el conocimiento.

Analizados los contenidos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, se establece que el conocimiento en la mayoría de bloques dentro de la asignatura, como los seres vivos o el ser humano, se utiliza el modelo **BOTTOM-UP**, por lo que el conocimiento empieza en un nivel nuclear y poco a poco va aumentando mediante la relación de estos núcleos de conocimiento con otras estructuras más elaboradas. Generando conocimiento de la misma forma que el lenguaje escrito o musical.

En cambio, en el tema de la Materia el método es **TOP-DOWN**, por lo que los distintos conocimientos no se relacionan entre ellos ni se explican de modo ascendente. Es decir, desde el concepto básico hasta la relación que se establece con estructuras más complejas.

Se puede constatar que existe una clara incongruencia, ya que la mayoría de conocimientos impartidos en la misma asignatura tienen un modelo **BOTTOM-UP**, mientras que en la parte relativa a la



Figura 3. Ejemplos modelo Top-Down

Materia la transmisión de conocimiento, es, por el contrario, TOP-DOWN.

### **1.3. Reflexión estado de las competencias matéricas en el sistema pedagógico actual**

Al analizar el contenido curricular oficial, se observa que el contenido relativo a la Materia tiene las características siguientes:

- Los contenidos son muy genéricos y no están relacionados entre sí, ni tienen un orden concreto o lógico.
- No establece un ritmo de aprendizaje claro, ni ningún lenguaje para fundamentar los conocimientos.
- Pierde peso en el ciclo medio respecto al inicial. Eso se debe al concepto de la Energía que se describe sin relación alguna con la Materia. No se explica el fenómeno intrínseco de la Materia que genera el magnetismo.
- No relaciona conceptos como reciclaje o biodegradable con la Materia.
- Aparecen conceptos complejos (oxidación, fermentación, etc.) en el ciclo superior sin relacionarlos con los motivos que los causan a nivel interno de la Materia.

Relativo a la transmisión de conocimiento relativo a la Materia, se constata que existe incoherencia ya que la mayoría de conocimientos impartidos en la asignatura tienen un modelo BOTTOM-UP, mientras que en la parte relativa a Materia la transmisión de conocimiento es por el contrario TOP-DOWN. Esto implica que los conocimientos no quedan bien estructurados ni arraigados por parte del alumno. Éste hecho explica como los adultos de la sociedad actual tienen los conceptos relacionados con la Materia totalmente difuminados y mezclados.

El peso que tiene la Materia en la educación primaria está mal planteado y es incoherente con el resto del temario impartido dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza.

Estos datos son una prueba del nivel con el cual los alumnos empiezan la educación secundaria obligatoria. En dicho ciclo las bases no han sido implantadas y por lo tanto el grado de entendimiento es mínimo.

Por otro lado, la forma como se trata el concepto de la Materia no es coherente con el nuevo modelo pedagógico de la novaescuela<sup>21</sup>. La Materia, principio presente en infinidad de elementos, objetos y problemáticas que nos rodean, no es de justicia que no tenga más peso y una estructuración eficaz competencial en el plan oficial. Hay que remarcar su relevancia y relación con temáticas tan importantes en el presente y futuro como:

- El cambio climático.
- La nanotecnología.
- El reciclaje y los materiales biodegradables.
- La biomedicina.
- La tecnología de impresión 3D.
- Los materiales inteligentes y sus aplicaciones.
- La transmisión de datos.
- El grafeno, etc.

Una vez analizada la posición de la Materia, se intuye que el problema persistirá, aunque el modelo pedagógico evolucione, si no hay voluntad de modificar y actualizar el temario y los contenidos impartidos. Se entiende que el problema es el **CÓMO** el **QUÉ** y el **CUÁNDO**.

La Materia puede actuar como concepto fundamental y conector para establecer un proyecto vehicular a lo largo del curso que relacione infinidad de aspectos intrínsecos de otras asignaturas, pues

está relacionada con aspectos interdisciplinares, como es el arte, la historia, educación plástica, etc.

Por otro lado, no se concibe el entendimiento de la Materia si no se establece un código primario mediante método BOTTOM-UP, en el cual se utilice alguna adaptación de la tabla periódica, así como explicar el átomo y los enlaces a edades tempranas para asegurar la correcta estructuración en el conocimiento del alumno.

Esforzarse en crear un código relativo a la Materia resulta de vital importancia para generar un perfil de estudiante del s. XXI capaz de afrontar los retos actuales. Adaptar ese código al nuevo modelo pedagógico es fundamental para la comprensión interdisciplinar del mundo que nos rodea.

## **2. Estudio y generación de un código Matérico propio e implantación mediante un plan piloto**

Mediante la colaboración con personal docente de la escuela Lurdes de Barcelona, se establecieron una serie de objetivos para la realización del código que facilitara la transmisión de conocimiento matérico mediante el espacio de ambientes que siguen los centros con metodologías de aprendizaje interdisciplinar centrados en el enfoque constructivista basado en los proyectos, basado en corrientes pedagógicas fundamentadas en la publicación **Educational Research and Innovation The Nature of Learning Using Research to Inspire Practice: Using Research to Inspire Practice** .

De ese modo el equipo se formó por expertos en la Materia y pedagogos con el fin de diseñar las actividades que giren alrededor de un código que aporte conocimiento real y estructurado mediante metodología STEAM y siguiendo un sistema de transmisión de conocimiento Bottom-Up.

Después de realizar distintas reuniones el equipo estableció los elementos siguientes como los fundamentos para generar conocimiento estructurado alrededor de la Materia.

- El **Carbono**, es el elemento que materializa la vida
- El **Oxígeno** representa la respiración y por lo tanto la acción vital.
- El **Hidrógeno**, es la energía para la vida.
- El **Silicio** es el elemento que nos comunica con la tierra.
- El **Hierro** nos polariza.

Una vez establecidos los elementos a partir de la cual construir conocimiento matérico se procedió a pensar las actividades que justificarían y generarían el conocimiento.

El objetivo del proyecto es generar actividades que conecten las distintas competencias dentro del currículum pedagógico tales como la lingüística, matemática, de comunicación, artística, conocimiento del medio, etc. Por ese motivo es muy importante trabajar de mano de pedagogos con mucha experiencia con el fin de generar actividades donde las metodologías activas, el aprendizaje basado en proyectos, basado en la comprensión, los problemas, cooperativo se concrete mediante la generación y reflexión a través de un método científico.

## 2.1. Plan piloto. El Carbono

El código Matérico empieza con el Carbono como elemento inicial para la generación de conocimiento matérico por distintos motivos. El Carbono es el elemento fundamental en la Química orgánica y por lo tanto en todo aquello que respire y viva aspecto fundamental para la comprensión y que lo hace idóneo para ser el punto de inicio.



Mediante el carbono también se plantean preguntas relativas a aspectos más genéricos como la materia, de que se compone, la explicación del átomo y los elementos como punto inicial a partir del cual construir conocimiento.

De éste modo se generaron tres actividades que giraran alrededor del Carbono y que se fundamentaran en la experimentación y la investigación como promueve la metodología STEAM.

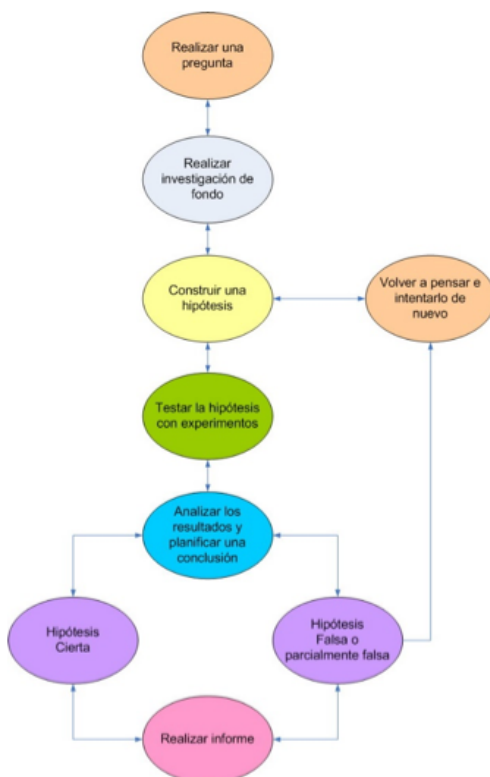


Figura 4. Método simplificado de las etapas del método científico (Wikipedia)

### 2.1.1. El Carbono Construye

Los objetivos de la primera sesión es Re-Conocer a través de la acción y la observación.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños se inicien en hacer una acción que repetida una y otra vez los lleve al entendimiento de un concepto y que, posteriormente, contemplando lo que han hecho puedan entender parte de la naturaleza del objeto de estudio. Es decir, conocer a través de la técnica.

En el taller los alumnos rompen trozos de pan para plantear dudas y observaciones de la materia al mismo tiempo que se les plantean las iniciales del código que aprenderán: C, O, H, Si y el Hi.

Los alumnos entran por primera vez en el laboratorio de la escuela y se les explican particularidades del espacio y sus posibilidades entre otros conocimientos.

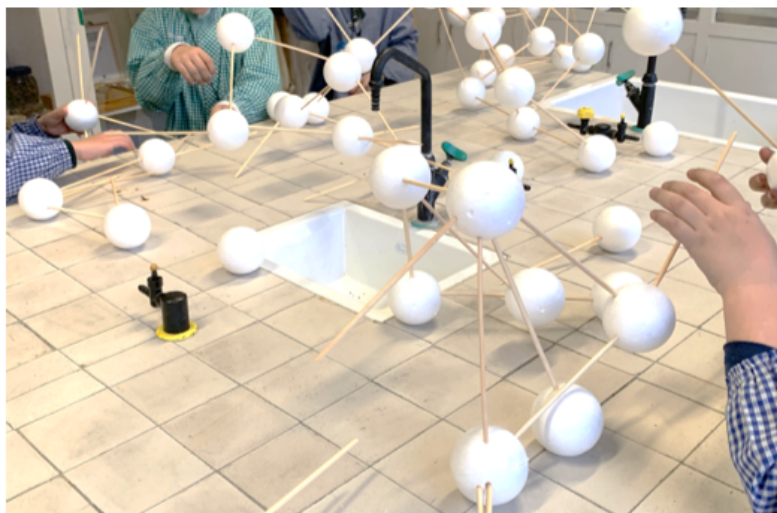


Figura 5. Primera sesión del ambiente Matérico

A través de la experimentación los alumnos han entendido que el Carbono en función de la disposición de sus átomos puede ser distintas cosas y todo ello des de la experimentación y estableciendo unas reglas muy claras y sencillas pera la generación de estructuras, el átomo de Carbono puede unirse a cuatro átomos más como máximo.

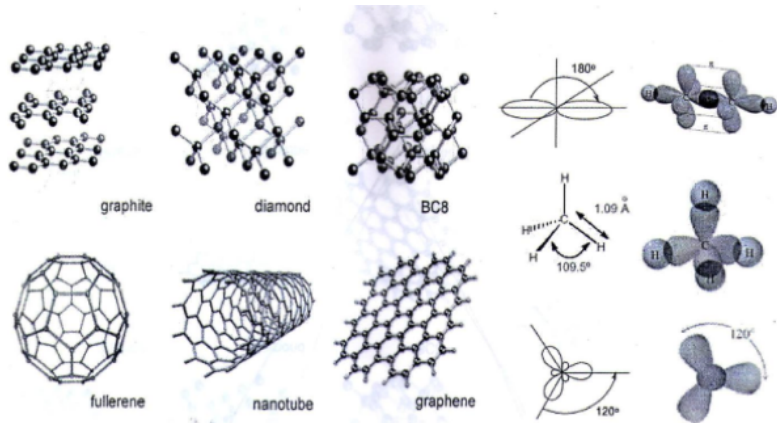


Figura 6. Estructuras del Carbono (Wikipedia)

### 2.1.2. El Carbono Ensucia

En la segunda sesión el objetivo es conocer a través del arte.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños descubran una de las naturalezas del carbono y que lo hagan a través de la creación artística y la experiencia estética.

En esta sesión los alumnos entendieron que el carboncillo es grafito, mediante una base teórica que reforzaba los conocimientos de la sesión anterior referentes a la estructura y al simular la estructura del grafito, formada por capas, entienden que al dibujar las capas se desprenden del material y quedan adheridas en el papel de forma experimental y real.

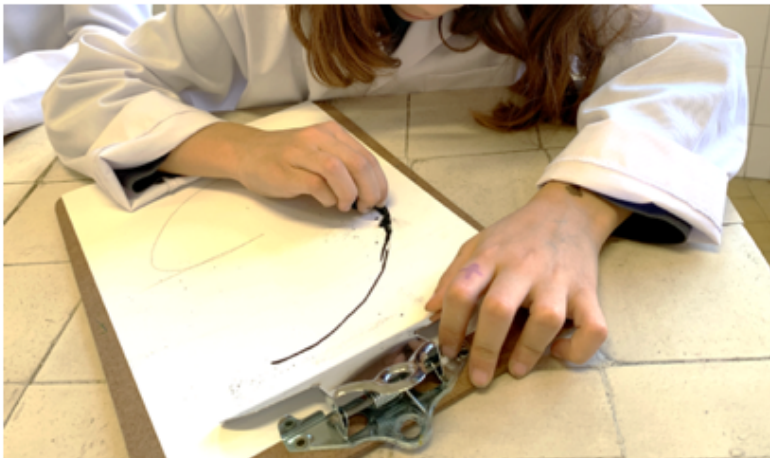


Figura 7. Segunda sesión del ambiente Matérico

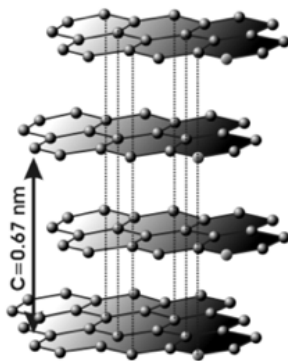


Figura 8. Estructuras del Grafito (Wikipedia)

### 2.1.3. El Carbono Filtra

Conocer a través de la ciencia.

En esta sesión hay un doble objetivo: Que los niños descubran una de las naturalezas del carbono y que lo hagan a través del método científico.

En esta sesión los alumnos hacen una previa donde se consolidan los conocimientos de las sesiones anteriores y se entra en el laboratorio con el objetivo de presentar herramientas nuevas para realizar la práctica como son utensilios típicos de medida como son el vaso de precipitados, una varilla de vidrio para mezclar, y se les avisa de que son objetos delicados y de precisión.

El objetivo de la jornada es que los alumnos mediante el juego y la experimentación realizan hipótesis sobre como separar productos mezclados en el agua con distintos utensilios entre ellos malla metálica, y otros objetos.



Figura 9. Tercera sesión del ambiente Matérico

El objetivo es que entiendan que el carbono activo es el único método capaz de separar y filtrar el agua mezclada con pigmento por sus características.

#### 2.1.4. Cierre y Reflexión

En la última sesión los alumnos hicieron una recopilación de todos los conceptos explicados con el fin de consolidar el conocimiento.

Generando preguntas respecto a aspectos como los átomos, la materia y el carbono. También de la necesidad de ordenar esos elementos mediante una tabla, la **Tabla periódica**, que poco a poco se irá introduciendo a los alumnos. Estas preguntas se plasmaron



Figura 10. Cuarta sesión del ambiente Matérico

mediante la grabación de los alumnos y sus reflexiones para poder analizar los resultados obtenidos y tener datos objetivos para generar un marco teórico mediante una investigación cualitativa, a medida que avance el plan piloto y se generen datos.

## **2.2. Conclusiones**

Una vez analizado el desarrollo de la generación del código Matérico formado por los cinco elementos que actuaran como las vocales del lenguaje escrito, el objetivo es establecer desafíos y oportunidades que generen una implementación en el modelo pedagógico actual, focalizado en el conocimiento, transmisión y estructuración de la Materia a lo largo del ciclo correspondido por educación primaria.

Con el fin de resolver las preguntas de investigación planteadas en el inicio del proyecto, se procederá a su análisis y reflexión aportando soluciones justificadas mediante el informe presentado.

### **¿Puede la materia ser un elemento conector multidisciplinar que ayude a la implementación de los nuevos modelos pedagógicos que se están trabajando en la actualidad?**

La Materia se ha constatado como modelo de transmisión de conocimiento eficaz y conector multidisciplinar que ayude a la implementación de nuevos modelos pedagógicos enfocados al público k-12. En primer lugar, porque la experiencia así lo corrobora, segundo porque es un activo de innovación y el tercero porque es todo lo que nos rodea, por lo que es muy fácil de entender el juego a través de lo cercano. Entender la realidad a través de la experimentación es un elemento fundamental de cualquier modelo pedagógico, y la Materia tiene todos estos condicionantes a su favor.

La Materia se está trabajando como si fuera algo muy abstracto cuando en realidad no lo es. Por ejemplo, es mucho más abstracto el

lenguaje numérico o escrito y la metodología impartida para su aprendizaje es un éxito contrastado.

Como elemento conector la Materia es clave, ya que conecta la vida con el aprendizaje del contexto en el que vivimos. No entendemos el contexto matérico que nos rodea porque el modelo pedagógico no tienen la capacidad de explicarlo de manera correcta.

### **¿Se puede entender la materia como un código primario básico para realización de transmisión de conocimiento eficaz?**

En la actualidad el código Matérico más conocido es el de la tabla periódica, pero no es entendible por la mayor parte de la sociedad y ha sido apropiado por la industria química, que no ha protegido el código como lenguaje básico, sino que se utiliza de forma compleja y poco entendible para la sociedad. Es necesario empezar a entender la Materia como un código independiente de la química, simple y claro. Explicándolo cuanto antes mejor y relacionado con el entorno que nos rodea y no de forma abstracta.

### **¿Qué aspectos pueden ser clave para mejorar el modelo pedagógico actual por lo que a conocimientos de la Materia se refiere?**

Es necesario ordenar el conocimiento, adaptarlo y trabajar de la misma forma que se trabaja en otros ámbitos. Cuando existe el conocimiento siempre se trabaja de modo Bottom-up y no Top-Down. Es la forma eficaz y contrastada de transmitir y estructurar el conocimiento. En la actualidad la Materia se trabaja de modo erróneo mediante Top-Down.. Hay que adaptar y ordenar el conocimiento mediante el modelo Bottom-up.



### **¿Puede la materia entrar en la escuela para formar parte de sus recursos didácticos?**

No hay duda, igual que los libros, debe formar parte del material pedagógico al alcance de los alumnos. Como se ha analizado en el informe, existe un modelo de éxito que ha revolucionado la difusión del conocimiento de la Materia a público profesional y universitario, las materiotecas. Hay que adaptar y modificar el modelo ya existente con el fin de incorporar muestras a las escuelas, en sus laboratorios o en las bibliotecas. Al mismo tiempo es importante generar sinergias, por ejemplo, la Materia puede estar dentro de los FabLabs, que a su modo deben estar dentro de las escuelas. Lo importante no es en qué lugar específico, sino que este dentro y hay múltiples posibilidades ya que los factores existen.

### **¿Cómo se puede transmitir el conocimiento de la materia de manera que entendamos su percepción emocional y sensitiva?**

La única respuesta posible es mediante la propia Materia. Es necesario tocar, experimentar, y sentir para entender y estructurar el conocimiento de la Materia de modo eficaz.

De este modo podemos afirmar que la Materia representa una oportunidad para estructurar conocimiento interdisciplinar en los centros pre universitario, ya que es coherente con las corrientes pedagógicas innovadoras de los educativos, como lo demuestra el éxito conseguido en el plan piloto realizado.

De igual forma es necesario seguir avanzando para completar las actividades programadas y analizar el impacto cualitativo en los alumnos y el grado de conocimiento adquirido y bien estructurado.

## Referencias

- BAZLER, J.; & VAN SICKLE, M. (2017). *Cases on STEAM education in practice*. Retrieved from <https://goo.gl/LbCEio> <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2334-5>
- CAREY, A.; DZIENGEL, A.; SCARDINO, A.; MARASHIAN, C.; ABRAHAM, D., CLARK, E. et al. (2016). *STEAM kids: 50+ science, technology, engineering, art, math hands-on projects for kids*.
- CHRISTENSEN, R.; KNEZEK, G.; & TYLER-WOOD, T. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) content and careers. *Computers in Human Behavior*, 34, 173–186. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.01.046>
- CLARIS, L.; & RILEY, D. (2012). Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education. *Engineering Studies*, 4(2), 101–120. <https://doi.org/10.1080/19378629.2011.649920>
- GU, J.; & BELLAND, B. R. (2015). Preparing Students with 21st Century Skills: Integrating Scientific Knowledge, Skills, and Epistemic Beliefs in Middle School Science Curricula. *Emerging Technologies for STEAM Education*, 8(2015), 39–60. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5>
- HANNA, D.; DAVID, I.; & FRANCISCO, B. (2010). *Educational Research and Innovation The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. OECD. Retrieved from <https://www.oecd.org/edu/ceeri/50300814.pdf>
- KARANA, E. (2010). How do Materials Obtain Their Meanings? *METU Journal of Faculty of Architecture*, 27(2), 271–285. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.15>
- KARANA, E.; HEKKERT, P.; & KANDACHAR, P. (2008). Material Considerations in Product Design. *Materials & Design*, 29(6), 1081–1089. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2007.06.002>
- KARANA, E., HEKKERT, P., & KANDACHAR, P. (2009). Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. *Materials & Design*, 30(7), 2778–2784. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.09.028>
- NSF (2009). *The Future of Materials Science and Materials Engineering Education*.
- PEÑA ANDÉS, J. (2009). *Selección de materiales en el proceso de diseño: La naturaleza de la materia, plásticos, metales, cerámicas, compuestos, materiales adaptativos, fibra óptica y materiales para rapid manufacturing*. Ediciones CPG. Retrieved from <https://goo.gl/44DXEw>
- SOUSA, D. A.; & PILECKI, T. (2013). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts.

YAKMAN, G. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *J Korea Assoc. Sci. Edu*, 32(6), 1072–1086. Retrieved from <https://goo.gl/Fpg0U9> <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>



# **Entorno Moodle adaptado para la tutorización grupal colaborativa de Trabajos Finales de Estudios**

**José Luis Lapaz Castillo**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Francesc Mestres Domènech**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria. Enginyeria de Projectes i de la Construcció (UPC)

**Bernat Faura López de Haro**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resumen**

El entorno de Trabajo Moodle se ha convertido en una herramienta imprescindible para la gestión integral de cualquier asignatura en los diferentes niveles educativos. En este comunicado se expone su adaptación para su uso en la dirección de Trabajos finales de estudio, en especial cuando el volumen de trabajos tutorizados es elevado. Se mostrarán sus ventajas e inconvenientes, así como su potencial y limitaciones.

### **1. Antecedentes**

La primera utilización del entorno de Moodle (ATENEA), se remonta a al curso 2015/2016. Se observó la gran cantidad de módulos y herramientas que incluye el entorno y que podrían ser válidas, también, para el control de los trabajos finales de estudios (grado y máster).

El espacio ATENEA (Moodle de la UPC) se denominó PFC/G/M (Curs total) con código de curso 2015/16-02:EET-3202016813E-CUTotal. Estaba encuadrado en la antigua *Escola d'Enginyeria de Terrassa* (EET) que, posteriormente, pasó a denominarse ESEIAAT, fruto de la fusión de las 2 escuelas tradicionales de ingeniería de la ciudad de Terrassa.

En los años sucesivos, el espacio se fue reutilizando y adaptando y se fueron incorporando los diferentes alumnos y alumnas tutorizados, incluyendo todos los datos significativos de sus respectivos trabajos.

| Año  | Alumnos tutorizados |
|------|---------------------|
| 2016 | 15                  |
| 2017 | 10                  |
| 2018 | 18                  |
| 2019 | 15                  |
| 2020 | 11 (provisional)    |

Tabla 1. TFGs/estudiantes por años

## 2. Características del entorno Moodle para TFE

El espacio debía de ser apto, tanto para los trabajos final de grado, como para los trabajos final de máster. No se incluyó la dirección de tesis doctorales por las particularidades que requieren y su mayor extensión temporal.

La matrícula se hacía mediante auto-inscripción por invitación mediante un código de acceso que suministra el profesor responsable. Este acceso tiene fecha de caducidad programable y que normalmente coincide con el período de matriculación del trabajo final de estudios.

Evidentemente no hay que abonar tasas por créditos, ya que no se trata de una asignatura al uso. En todo caso la equivalencia en

créditos ECTS está en 24 ECTS para los TFG y sobre unos 15 ECTS para los TFM. Si se trata de titulaciones de doble grado, se duplican los créditos.

También cabe destacar que, tanto la inscripción como el acceso son totalmente voluntarios para el alumnado tutorizado.

## **2.1. Estructuración del entorno**

Como apartados principales, el alumnado puede encontrarse con los siguientes, una vez accede al entorno de trabajo:

### AULA TFE – ESPACIO DE TRABAJO COLABORATIVO

#### APARTADOS GENERALES:

- INFORMACIÓN DE LA ASIGNATURA
- PRÓXIMOS ACONTECIMIENTOS
- ACTIVIDAD RECIENTE
- ÚLTIMAS NOTICIAS
- MENSAJES DEL PROFESOR

#### TEMAS PRINCIPALES:

- A.NORMATIVAS
- B.DOCUMENTACIÓN
- C.RECURSOS
- D.ESPACIO COMÚN
- E.EJEMPLOS DE TFE
- F.ARTÍCULOS Y TEXTOS DE CONSULTA
- G.CONCURSOS Y OTROS ACONTECIMIENTOS
- H.TFE DE CURSOS ANTERIORES

Vamos a ver los rasgos principales de cada uno de los ítems anteriores.

## ÁREA DE APARTADOS GENERALES

Aquí podríamos decir que se incluyen todas aquellas cuestiones y aspectos de tipo formal que caracterizan de alguna manera el entorno operativo. Configuraciones, notificaciones y otros aspectos más genéricos tienen cabida en esta parte del espacio MOODLE.

### Información de la asignatura

En este caso, no se trata de una asignatura al uso, sino que es un entorno de trabajo colaborativo. Es por ello que aquí no aparecen el código de la asignatura ni otros datos similares. Por el contrario, sí que se incorporan datos extraídos de la guía docente de los estudios.

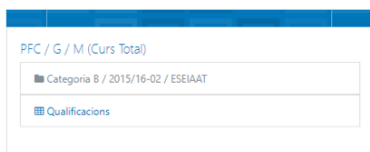


Figura 1. Datos generales del espacio ATENEA

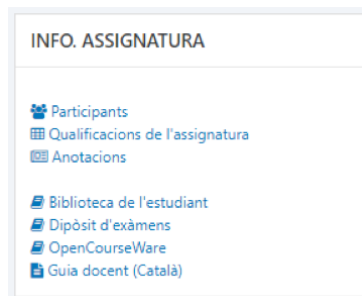


Figura 2. Información de la asignatura

### Próximos acontecimientos

Se trata de un recordatorio de eventos relevantes, ya sean entregas programadas, reuniones de tutoría, seminarios, conferencias, etc...



## Actividad reciente

Aquí quedan reflejadas las últimas acciones llevadas a cabo por parte del profesorado. Es una especie de historial por orden cronológico de realización. Esto permite una trazabilidad completa de las diferentes acciones llevadas a cabo.

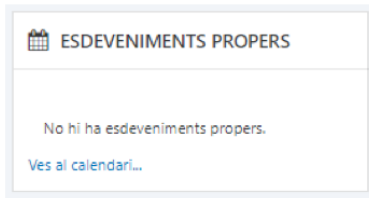


Figura 3. Próximos acontecimientos



Figura 4. Actividad reciente

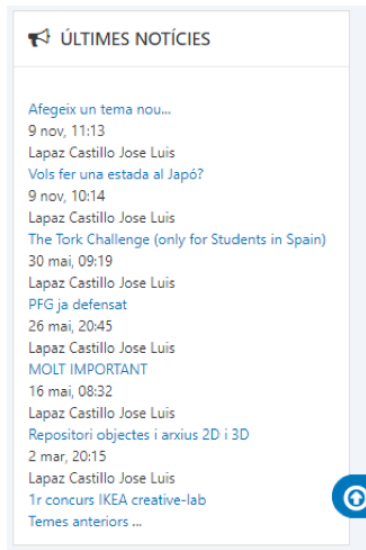


Figura 5. Últimas noticias

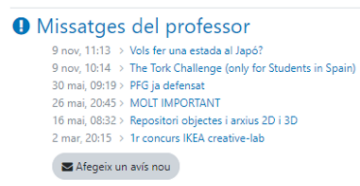


Figura 6. Mensajes del profesor al alumnado

Incluye la posibilidad de generar un informe detallado y temporizado de todas las acciones de interacción ejecutadas por todos los *stakeholders*.

### **Últimas noticias**

Como indica su nombre, se muestran hechos relevantes, tanto de ámbito local, como a nivel de toda la universidad. Normalmente este módulo va conectado a otros módulos de noticias de unidades básicas académicas: departamentos, centros docentes, institutos de investigación y, en último extremo, las noticias generales de la universidad.

### **Mensajes del profesor**

Cronología de notas y comunicados de interés para todo el grupo de participantes por parte del profesorado y que no se circunscribe únicamente a temas de TFE.

## **TEMAS PRINCIPALES**

Éste es el *core* del entorno de trabajo. Aquí se incluyen todos aquellos apartados relevantes desde un punto de vista funcional.

### **A. NORMATIVAS**

Se incluyen aquí fechas y datos relevantes a tener en cuenta.

También existe la posibilidad de incluir documentos (calendarios, guías, reglamentos, pautas, etc.) en diferente formato relacionadas con el trabajo final de estudios.

### **B. DOCUMENTACIÓN**

Directrices, pautas a seguir y otros documentos relevantes.

## A. NORMATIVES

Dades, dates i referències a tenir en compte

- UPC - TFG, TFM directrius i normatives de publicació a tenir en compte
- ESEIAAT - Intranet Treballs Finals (Grau i Màster)
- ESEIAAT - Reglament per als Treballs de Fi d'Estudis (Grau i Màster)
- ESEIAAT - Guia de procediments per als Treballs de Fi d'Estudis (Grau i Màster)
- ESEIAAT - Calendari Treball Fi de Grau (CURS 2019-2020)

### NOVETAT:

A partir del curs 2018-2019, en el cas de titulacions de Grau que tenen continuïtat directa amb Màsters impartits a l'ESEIAAT, l'estudiantat disposarà, a més del Director/a, d'un/a Tutor/a, que supervisarà l'assoliment dels objectius marcats en el TFG dins del termini previst.

Les titulacions de Grau a les que s'assignarà un/a Tutor/a són les següents:

- Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials
- Grau d'Enginyeria en Tecnologies Aeroespacials
- Grau en Enginyeria de Disseny Industrial i Desenvolupament del Producte

Això comportarà unes entregues i un seguiment paral·lel per part del Tutor/a

Us adjunto la presentació sobre aquest tema que es va realitzar el 12/09/2018 i la plantilla per realitzar la primera entrega al Tutor/a:

- SESSIO INFORMATIVA TFG - REV180912\_1.0
- TFG charter template-1

Figura 7. Normatives

## B. DOCUMENTACIÓ

Directrius i altres documents rellevants

- Treballs acadèmics UPC - Publicar en obert
- Instruccions bàsiques
- Proposta continguts memòria PFG (Disseny)

### IMPORTANT:

Us adjunto unes indicacions importants, extretes de la web de l'escola, en relació a la memòria del PFG:

*Per que fa al contingut qualitatiu, ha d'incloure els elements característics d'un projecte o estudi d'enginyeria, els quals, en el sentit més ampli, són:*

- ✓ Introducció – Objecte / Abast / Requeriments / Justificació i utilitat.
- ✓ Desenvolupament – Antecedents i/o Estatde l'Art / Plantejament i selecció d'alternatives
- ✓ Desenvolupament de la solució proposada.
- ✓ Resultats – Resum econòmic / Implicacions ambientals / Planificació i programació / Conclusions i recomanacions / Bibliografia i normativa.

*Cal distingir entre els projectes que defineixen un determinat producte, una instal·lació o una operació industrial, estudis teòrics o empírics, i els que arriben a la construcció del mateix producte o prototip. En aquest cas, el prototip es considera, a l'efecte de valoració, com a part integrant del projecte.*

L'enllaç és el següent (també hi apareixen els terminis)

<https://eseiaat.upc.edu/ca/estudis/normatives/normatives-ee/normativa-proje-final-grau>

També us recordo que el Diagrama Gantt és obligatori.

- Rúbriques/Questionari d'avaluació del PFG

Figura 8. Documentació

## C. RECURSOS

Enlaces interesantes actualizados y repositorios de utilidad

### C. RECURSOS

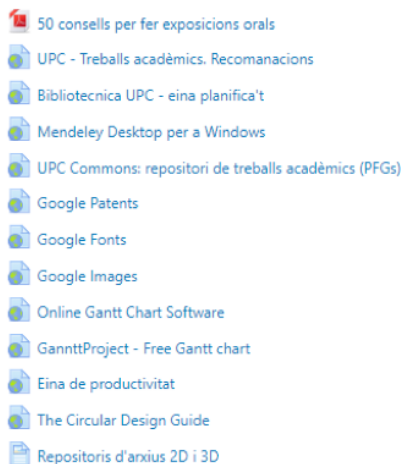


Figura 9. Recursos

## D. ESPACIO COMÚN

Zona de trabajo común compartido con acceso a un foro general de participación.

### D. ESPAI COMÚ

Zona de treball comú compartit

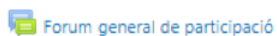


Figura 10. Espacio común colaborativo

## E. EJEMPLOS DE TFE

Desde esta zona del portal, se puede acceder directamente al repositorio UPCommons. Una vez allá, se pueden aplicar filtros de búsqueda para encontrar ejemplos de trabajos final de estudios que puedan ser relevantes.

El único inconveniente es que muchos de estos trabajos tienen su acceso restringido por decisión propia del autor o autores. Entre los motivos cabe destacar la confidencialidad en la mayoría de trabajos finales de estudio ligados a empresa y en el resto de casos que conllevan innovaciones factibles de ser patentadas o explotadas.



Figura 11. UPCommons

## F. ARTÍCULOS Y TEXTOS DE CONSULTA

Principalmente documentos de referencia de los cuales extraer información y citas relevantes de cara a la confección de la memoria.

### F. ARTICLES I TEXTOS DE CONSULTA



Figura 12. Documentos varios para consultar

## G. CONCURSOS Y OTROS ACONTECIMIENTOS

Todos aquellos eventos que se realizan durante el período de matriculación susceptibles de ser considerados por parte del alumnado como promoción personal o, incluso en el contexto de la propia tutorización, como pretexto y justificación de la realización de determinados trabajos finales de grado y de máster.

### G. CONCURSOS I ALTRES ESDEVENIMENTS



The Tork Challenge (only for Students in Spain)  
Join us and contribute to the future success of professional hygiene!

Teams

1 - 5 people

More information...

<https://www.esityuniversitychallenge.com/en/challenges/the-tork-challenge-spain>

Figura 13. Concursos y otros

## H. TFE DE CURSOS ANTERIORES

Se enumeran los TFE defendidos, agrupados por años en los que fueron convocados e indicando título, autor, grado o grados y postgrados relacionados (para el caso de trabajos finales de máster.

### 3. Conclusiones

Creemos que se trata de una buena herramienta de soporte por diferentes motivos:

- Permite una interacción plena y multicanal: tutor-alumno, tutor alumnos, alumno-alumno y alumnos-alumnos.
- Simplifica trámites y procesos comunes y repetitivos que afectan a todo el alumnado tutorizado, en especial por la economía de escala que se genera.
- No interfiere con otras herramientas de soporte a la tutorización de TFEs, más bien al contrario, se potencian entre ellas.

44 TFEs CURSOS ANTERIORS

2019

1. Bellesguard Trinxell Ferraz: Disseny integrat de un pargue industrial (Sistemes i Infraestructura i la Realitat Virtual) (2019/NE2)
2. Nubi Sánchez García: Realització de una fulla de càlcul de construcció (2019/NE2)
3. Anna Caparrós Barrio: Disseny i desenvolupament d'un mòdul fotogràfic en un automàtic (2019/NE2 - Realitat impresa)
4. Mireia Ferreras Gilhara: Disseny, anàlisi i desenvolupament d'elements per a la realització de la caracterització de geometria adaptada d'objectes
5. Mireia Ros Tàrrades: Algorismes de disseny d'estructura en 2D amb disseny i generació de materials personalitzats
6. Marc Ferrer González: Disseny de mecanismes amb cinemàtica a partir de sistemes de punts de pivots i rotació al voltant d'axos
7. Ana Requena Nieto: Disseny d'una estructura amb cinemàtica adaptada
8. Carolina Rodríguez Nieto: Disseny d'una estructura mecànica per a "transportar" targetes amb càlculs
9. Edoard Ferreras Ferreras: Disseny i desenvolupament d'un producte que permeti el transport de la informació dels dispositius sense necessitat de cablejat
10. Laura Sánchez López: Disseny i realització de les modificacions de un rellotge de mà i desenvolupament d'un producte amb un sistema de registre de dades i registre de dades
11. Lluís María Ferrer: Disseny de disseny integrat d'un dispositiu amb IoT (2019/NE2 - Realitat impresa)
12. Ricard de Nadalles Sadrià: Disseny i realització de un conjunt per la realització de codis barres amb un dispositiu (2019/NE2 - Realitat impresa)
13. Oscar Muñoz Galarraga: Disseny i desenvolupament d'un dispositiu per a la realització de codis barres amb un dispositiu (2019/NE2)
14. Mireia Ventura González: Disseny de mecanismes d'un dispositiu amb un sistema de registre de dades i registre de dades amb un dispositiu "Real-time"
15. Mireia Sánchez Galarraga: Disseny i realització de dispositius amb un sistema de registre de dades i registre de dades amb un dispositiu "Real-time"

2018

1. Mireia González Ferrer: Disseny de mecanismes (Concepte i Disseny) (2018/NE2 - Paper)
2. Sandra Galán García: Disseny de mecanismes (Concepte i Disseny) (2018/NE2 - Disseny)
3. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (Paper)
4. Anna González Ferreras: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (Paper de Disseny)
5. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (Paper de Disseny)
6. Ana Sánchez Ros: Disseny d'un dispositiu amb cinemàtica adaptada (2018/NE2)
7. Sergio Sorral Ferrer: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
8. Oscar Muñoz Galarraga: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
9. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
10. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
11. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
12. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
13. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
14. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
15. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
16. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
17. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
18. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
19. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)
20. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2018/NE2)

2017

1. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
2. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
3. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
4. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
5. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
6. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
7. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
8. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
9. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
10. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
11. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
12. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
13. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
14. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
15. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
16. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
17. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
18. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
19. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)
20. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2017/NE2)

2016

1. Laura Sola López: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
2. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
3. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
4. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
5. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
6. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
7. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
8. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
9. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
10. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
11. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
12. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
13. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
14. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
15. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
16. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
17. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
18. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
19. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)
20. Mireia Ros Tàrrades: Disseny de un dispositiu amb cinemàtica adaptada i realització (2016/NE2)

Figura 14. Listado de enunciados y autores de TFE anteriormente presentados.

Nota: Observación: por motivos de confidencialidad, se han difuminado los datos del listado

- Al estar implementada en código abierto, es posible incorporar módulos adicionales que amplíen las posibilidades del entorno como, por ejemplo, el video chat y la videoconferencia.

- Puede ser recuperada, adaptada y mantenida para cada curso académico, independientemente de la tipología y volumen de alumnado inscrito y tutorizado.

- Su característica asíncrona la hacen más polivalente y funcional, ya que no la hacen condicionada a utilizarse en el mismo momento comunicativo.

- Se pueden encontrar multitud de experiencias similares en la red de las que extraer conclusiones y buenas prácticas, tanto para trabajos final de grado, como de máster.

## Referencias

- ATENEA TFE. Plataforma de soporte a los Trabajos Finales de Estudios (2020). <https://atenea-tfe.upc.edu/login/index.php?lang=ca>
- BIBLIOTECNICA. LA BIBLIOTECA DIGITAL DE LA UPC. (2020). <https://bibliotecnica.upc.edu/>
- ESPACIO PFC G/M CURS TOTAL (2020). <https://atenea.upc.edu/course/view.php?id=32636> (se requiere acreditación y autorización previa de acceso)
- LÓPEZ, C.; SÁIZ, J. M.; PARDO, C.; DÍEZ, J. F.; MAUDES, M.; & MARTICORENA, R. (2012). Módulo MOODLE: trabajos fin de grado. *VI Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Burgos*, Burgos.
- MOODLE (2020). <https://moodle.org/?lang=es>
- RODRÍGUEZ, M.; RUBIO, G.; PÉREZ, J. M.; MÉNDEZ, M. T.; GRANADOS, F.; & CRISTÓBAL, J. (2015). Gestión virtual de Trabajos Fin de Grado o Máster a través de Moodle 2.6 y redes sociales. [Proyecto de Innovación Docente], Universidad Complutense, Madrid.
- TFE (ESEIAAT) (2020), <https://esciaat.upc.edu/ca/estudis/treballs-fi-destudis>



# **Materials a base de Partícules de Lignina Consolidats amb Nanofibres de Cel·lulosa: Aplicació com a Membranes de Microfiltració Antioxidant**

**Oriol Cusola Aumedes**

Grup CELBIOTECH. ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Orlando Rojas**

Aalto University, School of Chemical Engineering. Finlàndia

**M. Blanca Roncero Vivero**

Grup CELBIOTECH. ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resum**

En aquest treball introduïm un nou tipus de membrana a base de partícules mitjançant la combinació de partícules de lignina (PL) i nanofibres de cel·lulosa (NFC), les quals s'introdueixen en fraccions de petit volum. Les sinergies inherents a la lignina i la cel·lulosa en les plantes s'aprofiten per produir materials amb baixa energia superficial i que es poden fer resistents a l'aigua amb l'ajuda d'agents de resistència en humit (ARH). En el treball fem èmfasi en l'habilitat d'aquests materials per ser utilitzats en separació antioxidativa (inhibició del radical  $ABTS^{\bullet+}$ ). Es produeixen membranes amb estructura porosa uniforme que permeten l'oxidació de l'efluent a raó de 95 mL/cm<sup>2</sup>, demostrant, per primera vegada, l'ús de partícules de lignina no modificades en membranes flexibles per a microfiltració activa. Les propietats inherents a la lignina, incloent la capacitat de bloqueig de radiació UV i la reducció de l'energia superficial s'exploten encara més en el desenvolupament d'arquitectures adaptables i autoportants formades gairebé íntegrament de PL (contingut de sòlids fins a 92 w/w%).

## 1. Introducció

Els materials sintètics han permès resoldre moltes de les necessitats de la nostra societat industrialitzada. Tanmateix, actualment s'estan fent esforços per tal d'adoptar materials i compostos de base biològica, que puguin ser utilitzats com a alternatives als que es basen en els recursos fòssils. Uns bons candidats són els biopolímers vegetals. Aquests biopolímers inclouen la lignina, un polímer d'estructura reticulada format a partir d'unitats de fenilpropà unides a través d'enllaços intermoleculars. Degut al desenvolupament natural de la biogènesi vegetal, la lignina ha evolucionat fins a contribuir amb diversos rols, inclosos els relacionats amb la integritat estructural i les propietats funcionals. Aquests últims inclouen la protecció contra la radiació i el foc, propietats antioxidants, propietats antifúngiques, així com activitat antimicrobiana i antibacteriana [1,2]. Es preveu, doncs, que en un futur la lignina es pugui utilitzar en la síntesi de materials avançats, explotant altres de les seves propietats inherents com ara la seva elevada temperatura de degradació tèrmica i, segons la font i les condicions de processament, les seves propietats de superfície, i els seus comportaments reològics i viscoelàstics.

En treballs recents s'ha incorporat la lignina en materials complexos on s'utilitzen altres polímers com a matrius estructurals [3]. Fins i tot quan hi és present en petites quantitats, les propietats intrínseques de la lignina juguen un paper important en els complexos. Pel lícules d'agar, pel lícules de poli(butilè-succinat), pel lícules de proteïna de soja aïllada, o pel lícules basades en la nanocel·lulosa, en són alguns exemples. La característica més remarcable en aquests treballs és el fet que la lignina s'ha afegit en quantitats que representen menys del 10 % del pes sec total del complex. Una de les raons per incorporar la lignina en quantitats tan petites és per tal d'evitar la rigidesa i fragilitat típiques que es produeixen quan la lignina n'és el component dominant. Això es deu

principalment a la seva estructura condensada i a la seva forta unió intermolecular a través del pont d'hidrogen, que en restringeix la mobilitat tèrmica. Una excepció a aquestes observacions són les pel·lícules obtingudes recentment, formades a partir de gairebé el 100 % de lignina, en forma de capes suportades dipositades sobre superfícies de sílice o quars [4]. També s'han reportat treballs on s'obtenen estructures de lignina impreses en 3D mitjançant modelat per deposició fosa. En aquests treballs la lignina es va introduir en la formulació de filaments termoplàstics en quantitats de fins a un 40 % en pes en ABS, 30 % en pes en PP i 20 % en pes en PLA. També s'han obtingut escumes a base de lignina amb un contingut de lignina de fins a un 55 % en pes [5]. Tanmateix, actualment no existeixen escumes a nivell comercial en les quals la lignina en sigui el component principal. Així doncs, la fabricació de pel·lícules o objectes en 3D formats íntegrament amb lignina roman encara intractable. Per abordar aquest repte, en el present treball explorem la capacitat d'estructuració de la lignina quan s'utilitza com a micro/nano-partícules esfèriques, obrint una nova perspectiva per a la seva utilització. Ens basem en esforços realitzats anteriorment dirigits a incorporar la lignina en barreges de polímers, i en els nostres treballs anteriors, on demostràvem la formació de pel·lícules a partir de l'auto-acoblament i l'estratificació de partícules de lignina (PL) a través d'un procés d'assecat [4]. En aquests treballs, els films obtinguts encara presentaven dos inconvenients importants: la naturalesa no-cohesionada dels sistemes i la manca de resistència a l'aigua. Per tant, en el present treball proposem la utilització de nanofibrils de cel·lulosa (NFC) com a element per a poder superar aquests reptes, a través de la seva addició com a component minoritari. En el present treball introduïm una nova metodologia per sintetitzar membranes que podrien trobar aplicació en camps com ara l'hemodiàlisi, en cel·lules de combustible o en el tractament d'aigües.

## **2. Materials i mètodes**

### **2.1. Materials**

La lignina kraft (Indulin AT, Mead Westvaco, EUA) es va utilitzar sense cap més modificació per a produir partícules de lignina mitjançant un reactor de flux d'aerosol, tal com s'ha descrit anteriorment [6]. Les nanofibres de cel·lulosa (NFC) es van obtenir del Centre de desenvolupament de processos de la Universitat de Maine, en forma d'hidrogel al 3,0 w %, i una mida nominal de 50 nm de diàmetre. La resina de poliamidoamina-epiclorhidrina (Eka WS 505) va ser subministrada per Akzo Nobel Chemicals®, El Prat de Llobregat, Barcelona.

### **2.2. Preparació de les membranes**

Les membranes es van preparar dispersant PL seques (8 %) en una suspensió aquosa de NFC (0,4 % w/v) i dipositant-les sobre un substrat pla de polipropilè 5 (PP5). Abans de la deposició, es va netejar el substrat amb etanol i acetona i es va delimitar la zona de deposició mitjançant un laminat adhesiu. Finalment, les suspensions es van deixar assecar en condicions ambientals, obtenint així les membranes. La massa per unitat de superfície de les membranes resultants va ser de  $35 \pm 5$  % g/m<sup>2</sup> amb un gruix de 40-50 µm. Per a preparar membranes de PL resistents a l'aigua, s'hi va afegir resina de poliamidoamina-epiclorhidrina al 0,2 % (w/v) com a agent de resistència en humit (ARH).

### **2.3. Anàlisi MER**

Les imatges de microscòpia electrònica de rastreig (MER) de les seccions transversals de les membranes de PL-NFC es van obtenir mitjançant un microscopi Zeiss Sigma VP, Alemanya, amb una tensió d'acceleració de 2 kV. Abans de l'anàlisi, les mostres es van recobrir amb una capa de platí de 3 nm.

## 2.4. Mesura de la capacitat antioxidant

La capacitat antioxidant de les membranes es va mesurar mitjançant una variació del mètode emprat per Serpen et. al., [7] a través de la quantificació de la inhibició del radical  $ABTS^{\bullet+}$ . La reducció de la concentració en  $ABTS^{\bullet+}$  induïda per una certa quantitat d'antioxidants, es va relacionar amb la del Trolox (un compost antioxidant de referència), mitjançant una corba de calibració prèvia. Finalment, la capacitat antioxidant expressada com a concentració de Trolox per mg de membrana es va calcular de la següent manera:

$$CA = \frac{C_T}{m_f} \cdot \frac{V_{ABTS^{\bullet+}}}{990} \quad \text{Equació 1}$$

On  $CA$  és la capacitat antioxidant (mmol de Trolox / mg de membrana),  $C_T$  és la concentració de Trolox, mmol,  $m_f$  és la massa de membrana, mg,  $V_{ABTS^{\bullet+}}$  és el volum d' $ABTS^{\bullet+}$  utilitzat en la determinació de  $CA$ , i 990 és un factor que té en compte la quantitat d' $ABTS^{\bullet+}$  utilitzada en la corba de calibració de Trolox. Per tal d'analitzar la capacitat de les membranes per a ser utilitzades com a filtres antioxidants, es va generar el radical  $ABTS^{\bullet+}$  a una concentració determinada ( $c_0^{\bullet+}$ ) i la solució  $ABTS^{\bullet+}$  es va filtrar a pressió constant amb una  $\Delta P$  de 10 kPa. Mentre tenia lloc la filtració es van anar retirant diversos alíquotes de la solució  $ABTS^{\bullet+}$  filtrada i se'n va mesurar la concentració del radical restant ( $c_f^{\bullet+}$ ) mitjançant espectrofotometria UV-Vis.

## 2.5. Distribució de porositat i permeabilitat a l'aire i l'aigua

La mida dels porus es va determinar mitjançant un instrument Quantachrome 3Gzh mitjançant la tècnica de la porosimetria de fluxe capil·lar. El líquid es va utilitzar per omplir els porus de la mostra. A

continuació, es va utilitzar un gas (aire) per desplaçar el líquid dels porus. El treball realitzat pel gas és igual a l'energia lliure de superfície necessària per al desplaçament del líquid, i l'equilibri capil·lar es pot expressar com:

$$P \cdot r = 2\gamma \cos \theta \quad \text{Equació 2}$$

on  $r$  és el radi del capil·lar,  $P$  és la pressió capil·lar,  $\gamma$  és la tensió superficial del líquid i  $\theta$  és l'angle de contacte entre el líquid i la paret del capil·lar. La porositat i la permeabilitat es van mesurar tallant membranes circulars ( $\varnothing = 2,5$  cm).

## 2.6. Propietats de bloqueig de radiació UV

La capacitat de les membranes per a bloquejar la radiació UV es va assajar utilitzant un Analitzador de Transmittància Ultraviolada UV-1000P Labsphere en un rang de longitud d'ona de 290 a 400 nm (UVA i UVB) amb una precisió de 2 nm i una precisió de transmittància de  $\pm 0,5$  % T.

## 2.7. Anàlisi mecànic dinàmic

L'anàlisi mecànic dinàmic (AMD) es va realitzar en membranes amb major quantitat de NFC (del 4 a 20 %) mitjançant una unitat DMAQ800 (TA Instruments, New Castle, DE, EUA) operant en mode d'assaig de tracció i amb una precàrrega de 0,1 N. La distància entre mordasses es va ajustar a 14 mm. Les mesures es van realitzar a temperatura constant (30 °C) aplicant una càrrega de tracció sinusoidal (dinàmica) (1 kHz).

## 2.8. Mesura de l'angle de contacte

L'angle de contacte amb l'aigua (ACA) es va mesurar mitjançant un goniòfotòmetre d'angle de contacte OCA15 (Dataphysics). L'energia lliure de superfície (ELS) es va avaluar mitjançant el mètode

OWRK. L'energia interfacial es va calcular a partir de les aportacions del líquid i del sòlid mitjançant la mitja geomètrica:

$$\sigma_l(1 + \cos \theta) = 2\sqrt{\sigma_l^d \sigma_s^d} + 2\sqrt{\sigma_l^p \sigma_s^p} \quad \text{Equació 3}$$

on  $\theta$  és l'angle de contacte,  $\sigma_l$  la tensió superficial del líquid,  $\sigma_l^d$  i  $\sigma_l^p$  representen les parts dispersives i polars del líquid, i  $\sigma_s^d$  i  $\sigma_s^p$  representen les contribucions respectives del sòlid. Això dona l'equació d'una línia recta, que permet calcular  $\sigma_l^p$  a través de la pendent i  $\sigma_s^d$  a través de l'ordenada a l'origen.

### 3. Resultats i discussió

#### 3.1. Membranes a base de partícules de lignina

Tal com vam demostrar en treballs anteriors, és possible obtenir fàcilment pel·lícules o “films” de lignina amb estructura controlada mitjançant un auto-acoblament de partícules de lignina induït per evaporació (4). Tot i això, les pel·lícules obtingudes requereixen la presència d'una base en forma de suport sòlid, donada la falta de cohesió de l'estructura. Per tant, serien necessaris uns agents d'enllaç capaços de proporcionar bona cohesió a les partícules i que permetin obtenir pel·lícules o “films” flexibles. En aquests termes es poden considerar les nanofibres de cel·lulosa (NFC). Alguns treballs recents han demostrat la capacitat de les NFC de promoure adhesió en partícules de sílice biogèniques, permetent superestructures amb morfologies controlades.

En el present treball hem produït membranes autoportants i riques en lignina gràcies a la incorporació de petites quantitats de NFC, que no només aporten els beneficis de ser un material natural, biodegradable i renovable, sinó que, sobretot, presenten una elevada afinitat vers la lignina en termes d'interaccions tipus pont d'hidrogen. A més a més, les NFC tenen una elevada relació d'aspecte, que permet el seu entrellaçat dins l'estructura de la membrana (Figura 1d).

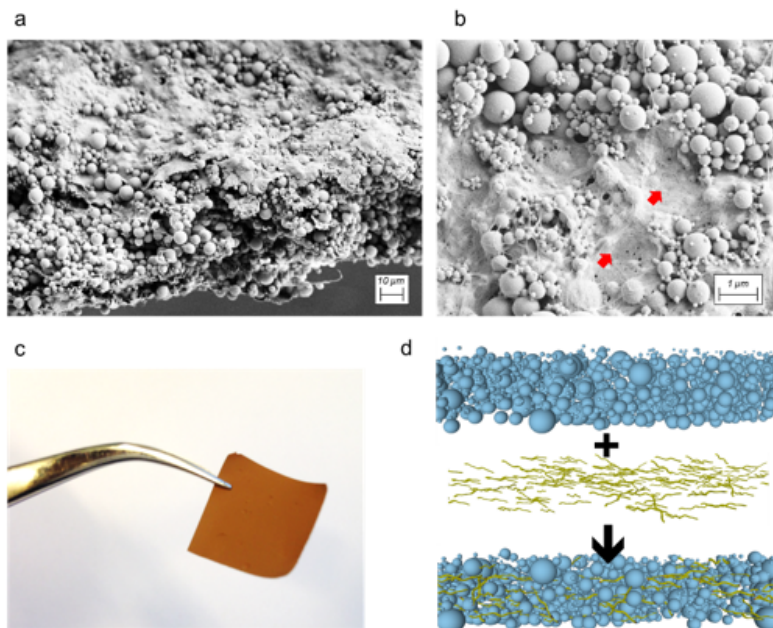


Figura 1. Secció transversal de MER de les membranes de PL-NFC amb un 8 % en pes de NFC (a). Imatge de MER de la morfologia superficial de les membranes on s'aprecia la tendència de la NFC a formar regions de pel·lícules contínues (b, fletxes vermelles). Imatge macroscòpica de la membrana on s'aprecia la seva propietat autoportant (c). Esquema on s'il·lustra la integració de les NFC en l'estructura particulada de PL (d).

De fet, després de la incorporació de NFC, fins i tot en petites quantitats ( $< 10\%$  de la massa seca total), les membranes no presentaven fissures, eren homogènies i es podien separar fàcilment del suport de poliolefina utilitzat com a base en la fabricació. L'elevada afinitat entre els dos compostos, la cohesió i la flexibilitat proporcionada per la NFC permet el desenvolupament de membranes autoportants i flexibles. Les imatges de MER de les seccions transversals revelen una estructura porosa en la qual les NFC



estan entrelaçades entre les PL (Figura 1a, 1b). Es va indagar sobre quina era la menor quantitat de NFC amb la qual s'obtenien membranes cohesionades. Per a tal efecte, es va variar sistemàticament la composició de les membranes a través de suspensions de NFC en un rang de concentracions de 0,05-1% (w/v). En assecat-se, les membranes amb les concentracions més baixes de NFC a la suspensió (és a dir, 0,05 - 0,4 %) no eren homogènies i presentaven agregats i defectes. En aquest treball es pretenia desenvolupar sistemes de PL-NFC on les PL fossin el component estructural principal. Els treballs van demostrar que una quantitat de NFC de només el 8 % del pes sec total de la membrana assegurava membranes ben cohesionades i autoportants (Figura 1c).

Les membranes obtingudes amb les dosis òptimes són riques en lignina però a la vegada són molt flexibles. En la figura 1b s'indiquen les regions en les que les NFC tendeixen a formar membranes contínues (en virtut de la seva coneguda capacitat per formar de pel·lícules). No obstant, la formació d'una pel·lícula continua es veu impedida per la presència de les PL. És raonable suposar que les NFC actuen com a agents d'enllaç de partícules a través de les interaccions -OH entre cel·lulosa i lignina, tot i que ha resultat difícil extreure proves conclouents sobre aquest tipus d'interacció (d'enllaç pont hidrogen) entre les NFC i les PL, almenys mitjançant anàlisi FTIR. En l'anàlisi FTIR la presència dominant de la lignina emmascara els pics de la cel·lulosa.

### **3.2. Membranes resistents a l'aigua**

La resistència a l'aigua de les membranes de PL-NFC es va assajar submergint les membranes en aigua sota agitació. Els resultats van mostrar que les membranes es desintegren fàcilment en aigua impedit el seu ús en aplicacions en les que hi està involucrat un medi aquós, com per exemple en catàlisi i filtració. Per tal de poder

desenvolupar membranes autoportants i resistents a l'aigua basades en PL es va afegir un agent de resistència en humit (ARH) durant la preparació de les membranes. Es van produir diverses membranes amb diferents quantitats d'ARH, entre 0,5 i 10 mg/ml, i se'n va assajar la seva resistència a l'aigua. La composició òptima per a una cohesió favorable es correspon amb una quantitat d'ARH de 2 mg/ml en la suspensió. Amb aquesta dosi es produeix un augment significatiu de la resistència a l'aigua. Les membranes que contenen ARH preserven la seva flexibilitat i propietats mecàniques.

### **3.3. Porositat i permeabilitat de les membranes**

Les membranes formades a partir de PL-NFC-ARH mostren una estructura porosa que juntament amb la seva resistència a l'aigua n'indiquen un potencial ús com a medis de filtració. La mida dels porus de les membranes basades en PL es va mesurar i comparar amb la del paper de filtre Whatman 1, utilitzat com a control per tractar-se d'un filtre d'ús comú. L'anàlisi de l'estructura de porus de les membranes preparades únicament amb NFC no va ser possible; tenint en compte l'estructura d'alta densitat, la mida dels porus era tant petita que requeria pressions molt altes (límit inferior de l'aparell de mesura de 0,2  $\mu\text{m}$ ). No obstant, en diversos treballs s'ha estudiat l'estructura porosa de les pel·lícules de NFC. La porositat es pot mesurar, per exemple, per diferència de pes abans i després de l'absorció d'un electròlit. La porositat en les pel·lícules de NFC oscil·la normalment entre el 50-70 %, depenent de la tècnica de formació de la pel·lícula utilitzada [8], amb diàmetres de por a la regió sub-micromètrica, normalment entre 5-200 nm. En la Figura 2a es mostra els valors de la mida de porus màxima, mínima i mitjana per al paper Whatman 1. El valor mitjà de porus obtingut (4,5  $\mu\text{m}$ ) es pren com a referència per a la comparació. En les membranes basades en PL, es va obtenir una distribució de mida de porus gaussiana, amb un valor mitjà de porus de 0,71  $\mu\text{m}$ .

Els resultats indiquen clarament que, en comparació amb el paper de filtre, els pors de les membranes a base de PL són molt més petits. Tanmateix, la seva estructura és més homogènia, tal com es desprèn de la distribució poblacional de les diferents mides de por. Tenint en compte la mida més petita de pors, en les membranes a base de PL es preveia una menor permeabilitat als fluids. Així, es va confirmar una permeabilitat major en el paper de filtre, la qual era més evident en el cas de la permeabilitat a l'aire. Per a pressions > 80 kPa, la permeabilitat a l'aigua de les membranes basades en PL supera la del paper de filtre.

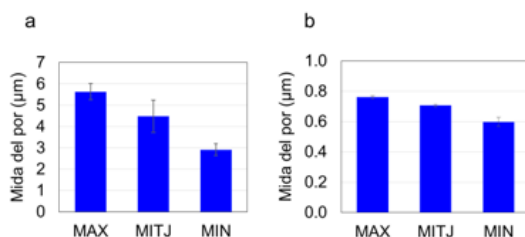


Figura 2. Mida màxima, mitjana i mínima dels porus en µm, del paper Whatman 1 (a) i de les membranes basades en PL (b)

### 3.4. Microfiltració antioxidativa

Es va caracteritzar la capacitat antioxidant de les membranes basades en PL (equació 1) en comparació amb la capacitat antioxidant de membranes monocomponent de NFC. La capacitat antioxidant de les membranes basades en PL i les monocomponents de NFC va ser de  $824 \pm 25 \mu\text{mol trolox/mg}$  i  $0,9 \pm 0,08 \mu\text{mol trolox/mg}$ , respectivament. Així doncs, la capacitat antioxidant de les membranes basades en PL és 1000 vegades superior a la de les pel·lícules de NFC pura. Un cop evidenciada aquesta elevada capacitat antioxidant, i la

possibilitat d'obtenir membranes resistents a l'aigua va sorgir la possibilitat d'utilitzar aquestes membranes com a filtres actius.

L'alta capacitat de les membranes per a realitzar una filtració antioxidant es pot identificar fàcilment a simple vista observant el canvi de color corresponent al radical  $ABTS^{\bullet+}$ , que degut a la filtració passa d'un color blavós a un color clar, Figura 3a. Com a control es va realitzar una filtració amb un filtre convencional de cel·lulosa Whatman 1, el qual no va produir cap canvi de color a la solució de radical, mentre que la membrana basada en PL va descolorir completament la solució (inhibició del radical) a través d'un procés de reducció (donació d'electrons). La Figura 3b mostra l'espectre UV-Vis de la solució radical  $ABTS^{\bullet+}$  inicial on apareix un pic característic a 731 nm. La Figura 3c mostra l'evolució del pic d'absorbància  $ABTS^{\bullet+}$  a 731 nm en funció del volum filtrat. Tal com es pot veure, l'absorbància va augmentant ràpidament en els primers 20 ml (fins a assolir el 50 % d'abs.), però a continuació es produeix un augment gradual, arribant a una estabilització quan s'assoleix una inhibició corresponent al 50 % de l'absorbància inicial de l' $ABTS^{\bullet+}$ , seguint una cinètica de primer ordre. Això és indicatiu de la forta capacitat de les membranes d'actuar com a filtres antioxidants. La capacitat antioxidant de les partícules de lignina en les membranes prové dels seus grups de superfície actius. A mesura que el fluid passa a través del material, els grups antioxidants actius es desprotonen, donant electrons a l' $ABTS^{\bullet+}$ , inhibint el radical. Durant les primeres etapes de filtració, el nombre de grups actius és molt elevat, i disminueix a mesura que es produeix la filtració. Per tant, es poden identificar clarament dues etapes en l'operació. Integrant l'expressió de primer ordre entre l'inici de l'estabilització i el 100 % d'absorbància, s'obté la següent expressió:

$$\ln \left[ \frac{A}{A_0} \right] = kV \quad \text{Equació 4}$$

on  $k$  és la constant de velocitat de primer ordre,  $A$  i  $A_0$  són els valors d'absorbància de l'ABTS $\bullet^+$  quan s'han filtrat els volums  $V$  i  $V_0$ , respectivament. Amb això es pot obtenir el volum teòric màxim que es pot filtrar abans que es produeixi l'esgotament complet dels grups inhibidors a la superfície de les partícules. Utilitzant la constant cinètica, 0,0023, i el volum màxim teòric, 298 mL, dona un volum màxim per unitat de superfície de membrana de 95 mL/cm $^2$ . Cal remarcar que aquesta capacitat de filtració serà específica per a cada configuració del procés filtració. És de preveure que per a diferents pressions de filtració, velocitats de filtració, i concentració inicial del radical ABTS $\bullet^+$ , es tindran diferents valors, i aquests paràmetres jugaran un paper important en la taxa d'inhibició.

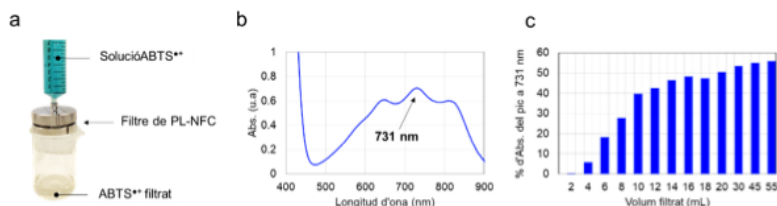


Figura 3. Filtració de la solució radical ABTS $\bullet^+$  amb les membranes basades en PL on es veu clarament la notable decoloració del radical blavós després del pas per la membrana basada (a). Espectre UV-Vis del radical ABTS $\bullet^+$  (b). Evolució del pic a 731 nm del radical ABTS $\bullet^+$  després de la filtració de diversos alíquotes d'1 mL (▲) i 5 mL de alíquotes (●) a través de la membrana (expressat com a % de l'absorbància inicial) (c).

### 3.5. Bloqueig de radicació UV, energia lliure de superfície, i resistència mecànica

Per tal d'assajar la capacitat de les membranes a base de PL (PL-NFC) per a bloquejar radiació en el rang dels ultraviolats, es van

sintetitzar diverses membranes amb diferents quantitats de PL. Com es mostra a la Figura 4a, la membrana pura de NFC presenta una transmitància UV entre el 50-70 %. La introducció de només un 5 % de PL a les membranes produeix una disminució significativa de la transmitància fins a un 7-15 %. Amb la introducció del 10 % de PL, la transmitància cau fins al 2-4 %. Càrregues de PL > 15 % produeixen un bloqueig complet de la radiació ultraviolada. Pràcticament no hi ha transmitància quan les membranes contenen una càrrega de PL > 10 %.

Pel que fa a l'anàlisi AMD, una càrrega de NFC creixent, de fins a un 11 %, produeix membranes amb una elasticitat més elevada (Figura 4b). Tanmateix, quan les quantitats de NFC > 14 % es produeix un decrement d'aquesta propietat. Aquests resultats posen de manifest que les quantitats de NFC utilitzades en el present treball per a les membranes PL-NFC (8 %) és l'òptima en termes d'aconseguir materials autoportants i resistents. No obstant, si fos necessari augmentar la resistència de les membranes per a una aplicació determinada, encara hi hauria marge per a la millora de la seva elasticitat, tal com es desprèn de l'anàlisi AMD. La disminució del mòdul d'emmagatzematge per a càrregues > 14 % de NFC podria ser deguda a una major interacció entre les NFC quan aquestes són presents en quantitats més grans. Tal com s'ha mostrat anteriorment (Figura 1b), les NFC tendeixen a formar una pel·lícula, i aquest efecte pot veure's augmentat quan aquestes són presents en quantitats més grans. Això pot generar una separació de fases entre les NFC i les PL, disminuint la seva interacció homogènia i debilitant així tota l'estructura de la membrana.

L'afinitat vers l'aigua és un altre paràmetre important pel que fa a la humectació i el rendiment de les membranes. Aquesta afinitat va ser avaluada controlant l'angle de contacte amb aigua, ACA. Tal com indica l'ACA en la figura 4c, l'afinitat per l'aigua de les membranes basades en PL, les membranes de NFC pures i la del paper Whatman

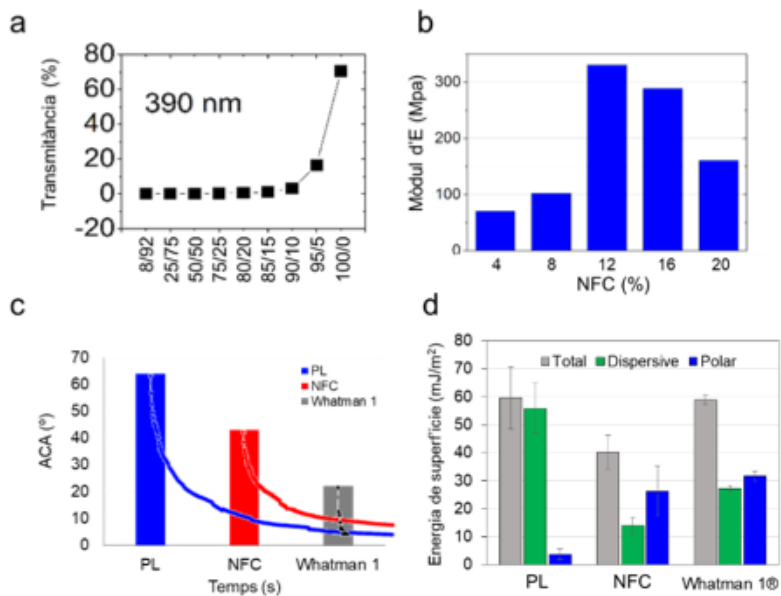


Figura 4. Evolució de la transmittància UV a una sola longitud d'ona, 390 nm, en funció de la relació NFC/PL (a). Evolució del mòdul d'emmagatzematge de membranes basades en PL amb diverses quantitats de NFC (b). Evolució de l'angle de contacte en membranes basades en PL, membranes de NFC pura i paper Whatman 1 (c). Energia lliure de superfície de les membranes basades en PL, membranes de NFC i paper Whatman 1 (d).

1 és molt diferent. Les velocitats d'absorció de les membranes basades en PL i el paper Whatman 1 són més ràpides en comparació amb la de la membrana pura de NFC tal com es pot veure en la dràstica reducció del ACA durant els instants inicials del procés d'absorció. La figura 4d mostra el mapa d'energia superficial de les membranes basades en PL, en comparació amb les membranes de NFC pures i el paper Whatman 1. Els valors de l'energia lliure de

superfície total (ELS) de les membranes basades en PL i la del paper Whatman 1 són similars i significativament superiors als de les NFC. Tot i això, la major contribució en la ELS total de les membranes basades en PL prové del seu component dispersiu, mentre que la del paper Whatman 1 i les membranes de NFC pures prové de la contribució polar. Això significa que la membrana mostrarà una major interacció (i per tant, adhesió) amb líquids i sòlids dispersius.

#### **4. Conclusions**

Hem desenvolupat un nou enfoc basat en partícules de lignina per a la fabricació de membranes, de les quals se'n va estudiar l'estructura, la seva capacitat per a bloquejar radiació UV, l'absorció d'aigua i les propietats mecàniques, mitjançant imatges de MER, transmitància UV-Vis, ACA i AMD. Les estructures estaven formades principalment de PL combinades amb un component minoritari, que eren les nanofibres de cel·lulosa (NFC), aplicades en quantitats tan reduïdes com el 8 % en pes, però suficients per a conferir integritat i flexibilitat a través d'interaccions -OH. Per primera vegada s'ha utilitzat la lignina com a component estructural principal.

#### **Agraïments**

Agraïm el suport dels projectes FILMBIOCEL (CTQ2016-77936-R amb Fondo FEDER), i MICROBIOCEL (CTQ2017-84966-C2-1-R), del MINECO. També al Consell Europeu de Recerca (ERC Advanced Grant no 788489, "BioElCell"). Agraïm també al grup de recerca consolidat AGAUR 2017 SGR 30 amb la UB. També agraïm al programa Serra Húnter per la plaça concedida a Oriol Cusola.



## Referències

- [1] CHEN, S.; LIN, S.; HU, Y.; MA, M.; SHI, Y.; LIU, J.; ZHU, F.; & WANG, X. (2018). A Lignin-Based Flame Retardant for Improving Fire Behavior and Biodegradation Performance of Polybutylene Succinate. *Polym. Adv. Technol.*, 29(12).
- [2] DOS SANTOS, P. S. B.; ERDOÇIA, X.; GATTO, D. A.; & LABIDI, J. (2016). Bio-Oil from Base-Catalyzed Depolymerization of Organosolv Lignin as an Antifungal Agent for Wood. *Wood Sci. Technol.*, 50(3), 599-615.
- [3] GROSSMAN, A.; & WILFRED, V. (2019). Lignin-Based Polymers and Nanomaterials. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 56, 112-120.
- [4] CUSOLA, O.; KIVISTÖ, S.; VIERROS, S.; BATYS, P.; AGO, M.; TARDY, B. L.; GECA, L. G.; RONCERO, M. B.; SAMMARL KORPI, M.; & ROJAS, O. J. (2018). Particulate Coatings via Evaporation-Induced Self-Assembly of Polydisperse Colloidal Lignin on Solid Interfaces. *Langmuir*, 34, 5759-5771.
- [5] LI, B.; YUAN, Z.; SCHMIDT, J.; & XU, C. C. (2019). New Foaming Formulations for Production of Bio-Phenol Formaldehyde Foams Using Raw Kraft Lignin. *Eur. Polym. J.*, 111, 1-10.
- [6] AGO, M.; HUAN, S.; BORGHEI, M.; RAULA J.; KAUPPINEN, E. I.; & ROJAS, O. J. (2016). High-Throughput Synthesis of Lignin Particles (~30 Nm to ~2 Mm) via Aerosol Flow Reactor: Size Fractionation and Utilization in Pickering Emulsions. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8(35), 23302-23310.
- [7] SERPEN, A.; CAPUANO, E.; FOGLIANO, V.; & GÖKMEN, V. (2007). A New Procedure to Measure the Antioxidant Activity of Insoluble Food Components. *J. Agric. Food Chem.*, 55(19), 7676-7681.
- [8] ZHANG, H.; WANG, X.; & LIANG, Y. (2015). Preparation and Characterization of a Lithium-Ion Battery Separator from Cellulose Nanofibers. *Heliyon*, 1(2).



# **Incorporació dels Processos i Eines en les Assignatures de Projectes i Expressió Gràfica per a la Millora del Disseny Industrial. Exposició d'un cas real**

**Jordi Ivern Cacho**

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Òscar Farrerons Vidal**

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resum**

La incorporació de les tècniques, eines informàtiques, i conceptes teòrics tant de geometria com de mecànica i normalització que s'incorporen als plans d'estudi de les diferents assignatures d'expressió gràfica que es troben als diversos graus d'enginyeria a l'Escola de Enginyeria de Barcelona Est (EEBE-UPC), així com també els coneixements de la gestió documental, de les normes i els criteris que un projecte d'enginyeria necessita per a dotar-se de la validesa tècnica i administrativa imprescindible per a complir la seva funció, que formen part de les assignatures de projectes dels mateixos estudis de grau, són eines bàsiques imprescindibles que tot tècnic en procés de formació ha de conèixer, entendre i saber com haurà d'utilitzar en el seu immediat futur professional.

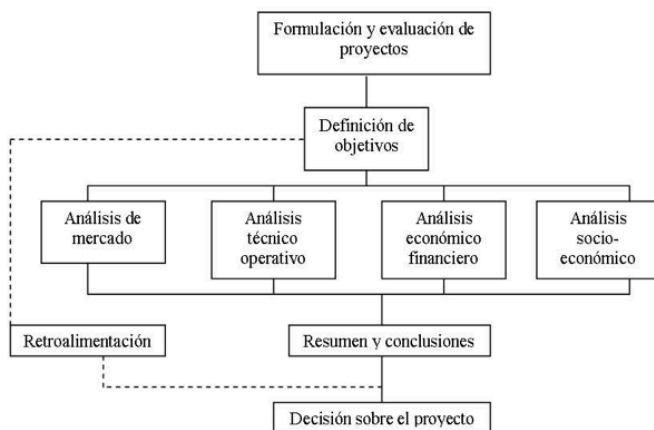
Totes aquestes eines i coneixements són transversals per a totes les enginyeries i formen part fonamental per permetre que el futur tècnic pugui transmetre d'una forma eficaç els seus coneixements. Aquest article intenta presentar breument aquestes habilitats i mostrar com en un projecte per a la millora d'un producte existent s'utilitzen les eines i es treballa amb els mecanismes de disseny que permet dotar el resultat final de la viabilitat tècnica i la justificació funcional.

## 1. Introducció

Les assignatures d'expressió gràfica, ja en el nivell bàsic des dels crèdits troncal del primer curs dels estudis dels graus, aporten infinitat d'exercicis per a entendre i exercitar la visió espacial i els conceptes geomètrics com a eines imprescindibles per a ser hàbils en el raonament de qualsevol procediment tècnic. Per altre banda s'introdueixen i exerciten les normatives que regulen la creació de qualsevol documentació gràfica com a llenguatge gràfic. I aquesta doble entrada de coneixements que es dona de forma simultània durant tot el curs amb l'aprenentatge i l'ús d'una aplicació informàtica gràfica que no només permet dibuixar en 2D i 3D, sinó que també simular moviments i comportaments reals dels materials i el mecanismes, així com extreure càlculs mecànics i cinemàtics d'elements sòlids i de fluids, utilitats que van mes enllà dels objectius bàsics d'un primer contacte amb l'expressió gràfica però que ajuden a estimular a l'alumnat i a oferir-los un ventall infinit de possibilitats i vies d'estudi i coneixements, que donarà força i valor a la resta de l'aprenentatge. Més avançats els estudis l'alumnat té altres opcions específiques d'assignatures més avançades relacionades o amb l'expressió gràfica com a eina o en el coneixement i utilització d'altres programaris bàsicament gràfics per als càlculs de sistemes o verificació de solucions prèviament projectades.

Per altra banda des de l'assignatura de projectes, a més de molts altres coneixements específics com per exemple respecte les activitats i el seus sistemes de control, respecte eines de disseny i d'anàlisi de les necessitats que una proposta ha de complir o l'anàlisi i comparació quantitativa de les propostes fetes, s'inicia a l'alumnat en el coneixement i gestió de les normatives vigents com a pas imprescindible per a donar viabilitat a qualsevol proposta, també en la gestió documental i el coneixement dels mecanismes a l'abast per a documentar el coneixements necessari i imprescindible. Relacionat amb això es doten als futurs tècnics del coneixement en el procés per

a la creació del projecte i la seva solució final a partir de les necessitats inicials, viabilitats tècniques, financeres o de recursos humans i materials. Habilitat imprescindible per a complir els objectius. Finalment serà aquesta capacitat de formalització d'una idea, assistida pel màxim d'eines i recursos dels qual el dissenyador sàpiga proveir-se, la que determinarà l'èxit o no d'una comunicació tècnica eficaç.



*Evaluación de proyectos. Análisis y administración del riesgo*  
Baca Urbina, G

## 2. Cas particular

Anem a presentar com s'ha estructurat un projecte per a l'anàlisi d'un producte industrial existent i el disseny d'un de nou aplicant noves tecnologies i mirant de millorar en les prestacions i actualitzar al públic al que es dirigeix. L'objectiu del projecte és l'Estudi i Millora de les Tendes d'Acampada Plegables per a sobre els Sostres dels Vehicles Particulars.

Veiem el guió general del projecte, i analitzem el procés següent:



#### CAR TOP CARRIES COLLAPSIBLE TENT

FASTENED to the roof of an automobile by a steel framework, a collapsible tent provides sleeping quarters for tourists and campers. From a compact unit barely a foot high, the accessory unfolds into a comfortable shelter with sufficient room for two sleepers. The front frame which steadies the unit

when in use also serves as a ladder for entering or leaving the tent. An adjustable flap on the front side of the canvas shelter insures adequate ventilation. The roof-top tent can be set up ready for use within ten minutes, it is claimed.



At left, the folding car-top shelter is seen set up for use. The frame that steadies it in front also serves as a ladder. Right, the unit as it appears when folded up for traveling

POPULAR SCIENCE MONTHLY,

Tiendas sobre techo de coche en 1937. (Fuente: Popular Science)



A la izq. modelo Air-Camping. A la der. modelo Autocampeggio Stogl. (Fuente: Autohome)



(Fuente: Autohome)

- S'inicia el projecte amb una presentació, **GLOSSARI** de termes i principals conceptes i llistat de **TAULES**.

- **INTRODUCCIÓ I ABAST** del projecte.

- **ANTECEDENTS**.

En aquest punt s'estudia l'origen d'aquest producte, els primers models, i la seva evolució a propostes més modernes de més fàcil utilització i millor adaptades a les necessitats actuals.

Algunes de les imatges són les següents :

- Un tercer punt és el de la **NORMATIVA**, que l'analitza des de dos punts de vista:

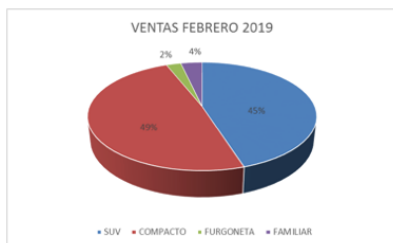
1. El de la de circulació dels vehicles privats respecte les pesos, volums o visibilitat des objectes afegits al volum original

2. El de l'ús que se li dona al producte, analitzant conceptes con “pernoctar” o “acampar”.

- El quart punt és un **ESTUDI DE MERCAT** on s'analitza el mercat actual del cotxe privat, que és en el fons un reflex de l'estat o evolució de la mobilitat privada i les seves necessitats, i que haurà de determinar les principals característiques tècniques per poder adaptar-se al màxim nombre de vehicles.

Veiem alguns dels aspectes analitzats:

L'anàlisi dels tipus de vehicles existents, i l'evolució en el mercat dels més nombrosos.





|                               | Tienda de libro               | Tienda rígida            | Tienda rígida a 45º |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Facilidad de apertura         | ●                             | ●●                       | ●●●                 |
| Resistencia a la meteorología | ●●                            | ●●●                      | ●●●                 |
| Baja resistencia aerodinámica | ●                             | ●●●                      | ●●●                 |
| Estabilidad con viento        | ●                             | ●●●                      | ●●                  |
| Aislamiento contra el frío    | ●●                            | ●●●                      | ●●●                 |
| Aislamiento contra el calor   | ●●                            | ●●●                      | ●●●                 |
| Durabilidad "off-road"        | ●●●                           | ●●●                      | ●●●                 |
| Tela transpirable             | ●●●                           | ●●●                      | ●●                  |
| Ventilación                   | ●●●                           | ●●●                      | ●●                  |
| Confort                       | ●●●                           | ●●●                      | ●●                  |
| Posibilidad de acampar        | ●●●                           | ●●●                      | ●●●                 |
| Posibilidad de pernoctar      | -                             | ●●●                      | ●●●                 |
| Apta para dif. vehículos      | ●                             | ●●●                      | ●●●                 |
| Disponib. energía autónoma    | ●                             | ●                        | ●                   |
| Disponib. de automatización   | ●                             | ●●                       | ●                   |
| Incorporación de escalera     | ●●●                           | ●●●                      | ●●●                 |
| Sistema de apertura/cierre    | Abatible mediante una bisagra | Pistones de gas/manivela | Pistones de gas     |
| Dimensiones cerrada           | 110 x 130 x 35 cm             | 210 x 130 x 30 cm        | 210 x 130 x 30 cm   |
| Dimensiones abierta           | 220 x 130 x 125 cm            | 210 x 130 x 92 cm        | 210 x 130 x 150 cm  |
| Peso de las tiendas           | ≈ 45 Kg                       | ≈ 56 Kg                  | ≈ 52 Kg             |
| Carga máx. sobre las tiendas  | -                             | ≈ 20 Kg                  | ≈ 15 Kg             |
| Espacio interior              | -                             | 196 litros               | 196 litros          |
| Precio aproximado             | 2.139,00 €                    | 2.719,00 €               | 2.589,00 €          |

|          |          |               |
|----------|----------|---------------|
| ● Básico | ●● Bueno | ●●● Muy bueno |
|----------|----------|---------------|

Comparativa de los tres modelos de tienda más utilizados. (Fuente: Propia)



També es van analitzar les tendes existents al mercat, analitzant les seves diferències tècniques i veient els models més venuts.

Amb tota aquesta informació s'estableixen tres tipus bàsic: de llibre, rígides i rígides amb obertura a 45°, i se genera un quadre comparatiu que permet valorar cadascuna de les principals característiques.

- Cinquè punt: **DISSENY**, justificació.

En coherència amb els estudis anteriors, s'analitzen detalladament les mesures dels models de tendes existents i dels cotxes tipus SUV més habituals en el nostre mercat (ja que són l'objectiu principal d'aquestes noves tendes millorades).

| Modelo         | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Largura techo (mm) | Anchura techo (mm) |      |
|----------------|------------|------------|-----------|--------------------|--------------------|------|
|                |            |            |           |                    | Máx.               | Mín. |
| SEAT Ateca     | 4363       | 1841       | 1611      | 1997               | 1485               | 1452 |
| VW Tiguan      | 4486       | 1839       | 1657      | 2113               | 1503               | 1491 |
| AUDI Q5        | 4663       | 1893       | 1659      | 1983               | 1523               | 1500 |
| MERCEDES GLC   | 4656       | 1890       | 1639      | 2136               | 1499               | 1475 |
| RENAULT Kadjar | 4449       | 1836       | 1613      | 2114               | 1480               | 1455 |
| HYUNDAI Tucson | 4475       | 1850       | 1655      | 2119               | 1472               | 1450 |
| KIA Sportage   | 4480       | 1855       | 1655      | 2005               | 1487               | 1460 |

I es comparen també les mesures, pesos i volums (oberts i tancats) dels models de tendes.

Tota aquesta informació, permet establir quines han de ser les mesures del nou model.

Amb un procés d'anàlisi similar ( Anàlisi de l'actualitat > Comparativa > Extracció de resultats) s'analitzen els materials, sistemes i pesos dels models existents per establir les condicions que s'espera que compleixi el nou model.

|                |         | DETALLES TÉCNICOS |            |           |            |            |           |           |             |  |
|----------------|---------|-------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|--|
| Modelo         | Talla   | Cerrado           |            |           | Abierto    |            |           | Peso (Kg) | Volumen (l) |  |
|                |         | Largo (cm)        | Ancho (cm) | Alto (cm) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) |           |             |  |
| Columbus       | Pequeña | 210               | 130        | 30        | 210        | 130        | 150       | 52        | 196         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 32        | 210        | 145        | 150       | 57        | 220         |  |
|                | Grande  | 215               | 160        | 34        | 215        | 160        | 150       | 64        | 260         |  |
| Airlander      | Pequeña | 210               | 130        | 30        | 210        | 130        | 92        | 56        | 196         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 32        | 210        | 145        | 92        | 60        | 220         |  |
|                | Grande  | 215               | 160        | 34        | 215        | 160        | 92        | 72        | 260         |  |
| Airlander Plus | Pequeña | 210               | 130        | 30        | 210        | 130        | 92        | 56        | 196         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 32        | 210        | 145        | 92        | 60        | 220         |  |
|                | Grande  | 215               | 160        | 34        | 215        | 160        | 92        | 72        | 260         |  |
| Airlander 360  | Grande  | 230               | 180        | 34        | 230        | 180        | 92        | 95        | 300         |  |
| Grand tour     | Pequeña | 210               | 130        | 36        | 210        | 130        | 96        | 58        | 344         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 36        | 210        | 145        | 96        | 62        | 378         |  |
|                | Grande  | 215               | 160        | 36        | 215        | 160        | 96        | 73        | 461         |  |
| Extreme        | Pequeña | 210               | 130        | 33        | 210        | 130        | 90        | 65        | 203         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 33        | 210        | 145        | 90        | 69        | 228         |  |
| Carbon fiber   | Pequeña | 210               | 130        | 30        | 210        | 130        | 92        | 46        | 196         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 32        | 210        | 145        | 92        | 49        | 220         |  |
| Airtop         | Pequeña | 210               | 130        | 33        | 210        | 130        | 94        | 54        | 271         |  |
|                | Media   | 210               | 145        | 33        | 210        | 145        | 94        | 59        | 305         |  |
|                | Grande  | 215               | 160        | 33        | 215        | 160        | 94        | 72        | 340         |  |

| Tipo                          | Rango de peso (kg) | Media (kg) | Dos barras (kg) | Tres barras (kg) |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------------|------------------|
| Para techo liso sin canaletas | 65-90              | 77,5       | 155             | 232,5            |
| Para techo liso con canaletas | 75-110             | 92,5       | 185             | 277,5            |
| Barras transversales          | 90-120             | 105        | 210             | 315              |
| Bandeja                       | 150-300            | 225        | -               | -                |

Rangos de pesos soportados por las barras de techo. (Fuente: Propia)

| Talla   | Rango de peso (kg) | Media (kg) |
|---------|--------------------|------------|
| Pequeña | 45-65              | 52,27      |
| Mediana | 49-69              | 58         |
| Grande  | 64-95              | 72,25      |

Rango de pesos de las tiendas sobre techo en función del tamaño. (Fuente: Propia)

Un altre aspecte a dissenyar serà el mecanisme d' obertura. Basant-se altre cop en els estudis previs, i aplicant noves propostes segons els coneixements en mecànica dels autors, se proposen inicialment dos sistemes :

- De manovella

- De cremallera.

Els sistemes mecànicament tenen el mateix resultat final (obrir completament la base horitzontal de la tenda alhora que l'aixeca i elevar). Per a determinar quin sistema és més favorable, se genera una Matriu Pugh de decisions, que compara qualitativament una proposta respecte l'altre, establint un valor final.

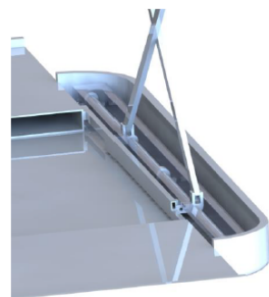
| Criterios                 | Línea de partida | Ponderación | Solución alternativa |
|---------------------------|------------------|-------------|----------------------|
|                           | Solución actual  | Peso        | Alternativa 1        |
| Coste                     | 0                | 3           | -3                   |
| Seguridad                 | 0                | 4           | 0                    |
| Complejidad               | 0                | 2           | -2                   |
| Facilidad de uso          | 0                | 3           | +3                   |
| Mantenimiento             | 0                | 2           | +2                   |
| Peso aproximado           | 0                | 4           | 0                    |
| Robustez                  | 0                | 3           | -3                   |
| Durabilidad               | 0                | 3           | 0                    |
| Tiempo de apertura/cierre | 0                | 2           | -2                   |
| Facilidad de reparación   | 0                | 3           | 0                    |
| Optimización del espacio  | 0                | 3           | 0                    |
| Versatilidad              | 0                | 3           | -3                   |
| <b>TOTAL</b>              | -                | -           | <b>-8</b>            |

Tabla de decisiones Pugh Matrix. (Fuente: Propia)

El resultat final “-8” indica que valorant una de les propostes tècniques prenent com a referència l'altre, ha quedat qualitativament



Figura 19. Vista seccionada del sistema de apertura piñón-cremallera. (Fuente: Propia)

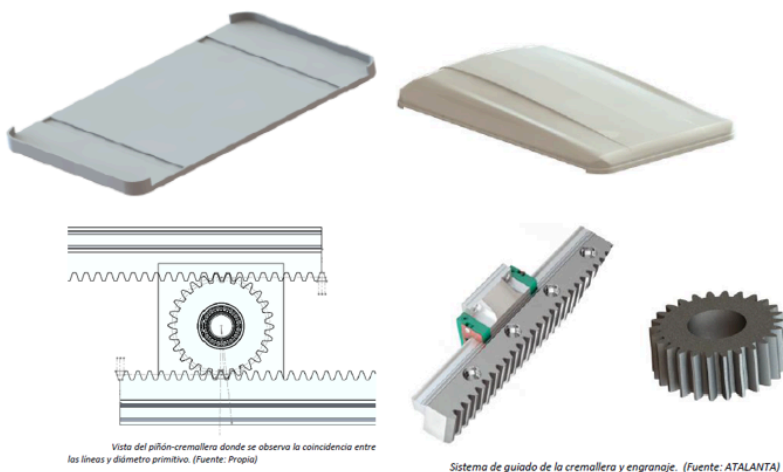


Vista detallada de las guías laterales en el sistema piñón-cremallera. (Fuente: Propia)

per sota, i per tant descartada. La proposta final és l'obertura per cremallera.

- Setè punt : **DISSENY** de les peces.

Un cop justificades les mesures i sistemes del nou model, cal dissenyar tots el components per permetrà i muntar virtualment un primer prototip.



Fins a aconseguir el prototip acabat.

Un punt primordial en aquest punt de disseny és la tria dels material. El sistema de tria torna a ser l'estudi previ i la comparativa amb una valoració quantitativa que permet triar el material més favorable. Per els mecanismes.



| Material         | Ventajas  | Inconvenientes   |
|------------------|---|--|
| Aluminio         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja densidad</li> <li>- Fácil mecanización</li> <li>- Buena resistencia mecánica</li> <li>- Buena resistencia a la corrosión</li> <li>- Precio</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difícil reparación</li> <li>- Conductor eléctrico</li> </ul>                  |
| Fibra de carbono | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran resistencia mecánica</li> <li>- Muy baja densidad</li> <li>- Gran aislante térmico</li> <li>- Resistente a agentes externos</li> <li>- Resistente a variaciones de temperatura</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado precio</li> <li>- Difícil reparación</li> <li>- Fragilidad</li> </ul> |
| PRFV             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran aislante térmico</li> <li>- Gran resistencia mecánica</li> <li>- Baja densidad</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricación laboriosa</li> </ul>  |

| Propiedades                       | Materiales |                  |           |           |
|-----------------------------------|------------|------------------|-----------|-----------|
|                                   | Aluminio   | Fibra de carbono | PRFV      | ABS       |
| Baja densidad                     | 1          | 5                | 3         | 5         |
| Fácil mecanización                | 5          | 3                | 3         | 3         |
| Resistencia mecánica              | 3          | 5                | 3         | 3         |
| Resistente a la corrosión         | 3          | 5                | 5         | 5         |
| Aislante térmico                  | 1          | 3                | 5         | 3         |
| Aislante acústico                 | 1          | 3                | 5         | 3         |
| Aislante eléctrico                | 3          | 5                | 5         | 5         |
| Precio                            | 5          | 1                | 3         | 5         |
| Rigidez                           | 3          | 5                | 5         | 3         |
| Tenacidad                         | 5          | 1                | 1         | 5         |
| Fácil reparación                  | 1          | 3                | 5         | 1         |
| Resistente a agentes atmosféricos | 3          | 5                | 5         | 3         |
| Resistente al fuego               | 3          | 5                | 5         | 1         |
| Resistencia a los impactos        | 3          | 5                | 5         | 3         |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>40</b>  | <b>54</b>        | <b>58</b> | <b>48</b> |

*Criterio de selección del material más adecuado para las carcasas. (Fuente: Propia)*

S'utilitza el mateix procediment de selecció per a tots els materials, com per la tela protectora:

| Tipos de tejidos | Ventajas  | Inconvenientes  |
|------------------|---|---|
| Algodón          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran transpirabilidad</li> <li>- Elevada resistencia y durabilidad</li> <li>- Material versátil</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca elasticidad</li> <li>- Se arruga con facilidad</li> </ul> |
| Acrílico         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran resistencia a la luz solar</li> <li>- Gran recuperación elástica</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inflamable</li> </ul>  |
| Poliéster        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente a la humedad</li> <li>- Precio</li> <li>- Buena elasticidad</li> <li>- Buena resistencia</li> <li>- Resistente a altas temperaturas</li> <li>- Muy versátil</li> <li>- Impermeable</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada carga electrostática</li> </ul>                        |
| PVC              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran aislante térmico</li> <li>- Gran impermeabilidad</li> <li>- Larga vida útil</li> <li>- Resistente al desgarro y ruptura</li> <li>- Gran flexibilidad</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio elevado en comparación con otros textiles</li> </ul>    |
| Nylon            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena elasticidad</li> <li>- Gran resistencia</li> <li>- Impermeable</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja resistencia a la luz solar</li> </ul>                     |

*Ventajas y desventajas de los principales materiales para la tela. (Fuente: Propia)*

| Propiedades                         | Materiales |           |           |           |           |
|-------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                     | Algodón    | Acrílico  | Poliéster | PVC       | Nylon     |
| Baja densidad                       | 5          | 3         | 3         | 1         | 3         |
| Transpirabilidad                    | 5          | 1         | 1         | 1         | 3         |
| Impermeabilidad                     | 1          | 5         | 5         | 5         | 5         |
| Aislante térmico                    | 5          | 3         | 5         | 5         | 3         |
| Resistencia al desgarro             | 1          | 3         | 3         | 3         | 5         |
| Resistencia a la luz solar          | 3          | 3         | 5         | 5         | 1         |
| Resistencia a temperaturas extremas | 3          | 3         | 5         | 3         | 3         |
| Elasticidad                         | 3          | 3         | 3         | 3         | 5         |
| No se arruga                        | 1          | 3         | 5         | 5         | 3         |
| Precio                              | 3          | 3         | 3         | 1         | 3         |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>30</b>  | <b>30</b> | <b>38</b> | <b>32</b> | <b>34</b> |

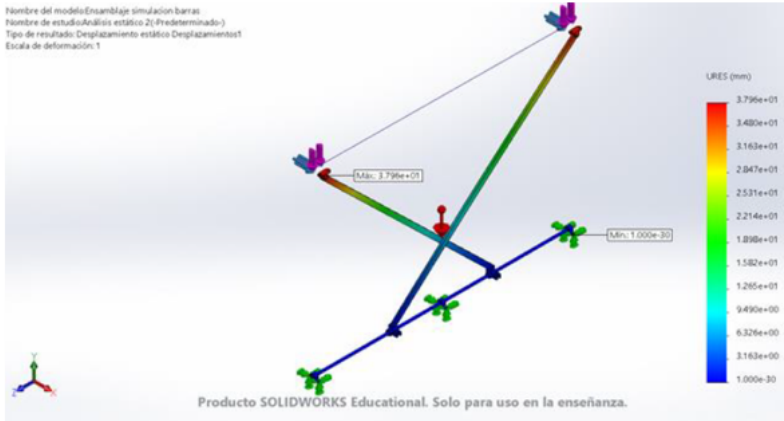
*Criterio de selección del material más adecuado para la tela. (Fuente: Propia)*

- Vuitè punt: **VERIFICACIÓ.**

Un cop definides les característiques bàsiques del nou model, triat el sistema, dissenyades les peces i definits el materials, amb les eines que s'ofereix a l'alumnat no només és possible el dibuix 2D i 3D per modelar tridimensional qualsevol forma, sinó que podem simular el moviments dels mecanismes, definir les diferents interaccions que les peces tenen entre elles, “posar el funcionament” el mecanisme i comprovar el resultat no només cinemàtic, sinó també intern de cada peça permetent estudiar el esforços a que estaran sotmeses, detectar possibles deformacions plàstiques o trencaments. Aquesta validació i redisseny aplicant els factors de seguretat que corresponguin, assegurarà que el resultat final tingui el comportament esperat.

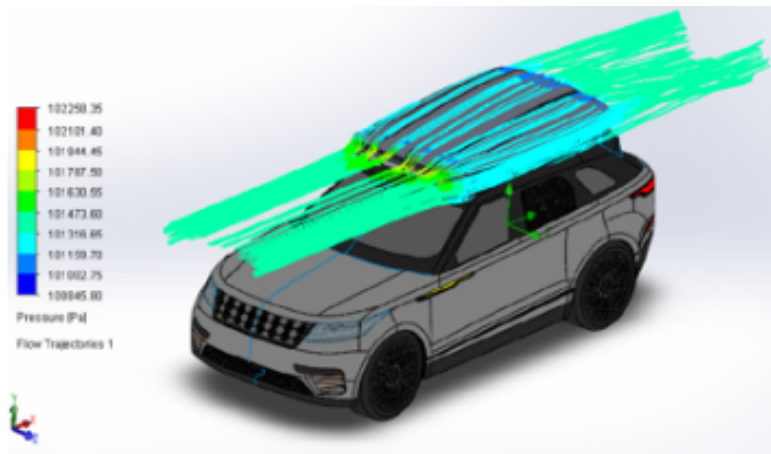
Les simulacions i validacions fetes van ser:

En els mecanismes d'obertura i tancament de la tenda.



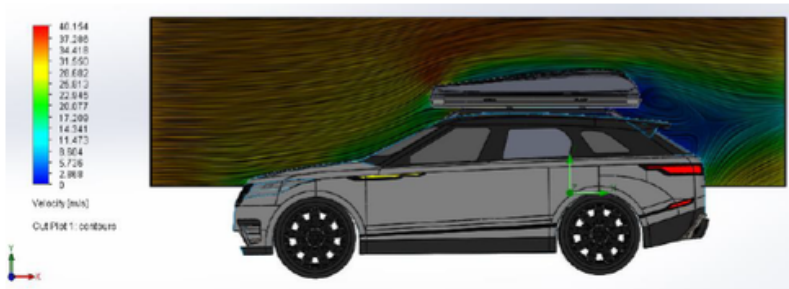
Desplazamientos estáticos del mecanismo de elevación. (Fuente: SolidWorks)

En l'aerodinàmica del conjunt.



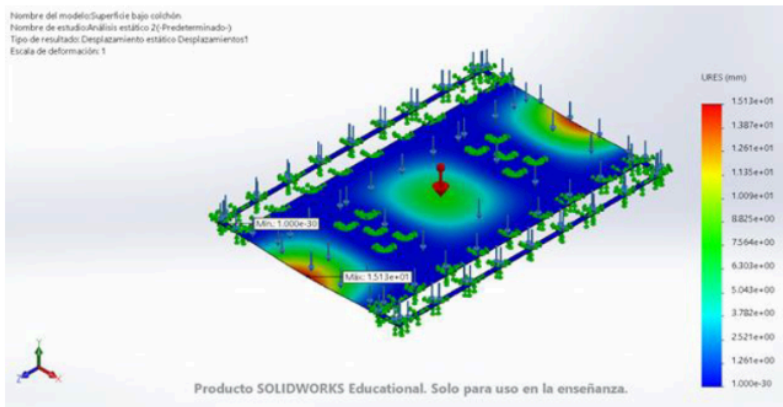
Líneas de corriente de presión. (Fuente: SolidWorks)





Vista lateral de las líneas de corriente de velocidad. (Fuente: SolidWorks)

La base, que és ahora suport i l'estructura general:



Desplazamientos estáticos de la superficie bajo colchón. (Fuente: SolidWorks)

Algunes d'aquestes peces, veient que tenien zones que entraven en deformació plàstica, es van haver de reforçar canviant la geometria per a augmentar la inèrcia i la resistència mecànica sense augmentar ni el pes, i per tant tampoc el cost total.

El darrer punt en aquest procés de disseny va ser la confecció d'una AMFE (anàlisi modal d'errades i efectes), per a preveure d'origen els possible problemes del sistema i dissenyar (o preveure)

ahora que el propi sistema els mecanismes de control o manteniment que els evitin, o de reparació per a evitar el màxim possible les conseqüències negatives de l'errada.

| Elemento              | Fallos potenciales           |   | AMFE           |    |    |           | Acciones propuestas  | Estado actual |   |    |           |
|-----------------------|------------------------------|---|----------------|----|----|-----------|--|---------------|---|----|-----------|
|                       |                              |   | Estado inicial |    |    |           |  | S             | O | D  | NPR-S-O-D |
|                       | Modo de fallo                | Efecto                                      | S              | O  | D  | NPR-S-O-D |  |               |   |    |           |
| Superficie bajo cojín | Deformación de la superficie | Deformación plástica                        | 7              | 5  | 2  | 70        | Modificación de la pieza original introduciendo apogeo.                    | 5             | 2 | 2  | 20        |
| Bandejas              | Descañado de las guías       | Dificultad en el cierre y en la apertura    | 7              | 2  | 8  | 112       | Introducción de las barras de unión para evitar descañados.                | 5             | 2 | 8  | 80        |
|                       | Deformación plástica         | Se doblan las bandejas por un peso excesivo | 10             | 4  | 8  | 120       | Reforzar las bandejas mediante vigas tubulares rectangulares.              | 5             | 2 | 8  | 80        |
| Piñón-cremallera      | Mal deslizamiento            | Mecanismo no engrana bien                   | 4              | 3  | 2  | 24        | Lubricación de mantenimiento: Engrase por parte del usuario del mecanismo. | 4             | 3 | 2  | 24        |
| Fijaciones            | Deformación permanente       | Fallo en el conjunto estructural            | 7              | 4  | 10 | 280       | Sustitución de las fijaciones de polipropileno por aluminio (D63).         | 4             | 2 | 10 | 80        |
| Barra en cruz         | Se doblan o se parten        | Deformación plástica                        | 10             | 2  | 8  | 160       | Utilización de materiales con un elevado límite elástico.                  | 5             | 1 | 8  | 40        |
| Tomatería             | Rotura de material           | Liberación de ningún elemento               | 6              | 2  | 10 | 120       | Utilización de tomatería de alta resistencia.                              | 3             | 1 | 10 | 30        |
| Techo                 | Rotura del material          | Instalación de la tienda                    | 10             | 2  | 4  | 80        | Utilización de materiales óptimos con bajas densidades.                    | 2             | 2 | 5  | 20        |
|                       | Geometría                    | Alta resistencia aerodinámica               | 10             | 10 | 1  | 100       | Rediseño de la superficie exterior del techo.                              | 2             | 2 | 1  | 4         |
| Base                  | Rotura del material          | Instalación de la tienda                    | 10             | 2  | 4  | 80        | Utilización de materiales óptimos con gran resistencia.                    | 2             | 2 | 5  | 20        |

Tabla de Análisis Modal de Fallos y Efectos, AMFE. (Fuente: Propio)

- **PRESSUPOST I ANÀLISI DE VIABILITAT.** Finalment se calcula el cost de fabricació i s'analitzen els costos de producció que permetin vendre el producte a un preu competitiu respecte els competidors.

- El **RESULTAT FINAL** és el següent:

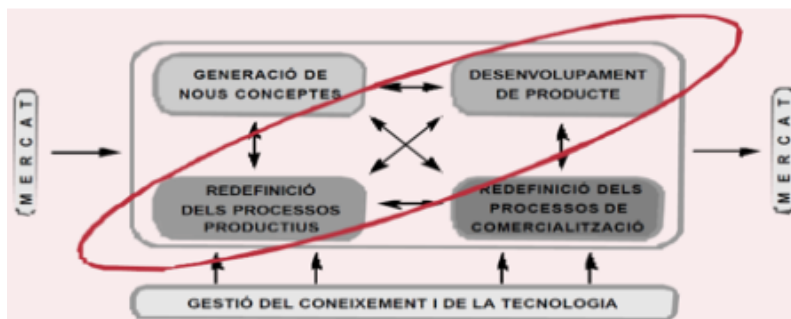




### 3. Conclusions

Les eines actuals de representació gràfica associades a l'enginyeria no només són eines de dibuix sinó que són eines que permeten la simulació de la realitat, la reproducció de les condicions reals de funcionament per a la verificació de les decisions de dissenys. La incorporació d'aquest tipus d'eines en les fases d'aprenentatge de les enginyeries, que permeten incorporar alhora totes les fases en el procés de disseny i verificació de les propostes, assegura un procés més curt en les formulacions de les propostes i la seva validació, i permet incorporar d'una forma més àgil i efectiva les modificacions i necessitats que el mercat demana.

Aquesta nova forma d'estructuració del procés de disseny, anomenada Enginyeria Concurrent, escurça de forma evident tots els processos previs a l'inici de la producció, encara que té com a contrapartida la necessitat de canviar les estructures clàssiques de les oficines tècniques tradicionals, augmentant les relacions i les capacitats d'interacció entre tots els agents que participen en el disseny.



Altres eines en les què s'introdueix als alumnes com a mecanismes objectius de presa de decisions davant de la tria de materials, mecanismes més adequats i recursos tècnics que satisfaran d'una forma més eficaç els requeriments esperants són, entre d'altres:

- Matriu de funció-Qualitat (QFD)
- Diagrames causa-efecte (d'Ishikawa), de Pareto o de Interaccions
- L'anàlisi d'errades i efectes (AMFE)

Tots aquests mecanismes permeten d'una forma quantitativa ajudar a la presa de decisions, valorant de forma objectiva les bondats de certes opcions i quantificant negativament les que són nocives pels objectius esperats. Operant i analitzant els valors obtinguts permeten avançar d'una forma ràpida i eficaç en el procés de disseny, així com amb la mateixa rapidesa i agilitat modificar les decisions preses si el mercat o les condicions de fabricació i distribució han canviat.

## Referències

- BRUSOLA SIMON, F. (1999). *Oficina tècnica y proyectos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 9788477217831.
- COMPANYS PASCUAL, R.; COROMINAS SUBÍAS, A. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales. Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*. Barcelona: Marcombo Boixerau Editores. ISBN 8426707173.

- FARRERONS, O.; & OLMEDO, N. (2016). *Las TIC y la Ingeniería Gráfica*. Omnia Science: Terrassa, Barcelona. <https://doi.org/10.3926/oms.306>
- GÓMEZ GONZÁLEZ, S (2015). *El Gran libro de SolidWorks. (2a ed.)*. Barcelona: Marcombo. ISBN 9788426721730.
- NICOLÁS, P. (2007). *Elaboración y control de presupuestos*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, SA. ISBN 9788480883436.
- PAHL, G.; BEITZJÖRG, W.; & GROTE, F. (2007). *Engineering Design [en línea]. (3th ed)*. London: Springer London. Consulta: 06/10/2016. ISBN 978-1-84628-319-2. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2>
- PUGH, S. (1990). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Wokingham, England [etc.]: Addison-Wesley Pub. Co., cop. ISBN 0201416395.
- ROMERO LÓPEZ, C (1997). *Técnicas de programación y control de proyectos*. Madrid: Piramide. ISBN 9788436811513.
- SANTOS SABRÁS, F. (2002). *Ingeniería de proyectos. (2ª ed)*. Pamplona: Eunsa. ISBN 9788431317232.
- STEVENSON, S.; WHITMORE, S. (2002). *Strategies for engineering communication*. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. ISBN 0471128171.
- URRAZA, G.; & ORTEGA, J. M. (2009). Diseño de una experiencia de aprendizaje por proyectos en la asignatura de Expresión gráfica y diseño asistido por ordenador mediante grupos cooperativos. *Revista de Formación e Innovación Educativa*, 2, 128-138. Retrieved from [http://refiedu.webs.uvigo.es/Refiedu/Vol2\\_3/REFIEDU\\_2\\_3\\_2.pdf](http://refiedu.webs.uvigo.es/Refiedu/Vol2_3/REFIEDU_2_3_2.pdf)
- ZAIÏDI, A. (1993). *QFD: despliegue de la función de calidad*. Madrid: Díaz de Santos. ISBN 8479780606.



# **Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto: Un Enfoque Práctico en Asignaturas Metodológicas**

**José María Ibáñez García**

EPSEVG. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resumen**

El autor del presente documento reflexiona sobre una serie de experiencias propias, en base a la docencia de la asignatura Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad (ENUA), que se imparte presencialmente en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG) en el cuarto curso del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

Con el objetivo de contribuir al proceso de mejora del aprendizaje, se plantean retos reales para que los estudiantes aporten soluciones plausibles. Disponer de un enfoque práctico en una asignatura de tipo metodológico como esta, se corresponde con la voluntad del profesorado de actualizar los métodos utilizados en clase, y por tanto del conocimiento que se genera, para responder a los requerimientos del ámbito profesional.

El profesor actúa como facilitador de una experiencia centrada en el alumno, fomentando el aprendizaje activo, promoviendo la motivación, evitando limitar la condición creativa, la calidad del diseño y la innovación que el alumnado puede aportar al poner en práctica su saber y sus propios recursos.

## **1. Introducción**

Cualquier persona interesada en recibir formación universitaria, tiene actualmente a su disposición una amplia red de instituciones académicas nacionales e internacionales, con una muy variada oferta

de estudios de primer, segundo y tercer ciclo. Tanto a distancia como presencialmente, los estudiantes deberán adquirir el conocimiento y las competencias (transversales y específicas) necesarias para el correcto desempeño de las labores propias de un determinado perfil profesional.

La fórmula que frecuentemente se utiliza para aprender es la repetición de información y, a no ser que este proceso sea reiterativo, la experiencia personal en clase dice que la retención de cualquier dato suele olvidarse a corto plazo. El comportamiento reactivo del alumnado es ciertamente normal: si el docente parece tener respuesta a todos los problemas, el conformismo por complacer al profesor puede dominar el resultado del trabajo de los estudiantes.

Traspassar esta frontera y conseguir que el comportamiento sea proactivo conlleva, tanto para el alumnado como para el docente, abandonar lo que comúnmente se llama la zona de confort. El enfoque práctico en asignaturas metodológicas permite abordar retos reales, estudiarlos, razonar la manera de resolverlos e incluso de probar y mejorar las posibles propuestas de solución.

## **2. Experiencias en clase**

Este es un proceso en el que tanto la docencia como el aprendizaje, requieren de un mayor esfuerzo por parte de todos los implicados: trabajar sobre una base proyectual (con la colaboración de empresas) puede provocar que el profesor no tenga respuestas concluyentes ante determinadas situaciones (al no tratarse de problemas preparados expresamente para resolverse en clase).

Por tanto, los contenidos van a tener que tratarse de manera diferente para llegar a conseguir que el aprendizaje mecánico (por repetición) se convierta en uno más consistente y profundo que permita entender el porqué de ciertas situaciones y las medidas o soluciones que deban aportarse.



El desarrollo de la parte de ENUA que imparte el autor del presente escrito se centra en la disciplina del *Design Thinking* y, cumpliendo con los requisitos del plan docente de la asignatura (séptimo cuatrimestre<sup>11</sup>), se decide evitar explicaciones demasiado extensas, permitiendo que el alumnado aplique los fundamentos transmitidos y los desarrolle trabajando en grupo. Este método lleva a que el docente adquiera el papel de facilitador y otorgue mayor protagonismo a la propia iniciativa de los estudiantes.

En los proyectos que se afrontan, se incluyen los condicionantes reales que ofrecen determinados tipos de usuarios, circunstancia que conlleva que la temática no esté completamente definida. Se irá precisando durante el transcurso del trabajo, se generará cierta incertidumbre (característica propia de cualquier actividad novedosa), fomentándose pues la curiosidad entre el alumnado para hacer aportaciones creativas y dejar a un lado la inquietud que supone el pensar que pueden cometerse errores.

### **3. Valoración y conclusiones**

En base a una serie de preguntas que componen las encuestas que los alumnos reciben por parte de la Universidad<sup>12</sup>, y que estos responden de manera anónima, se define la siguiente tabla para la asignatura de ENUA:

---

<sup>11</sup> Los estudios de Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto tienen una duración de cuatro años (ocho cuatrimestres). La carga lectiva de 240 créditos ECTS incluye el Trabajo Fin de Grado (TFG)

<sup>12</sup> El Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad (GPAQ), es la unidad encargada de gestionar y administrar las encuestas para conocer necesidades, expectativas, intereses, demandas y opiniones de los estudiantes.

| Curso | Respuestas del alumnado a las encuestas |         |         | Trabajo sobre base proyectal |               |                 |
|-------|---|---------|---------|------------------------------|---------------|-----------------|
|       | Particip.                               | Interés | Satisf. | Colab.                       | Tipo proyecto | Estudio usuario |
| 12-13 | 61 %                                    | 2,54    | 2,31    | -                            | Interno       | No              |
| 13-14 | 40 %                                    | 3,60    | 3,80    | Estudio PVI Ingeniería       | Profesional   | Sí              |
| 15-16 | 59 %                                    | 3,04    | 2,81    | EGE-EPSEVG                   | Interno       | Sí              |
| 16-17 | 59 %                                    | 3,86    | 3,00    | Festival Vida Internacional  | Profesional   | Sí              |
| 17-18 | 63 %                                    | 3,13    | 3,13    | Jardi-EPSEVG                 | Interno       | Sí              |
| 18-19 | 15 %                                    | 5,00    | 3,50    | Estudio PVI Ingeniería       | Profesional   | Sí              |

Tabla 1. resumen: participación estudiantil, interés, satisfacción del alumnado (valores numéricos comprendidos entre “1” muy en desacuerdo y “5” muy de acuerdo)

Los alumnos valoran positivamente la decisión de desarrollar la asignatura aproximando el ámbito académico y el profesional, y así lo reflejan los datos de las respectivas columnas “interés” y “satisfacción”: los valores iniciales “2,54” y “2,31” han ido en aumento de manera sostenida. La experiencia en clase dice que las oscilaciones observadas en esos valores, dependen de las particularidades de cada curso, las más determinantes son: el calendario académico previsto para el desarrollo de la asignatura, la posibilidad de acomodar las características del proyecto a ese tiempo limitado y la (habitual y poco predecible) disparidad de opiniones y valoraciones que se reciben de un mismo grupo de alumnos.

Para evitar que dicha disparidad condicione en exceso la determinación del profesorado por seguir con la puesta en práctica del método aplicado en la asignatura, a lo largo de las clases y de manera informal, se consultan aspectos del proyecto para disponer de información directa de los estudiantes.

Constatándose lo siguiente:

- Los estudiantes perciben que, como (futuros) expertos en la disciplina del Diseño, deben ser capaces de interactuar (de manera fluida) con distintos interlocutores expertos en otras disciplinas.

- Tanto la participación de los usuarios como la comprensión de los condicionantes particulares del caso de estudio, facilita dicha fluidez de interacción: les acerca a temáticas relacionadas con la innovación social<sup>13</sup>, permitiéndoles investigar soluciones no consideradas anteriormente (comúnmente asociadas a cambios en el comportamiento humano y a la evolución en la tecnología).

- El *feedback* que reciben los alumnos al presentar sus propuestas de solución, tanto por parte del profesorado como de la institución colaboradora, les permite cuestionar la manera tradicional de hacer las cosas, replantando, reestructurando y combinando de manera distinta elementos existentes.

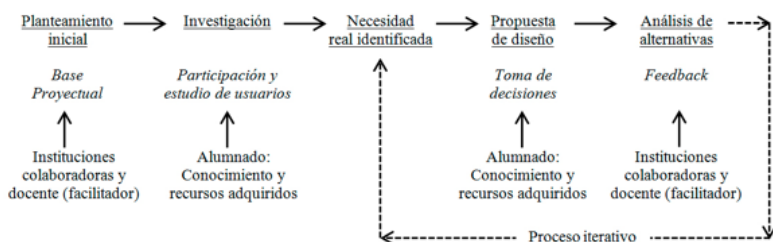


Figura 1. Representación esquemática del proceso de trabajo que se sigue durante el desarrollo de la asignatura. Las similitudes existentes con el método científico son fácilmente apreciables

<sup>13</sup> Soule, Malhotra, Clavier, s.f. *Defining Social Innovation*. [En línea] Disponible en: <<https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/csi/defining-social-innovation>> [Consultado en enero de 2020].

Atendiendo pues a las valoraciones y comentarios recibidos por parte del alumnado del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, el profesorado de la asignatura considera que el método de trabajo planteado en la asignatura de ENUA, hace su particular aportación para reforzar lo que se conoce como el triángulo del conocimiento (educación, investigación e innovación).

## **Mediación de la Plataforma Atenea en la EET**

**Francisco Bermúdez Rodríguez**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Resumen**

Desde hace prácticamente dos décadas, las plataformas de e-learning se han ido convirtiendo en un soporte fundamental de los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. En estas páginas se presenta una investigación llevada a cabo durante 4 años en una Escuela Superior de Ingeniería (ESEIAAT) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), realizada con la pretensión de aproximarnos a los diferentes usos que subyacen en las propuestas docentes mediadas por la plataforma Atenea: tecnológico, pedagógico y comunicativo. Para ello se desarrolló una metodología híbrida, con aportación de técnicas cuantitativas y cualitativas, cuyos datos se extrajeron, entre otros, por medio de un cuestionario dirigido al profesorado y la observación periférica de 144 asignaturas, la totalidad de las pertenecientes a las 7 titulaciones de ingenierías industriales y de telecomunicación de la antigua Escola d'Enginyeria de Terrassa. Los resultados del estudio nos revelan una buena adecuación tecnológica de las aulas virtuales, una gradual transformación pedagógica de los cursos propuestos y una casi inexistente explotación de las herramientas de comunicación.

## 1. Introducció

Los escenarios de EyA universitarios se han visto enriquecidos bajo diferentes perspectivas gracias a la adaptación del sistema educativo al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La paulatina inclusión de las TIC nos ha permitido expandir los espacios educativos más allá del tradicional espacio aulario, gracias a las posibilidades ofrecidas y sus características de uso.

Los palpables cambios que se han abordado en las vertientes docente, investigadora, de extensión universitaria y de gestión, propias de la Universidad, han supuesto un importante reto para la Institución, para lo cual se ha ido dotando de una significativa infraestructura tecnológica (Piriz, 2015). En la docencia, esta inclusión tecnológica se ha realizado de forma gradual y sin posibilidad de retorno, basado en las actuales TIC y acompañados de sistemas y dispositivos favorecedores de la formación y la comunicación.

El objetivo principal de esta investigación fue conocer los usos didáctico y comunicativo a los que se destina la plataforma Atenea, tanto por parte del profesorado como del alumnado, indagando acerca de las características de uso y las finalidades docentes de explotación de la misma, estableciendo los siguientes objetivos de investigación:

- Conocer las herramientas más utilizadas por el profesorado y las finalidades con qué se utiliza la plataforma.
- Detectar las posibles relaciones entre los usos docentes de la plataforma y algunas variables: género, experiencia docente, nivel formativo para el uso de la plataforma, área de conocimiento del profesorado y curso de impartición de la asignatura.
- Establecer una tipología de usos de la plataforma.
- Conocer las interacciones, detalles, sucesos y eventos de los cursos virtuales.

Nuestra hipótesis de partida es que la mera disponibilidad de estas tecnologías no supone un aprovechamiento didáctico de las herramientas y recursos que contienen, tratando de recoger indicadores de referencia significativos que nos permitan dirigirnos hacia una adecuación pedagógica y una veraz renovación educativa.

## **2. E-Learning y plataformas virtuales**

El crecimiento del e-Learning tiene su paralelismo al boom de internet de mediados de los 90, extendiéndose las herramientas de correo electrónico, conferencias telemáticas o los sistemas de aprendizaje gestionados por ordenador, a partir de las cuales se empezaron a crear materiales susceptibles de utilización en línea. Las plataformas virtuales aparecen a finales de esta década de forma que, sin requerir excesivos conocimientos informáticos para su utilización, aproximando los procesos EyA al usuario. Debido a la rápida evolución del sector TIC, muy pronto aparecen otro grupo de herramientas clave para la comunicación educativa y el trabajo colaborativo: chats académicos, foros y listas de discusión, wikis, blogs, talleres, etc.

El profesorado universitario se ve rodeado, en muy poco tiempo, de nuevas herramientas con las que conseguir sus objetivos docentes, muchas veces sin haberse planteado el establecimiento de nuevas estrategias y un sistema organizativo de las mismas. Además, el camino para lograr una educación de calidad con soporte de las TIC, éstas deben entenderse como herramientas mediadoras y no como una finalidad (Colás-Bravo, Conde-Jiménez & Martín-Gutiérrez, 2015; Rubia & Guitert, 2014; Torreblanca & Rojas, 2010).

Sin menospreciar la actitud positiva del profesorado hacia la inclusión tecnológica (Álvarez et al., 2011), las últimas investigaciones nos aproximan hacia un nivel de explotación tecnológica inferior a las expectativas creadas (Herrero, 2014) o con un mayor impacto en la

investigación que en la docencia (Maroto, 2007). Sólo hace falta observar la infrautilización universitaria de los espacios de compartición, creación de conocimiento y comunicación (redes sociales o, en general, web 2.0) para tener evidencias precisas (Gunawardena et al., 2009; Gómez, Ferrer & De la Herrán, 2015; Aymeric & Fedele, 2015, Prendes, Gutiérrez & Castañeda, 2015; Rodríguez, López & Martín, 2017). Todo ello nos acerca hacia una nueva concepción holística de la capacitación tecnológica del profesorado, superando el enfoque puramente instrumental y dirigiéndolo hacia el uso didáctico-educativo (Cejas, Navío & Barroso, 2016; Cabero, 2014; Fainholc et al., 2013; Koehler & Mishra, 2008). Entrando en detalle, Merma (2008) indica los objetivos competenciales a lograr por el profesorado: de conocimiento de su materia, técnica para el uso de las TIC, aplicable a su práctica docente, metodológica, de actitud positiva y crítica hacia las tecnologías, favorecedora de los procesos de Eya, de adecuación de recursos tecnológicos, de formación continua, de capacidad para el trabajo colaborativo en redes y de evaluación continuada.

Varias son las acepciones del término e-learning, comprendiendo desde modelos de educación a distancia (Martínez-Ribe, 2008; González & Esteban, 2013) hasta un tipo de enseñanza que supera las barreras espacio-temporales de la tradicional educación basada en el aula (Cabero & Llorente, 2010; La Rocca, 2014). No se trata meramente de un uso de la tecnología, sino que el e-learning precisa de nuevos enfoques metodológicos y docentes, así como una completa programación didáctica y programática, atendiendo a las diversas dimensiones propuestas por Area y Adell (2009):



|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Àrea documental</b>     | Todo tipo de información, en diferentes soportes, para el estudio autónomo del alumnado.   |
|                            | Tipología: textual, gráfica, multimedia, audiovisual, etc.   |
| <b>Àrea experimental</b>   | Conjunto de tareas a realizar por el alumnado provocando experiencias de aprendizaje traducibles a competencias. Desarrollo de habilidades cognitivas, actitudinales y sociales.                   |
|                            | Tipología: búsquedas de información, aprendizaje basado en problemas/proyectos, colaboración en wikis, trabajo colaborativo, redacción de ensayos, aportaciones en foros, etc.                     |
| <b>Àrea comunicacional</b> | Desarrollo de interacciones entre profesorado y alumnado mediante herramientas telemáticas.  |
|                            | Herramientas: foro, chat, mensajería interna, e-mail, videoconferencia, etc.   |
| <b>Àrea tutorial</b>       | Rol docente encaminado a la tutoría individual y grupal, así como al seguimiento y evaluación del aprendizaje del alumnado.  |
|                            | Tipología: recoge la contestación de correos, exposición de contenidos, explicación de actividades, programación temporal y seguimiento del curso, evaluación de actividades y participación, etc. |

Tabla 1. Áreas de actuación para propuestas e-learning (Area & Adell, 2009)

No es el e-learning el modelo de enseñanza universitario más frecuente en nuestro entorno más próximo, sino el de una educación con marcado cariz presencial, aunque eso sí, integrando las TIC como soporte a este modelo y configurando de esta forma un amplio espectro de tipos b-learning. Esta integración se ha efectuado, demasiadas veces, sin la oportuna formación tecnológica y pedagógica de los docentes y discentes (Islas-Torres, 2015).

Aunque existe una amplia gama de plataformas virtuales de enseñanza-aprendizaje, Moodle es la más extendida a nivel mundial, conteniendo una serie de características y herramientas muy similares al resto de ellas, cuya síntesis podemos apreciar en la Figura 1.

El uso de las plataformas virtuales en el seno de la universidad ha sido objeto de investigación desde el origen de estas tecnologías, tratando de aportar conocimiento a la integración de las mismas en la educación superior. En España fueron pioneros los estudios de Gewerc (2008) y Area (2008), ofreciéndonos como resultados una baja adecuación de la tecnología a la docencia, una escasa interacción

comunicativa, un predominio de la actividad del alumnado de forma autónoma y una bajísima utilización de materiales más innovadores del momento (multimedia y audiovisuales). Los posteriores trabajos ahondaban en un perfil de profesora con una concepción transmisora del conocimiento, para lo cual las TIC resultaban útiles como medio de acceso a la información (Salinas, 2008; Díaz, 2009) y con una eficacia dependiente de la edad del profesorado (Esnaola, 2015).

Por otro lado, muy pocas investigaciones nos aportaron datos acerca de la existencia de una renovación metodológica, sino más bien hacia unas finalidades orientadas a la presentación, puesta a disposición, gestión y organización de la información (Cabero, 2010; Díaz, 2009), así como al control de actividades individuales y grupales. Algunos hallazgos, aunque en reducido número, apuntan hacia el uso de herramientas de comunicación educativas como el chat académico, los foros y la mensajería interna, así como técnicas didácticas más dinámicas como el estudio de casos, el PBL, las simulaciones y los debates (Salinas, 2008; Díaz, 2009).

En base al conocimiento aportado en las anteriores investigaciones, se trataron de establecer algunas tipologías de



profesorado según el uso de las plataformas virtuales, como por ejemplo la realizada por Salinas (2008: p. 86), la cual sintetizamos en la Tabla 2.

No cabe duda que la inclusión técnica de las plataformas se ha realizado de forma más rápida que la inclusión cultural, persistiendo metodologías ancladas en el pasado y auxiliadas por nuevos medios, lo cual delimita a su vez el uso que hace el alumnado de la misma.

| Tipos  | Características  |
|--------|--|
| Tipo 1 | Profesores que utilizan la plataforma para la distribución de materiales y/o con la posibilidad de hacer alguna actividad puntual de forma voluntaria. Pueden usar la plataforma para la gestión de la asignatura, ya sea a través del calendario, del tablón, del foro, etc. También se incluyen aquí aquellos profesores que no utilizan plataforma, pero realizan tutorías o distribuyen material a través de correo electrónico. |
| Tipo 2 | Profesores que utilizan la plataforma para la distribución de materiales y realizan actividades individuales obligatorias.   |
| Tipo 3 | Profesores que utilizan la plataforma para la distribución de materiales y realizan actividades individuales y/o grupales obligatorias.  |
| Tipo 4 | Profesores que usan la plataforma para la distribución de materiales y para la realización de actividades, sean individuales y/o grupales obligatorias, así como la realización de trabajos colaborativos, también de forma obligatoria.   |
| Tipo 5 | Profesores que utilizan la plataforma para la realización de actividades, ya sean individuales, grupales o que han especificado realizar trabajo colaborativo. Estas actividades son de tipo obligatorio. Les diferencia de los demás perfiles que no ofrecen para su distribución ningún tipo de material.  |

Tabla 2. Tipología de profesorado según actividades desarrolladas en la plataforma. Fuente: Salinas (2008: p. 86)

Debemos hacer una mención especial a la comunicación educativa por medio de plataformas que, en nuestro caso, la situamos en un modelo b-learning con fuerte carga presencial y, por tanto, con una discreta necesidad comunicativa virtual (Gewerc, 2008; Bermúdez, Lapaz & Fueyo, 2016). La utilización de estas herramientas tampoco nos ofrece garantía de ser bidireccional (Rodríguez-Hoyos, 2009; Rodríguez-Hoyos & Fueyo, 2011), corroborando que el dominio técnico de éstas por parte del profesorado supera al manejo educativo

(Bermúdez et al., 2012), como por ejemplo el fomento de la participación del alumnado por medio de estas herramientas (Del Moral& Villalustre, 2009).

Por último, nos gustaría señalar la importancia de la formación recibida por el profesorado y el alumnado para el uso de las plataformas, muy dirigida hacia una concepción más tecnológica que pedagógica, determinando sus posteriores usos, y que en los aspectos edu-comunicativos es más cercana a una concepción 1.0 que a una 2.0 (Esnaola, 2015).

### **3. Metodología**

El diseño y desarrollo de las diferentes aulas virtuales existentes en una plataforma nos puede aportar algunos trazos característicos, que no todos, de la concepción que el profesorado posee acerca de sus propuestas docentes, aunque otras residan de forma tácita en su mente.

Este estudio lo situamos en el contexto de la investigación educativa, bajo perspectivas neopositivista e interpretativa, de cariz descriptivo y secuencial, para lo cual se utilizaron técnicas cuantitativas y cualitativas y utilizando las siguientes herramientas:

- Cuestionario docente, antes de la puesta en marcha de las asignaturas.
- Observación periférica de aulas virtuales, una vez finalizada la asignatura.

Para llevar a cabo la investigación se contó con la autorización y la complicidad de la Dirección de la Escuela, la Junta de Centro, la Comisión Docente, las 7 Unidades Docentes de titulación y el profesorado coordinador de asignaturas.

### 3.1. Cuestionario docente

El cuestionario puesto a disposición de los docentes se concretó, con una serie de modificaciones, a partir del desarrollado por Gewerc (2008), conteniendo 7 dimensiones principales y 88 ítems (Tabla 3).

|                                   | Dimensiones                                  | Ítems |
|-----------------------------------|--|-------|
| <b>Cuestionario para docentes</b> | 1-Datos generales                            | 6     |
|                                   | 2-Uso de la plataforma y formación recibida  | 2     |
|                                   | 3-Herramientas utilizadas                    | 20    |
|                                   | 4-Finalidad pedagógica utilización           | 10    |
|                                   | 5-Uso formativo                              | 11    |
|                                   | 6-Estrategias de enseñanza utilizadas        | 29    |
|                                   | 7-Valoración global del uso de la plataforma | 10    |
| <b>Total</b>                      |  | 88    |

Tabla 3. Dimensiones e ítems del cuestionario docente

El cuestionario requería respuestas de tipo dicotómicas y politómicas, algunas de ellas basadas en escala de Likert. Una vez completados, se trasladaron los datos al software SPSS para su posterior tratamiento.

La muestra utilizada englobó a todo el profesorado coordinador de asignaturas, 144 en total, obteniéndose un índice de respuesta del 100 %. La validez del cuestionario la realizó profesorado de 3 universidades españolas, cuyas sugerencias fueron recogidas en la versión definitiva. La fiabilidad y consistencia interna se consideró óptima a partir de algunos estadísticos como el Alfa de Cronbach (0,929), Spearman-Brown ( $\geq 0,70$ ), dos mitades de Guttman ( $\sim 1$ ) y correlación intraclass de estabilidad temporal ( $\geq 0,70$ ).

### 3.2. Observación periférica

Para la observación de los diferentes cursos se adoptó el papel de *lurker* (no participante) siguiendo un protocolo de observación basado en investigaciones previas (Orellana y Sánchez, 2006; Barberà, Mauri

y Onrubia, 2008; Aguaded y López Meneses, 2009; Santoveña, 2010, Villar, 2013 y Corredor, 2013) y orientado a conocer los rasgos tecnológicos, pedagógicos, comunicativos y otros de los diferentes cursos virtuales.

Los datos recogidos con esta técnica se recopilaron en una plantilla de observación (manual de campo) con formato abierto pero orientada a recopilar características de los cursos virtuales, atendiendo especialmente a las dimensiones y categorías que se observan en la tabla 4. Esta herramienta tuvo su bautismo en una prueba piloto mediante la observación de 15 aulas virtuales (~10 % del total), tras lo cual se incorporaron una serie de modificaciones de orden menor recogidas en la versión final de trabajo, ésta última utilizada en las 144 aulas disponibles.

El laborioso trabajo de campo se desarrolló en 4 cursos consecutivos, desde el 2013-2014 hasta el 2016-2017, cubriendo la totalidad de asignaturas impartidas en los 4 cursos de los diferentes grados ofertados en la Escuela (8 cuatrimestres lectivos).

### **3.3. Complementación y triangulación metodológicas**

Tras la recogida de información mediante las dos herramientas descritas, se procedió al contraste estadístico y descriptivo de los cuestionarios de profesorado con el análisis interpretativo de todos los cursos virtuales, por lo cual la metodología utilizada en esta investigación se basó tanto en la complementación como en la triangulación de resultados, procedimiento necesario para la anidación y/o contrastación de los mismos.

Este procedimiento utilizado aprovecha la lógica deductiva del paradigma cuantitativo y la inductiva del paradigma cualitativo, hecho que nos permitió contemplar la convergencia y/o la divergencia de los resultados obtenidos en aquellos aspectos considerados como esenciales en la investigación.

|  | Dimensiones               | Categorías   |
|--|---------------------------|--|
| <b>Observación periférica de aulas virtuales</b> | Datos de la asignatura    | Nombre asignatura<br>Curso de impartición<br>Cuatrimestre de impartición<br>Titulación(es) de impartición<br>Número de alumnado matriculado  |
|  | Aspectos tecnológicos     | Accesibilidad a los contenidos<br>Estructura y secuenciación<br>Tipología y propiedades de los recursos<br>Calidad de navegación   |
|  | Aspectos pedagógicos      | Información general del curso<br>Objetivos, competencias y capacidades<br>Ejemplos de conceptos y hechos presentados<br>Concordancia entre conceptos, ejemplos y actividades<br>Actividades y tipología de habilidades programadas<br>Elementos de evaluación<br>Estrategias didácticas<br>Tipo de acciones formativas (individual/grupal) y carácter (presencial/virtual/mixta)<br>Propuesta logocéntrica/paidocéntrica |
|  | Aspectos comunicativos    | Evidencias comunicativas y tipología<br>Cronograma del curso<br>Información del profesorado<br>Horarios de consulta/tutoría<br>Disponibilidad asincrónica<br>Lenguaje docente utilizado  |
|  | Otros aspectos relevantes | Sin cabida en los apartados anteriores   |

Tabla 4. Aspectos significativos para la observación periférica de los cursos virtuales

#### 4. Resultados obtenidos

El cuestionario de profesorado nos reveló, en su análisis unidimensional, un cuerpo docente con una media de edad de 47,4 años (rango entre 30 y 65 años), predominando la vinculación funcional (60 %), a tiempo completo (92,4 %) y de género masculino (81,3 %). Pertenecen a 17 departamentos de un total de 42 existentes en la UPC y, en el 75,7 % de los casos, poseen una

experiencia docente superior a 10 años. La mayoría (67,4 %) tenía una experiencia superior a 5 años en la utilización de Atenea, un 80,6 % la utiliza de forma continuada y un 63,2 % tiene un nivel formativo intermedio o experto para su uso.

El uso de la plataforma se orienta, principalmente, a la explotación de herramientas destinadas a la gestión de contenidos, guía docente, gestión de alumnado y el correo electrónico (directo o por plataforma). Con menor repercusión nos aparecen los foros de discusión, tutoriales, herramientas de evaluación y los espacios destinados a promover el trabajo colaborativo entre el alumnado. Podemos significar como testimonial o nula la utilización del blog docente, portafolio, web o blog docente y chat académico. La utilización de las diversas herramientas se puede observar en la Figura 2.

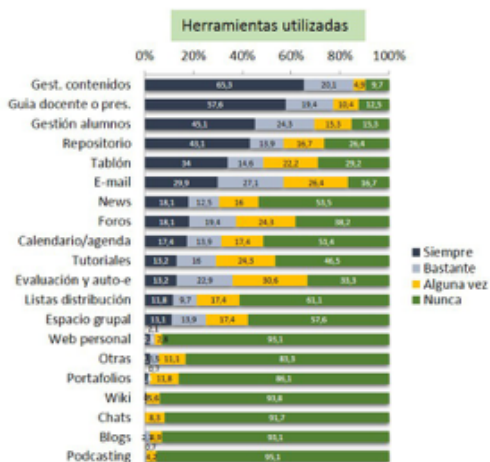


Figura 2. Herramientas de Atenea utilizadas por el profesorado



Mediante la utilización de la plataforma, el profesorado persigue, de mayor a menor medida, finalidades relacionadas con la presentación de contenidos, las actividades basadas en la resolución de problemas, la aclaración de dudas del alumnado, el estudio de casos relacionados con la materia impartida y el incremento comunicativo con los discentes. Las menos secundadas son el estímulo a la participación del alumnado, el fomento de la colaboración, el control de la participación y la creación de debates académicos. Estos resultados se observan en la Figura 3.



Figura 3. Finalidades perseguidas por el profesorado con el uso de Atenea

En cuanto al uso formativo de la plataforma por parte del profesorado, es palpable su orientación hacia la organización de la información y facilitar su acceso, la presentación de apuntes y el planteamiento de problemas. Con menor seguimiento se sitúan favorecer la autonomía del alumnado, el control de entrega de las diferentes actividades y la consolidación de conceptos. Con un mínimo índice de éxito podemos situar finalidades como facilitar la reflexión y el análisis, individualizar la enseñanza y estimular el trabajo colaborativo.

En cuanto a las estrategias secundadas destacan el aprendizaje basado en problemas y el trabajo individual del alumnado. Los procedimientos para introducir los contenidos en la plataforma son los temas relacionados con las clases presenciales, ejemplos, resúmenes y formularios, mientras que los elementos multimedia son de escasa utilización. Para el seguimiento del aprendizaje se suelen utilizar la evaluación continuada y la evaluación final, mientras que el portafolio es prácticamente inexistente.

La inclusión de la plataforma como soporte a la docencia ha provocado, en un elevado número de casos, modificaciones en las estrategias docentes, la reflexión en la praxis del profesorado y un paulatino cambio de rol, teniendo la percepción que la mediación tecnológica afecta positivamente al aprendizaje del alumnado. Los docentes valoran la disponibilidad de recursos en formato digital y las posibilidades comunicativas de la plataforma, sin entrar en conflicto con las metodologías puestas en marcha, aunque plantean negativamente la inversión de tiempo en estas tareas.

Los datos obtenidos en el cuestionario se utilizaron también para un análisis bidimensional, utilizando como variables independientes la edad, el número de alumnado matriculado en la asignatura, la frecuencia de uso de la plataforma, el curso de impartición y el nivel formativo en cuanto a la herramienta. Para hallar estas posibles correlaciones, se analizaron 400 tablas de contingencia mediante la valoración del estadístico chi-cuadrado de Pearson ( $\chi^2$ ), con un margen de error del 5 %, aunque en la mayoría de casos el error fue menor al 1 %. Las correlaciones más significativas las señalamos a continuación.

La frecuencia de uso de la plataforma y el nivel formativo adquirido por el profesorado para su uso están estrechamente ligados y de forma directa a la cantidad y variedad de herramientas utilizadas en Atenea. Esto mismo ocurre con la mayoría de finalidades docentes

perseguidas y los posibles usos formativos, en contraposición con la edad del profesorado. Esta asociación también persiste con respecto a las estrategias de enseñanza, si bien aquí se revela la conexión a una tercera variable: el curso de impartición. De esta forma, estrategias como el aprendizaje basado en proyectos y los talleres temáticos son mayormente explotados en los últimos cursos de carrera. Los docentes con mayor frecuencia de uso y formación en Atenea, consideran la plataforma como de fácil utilización, tiene motivación para su uso y tiene en cuenta los beneficios de una más fácil y ágil comunicación, aunque se muestra más crítico a los beneficios que aporta la tecnología a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La observación periférica de los 144 cursos nos aportó una gran cantidad de datos relativos a las dimensiones y categorías establecidas, así como otros no considerados a priori. Como técnica etnográfica, nos permitió observar una gran variedad y heterogeneidad de cursos virtuales, siendo una tarea difícil en la investigación detallarlos y sintetizarlos.

En los datos de asignatura se recogieron nombre, curso, cuatrimestre de impartición, titulación en la que se imparte y el número de alumnado matriculado (rango entre 12 y 478 alumnos).

Los aspectos tecnológicos observados nos revelan una buena accesibilidad de navegación y claridad en el diseño de cursos. Estas aulas virtuales se decantan hacia una estructuración según el tipo de actividad (teoría, problemas, prácticas), sin menospreciar las distribuciones temáticas y secuenciales. La mayor parte de los documentos de trabajo son elaborados por el profesorado y de diferente índole (formato), utilizando algunos docentes, además, la web personal o departamental.

En cuanto a los aspectos pedagógicos, cabe destacar una masiva utilización de la guía docente, documentos de presentación de la asignatura, cronograma de actividades, tareas y exámenes, así como

aspectos informativos de grupos de prácticas, objetivos de las diferentes tareas, su desarrollo y los entregables. En cuanto a competencias genéricas más ampliamente desarrolladas, destacan el aprendizaje autónomo, el trabajo grupal y la comunicación oral, en detrimento del emprendimiento e innovación o la tercera lengua. En los recursos utilizados destacan los materiales de lectura y presentaciones, con abundantes enlaces a recursos externos (videoteca UPC, OCW, materiales de otras universidades, etc.). Las actividades propuestas son de aula, extra-aularias y e-actividades, basadas en el aprendizaje basado en problemas y proyectos, lectura y estudio de casos y prácticas de asignatura. Gran parte de los cursos virtuales observados combinan el trabajo individual y el colaborativo, mientras que los recursos de evaluación se centran en la entrega de actividades, las pruebas tipo test y otras de evaluación automática.

En los aspectos comunicativos destaca la infrautilización de estas herramientas, utilizadas comúnmente de forma asincrónica y unidireccional por medio de foros temáticos o generales, el tablón de anuncios y la mensajería instantánea, promovida principalmente por el profesorado y con la finalidad de realizar avisos de carácter general o de índole organizativa. En escasas ocasiones se detectó la creación de debates o vehicular la generación de conocimiento y en ningún caso se observó la utilización o registro de chat académico.

Como observación relevante, se detectaron algunas propuestas formativas que bien podríamos considerar como buenas prácticas de e-learning, por su apertura a contenidos externos utilizados de forma discrecional, por la labor tutorial realizada por el profesorado mediante foros de seguimiento de actividades y resolución de dudas, propuestas de tareas para fomentar el pensamiento crítico, realización de materiales multimedia (Figura 4) y otros.

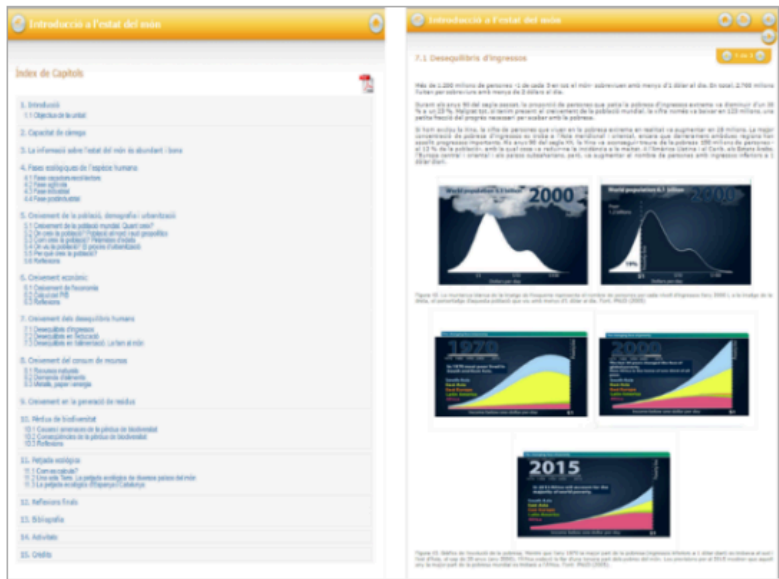


Figura 4. Material multimedia elaborado por el profesorado (atenea.upc.edu)

Para cumplir con el tercer objetivo de la investigación, se trató de establecer una tipología de usos de la plataforma Atenea, considerando aspectos claves como los materiales utilizados, las actividades propuestas y sus características, los sistemas de evaluación y algunos aspectos comunicativos. De todos estos aspectos, las actividades se revelaron como el más claro para establecer dicha tipología, en consonancia con la investigación realizada por Salinas (2008: pp. 86-87), hallando una perfecta similitud con 4 de los 5 tipos detectados por el autor, tal como puede observarse en la Tabla 5.

| Tipo de uso | Caracterización   |
|-------------|---|
| <b>A</b>    | Profesorado que no utiliza Atenea o lo hace principalmente para la distribución de materiales y con la posibilidad de realizar alguna actividad de carácter voluntario. También utilizan la plataforma para la gestión de la asignatura, así como el tablón de anuncios y algún foro. |
| <b>B</b>    | Profesorado que utiliza la plataforma para la distribución de materiales, la gestión de la asignatura y que además realiza actividades individuales obligatorias.   |
| <b>C</b>    | Profesorado que utiliza la plataforma para la distribución de materiales, la gestión de la asignatura y que además realiza actividades individuales y grupales obligatorias.  |
| <b>D</b>    | Profesorado que utiliza la plataforma para la distribución de materiales, la gestión de la asignatura y que además realiza actividades individuales y grupales obligatorias, estas últimas con un enfoque de trabajo colaborativo.  |

Tabla 5. Tipología de usos de la plataforma virtual. Fuente: a partir de Salinas (2008: pp. 86-87)

Establecida esta tipología para nuestra plataforma (Atenea), se concretó la distribución estadística para el profesorado de la Escuela, tal como se observa en la Figura 5. En ella se observa un predominio de los tipos C y D ante los A y B, decantándose el profesorado hacia la distribución de materiales, las herramientas de gestión de la asignatura y la realización de actividades de carácter obligatorio, tanto

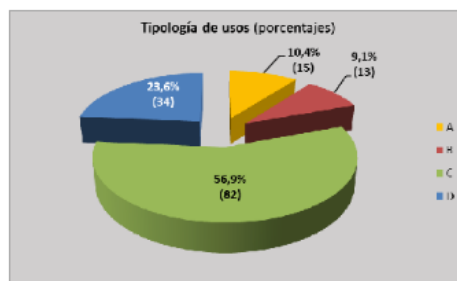


Figura 5. Distribución de la tipología de usos en Atenea

individual como grupal (80,5 %) y donde casi una cuarta parte (23,6 %) las enfoca como trabajo colaborativo.

## 5. Conclusiones

En primer lugar, nos gustaría destacar la idoneidad del diseño metodológico propuesto para la investigación, aunando la aportación de los datos cuantitativos con respecto a la objetivación y cuantificación de las propuestas docentes a partir de su propia concepción, con la observación de los cursos virtuales, aportación general y detallada de las características organizativas, pedagógicas y comunicativas de cada propuesta docente.

La radiografía del profesorado objeto de estudio nos acerca a un grupo de profesionales con amplia experiencia docente y mayoritariamente de género masculino, usuario frecuente de Atenea y con buena formación para el uso de la misma.

Las herramientas utilizadas en la plataforma son acordes con las finalidades perseguidas por el profesorado, sobresaliendo la presentación de contenidos, las actividades basadas en la resolución de problemas y proyectos y la presentación de casos, denotando clara analogía a las investigaciones de Gewerc (2008), Area (2008), Díaz (2009), Area y Adell (2009) y Cabero (2010).

Si bien en la mayoría de casos, los contenidos existentes en la plataforma son una extensión de la clase presencial, se discriminan las actividades aularias del resto, aunque existe un nutrido grupo de docentes que no distingue éstas por su carácter presencial o virtual, teniendo una visión integradora del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El profesorado se manifiesta altamente de acuerdo con la utilización de la plataforma, sus herramientas y funcionalidades, provocado al mismo tiempo una profunda reflexión acerca de su rol en la enseñanza y su praxis docente. Valora las posibilidades extra-

aularias de estas tecnologías y el no entrar en conflicto con sus actividades.

La baja utilización de las herramientas comunicativas se debe, principalmente, a la coincidencia espacio-temporal de profesorado y alumnado en los modelos educativos presenciales. Esta infrautilización queda reflejada en la explotación de herramientas propias de la web 1.0 (email y mensajería instantánea) en detrimento de herramientas más dinámicas y próximas a la web 2.0 (foro, wiki, blog docente). Este es un claro aspecto de mejora si queremos tender hacia la verdadera construcción de comunidades de aprendizaje, auspiciando la interacción personal y grupal en la práctica educativa y el aprendizaje ubicuo.

Al realizar un análisis bidimensional de los datos, este nos revela la escasa influencia de la edad del profesorado, el género, el curso de impartición o el número de alumnado matriculado en la asignatura como factores determinantes en la utilización de la plataforma Atenea, todo lo contrario que nivel formativo adquirido por el profesorado para su uso. La formación docente, en analogía a las conclusiones de Esnaola (2015), toma vital importancia para el uso de estos entornos educativos, normalmente más centrada en aspectos tecnológicos que pedagógicos.

Por último, reseñar que la complementación de técnicas nos ha permitido realizar una doble mirada enriqueciendo el conocimiento sobre el fenómeno estudiado, mientras que la triangulación nos ha acercado a la diferenciación entre el uso previsto de la plataforma (cuestionario docente) y el uso efectivo (observación periférica de cursos).

## Referencias

AGUADED, J. I.; & LÓPEZ MENESES, E. (2009). La evaluación de la calidad didáctica de los cursos universitarios en red: diseño e



- implementación de un instrumento. *Enseñanza & Teaching*, 27(1), 95-114. Disponible en <https://goo.gl/ZYclG0>
- ALVAREZ, S. et al. (2011). Actitudes de los profesores ante la información de las TIC en la práctica docente. Estudio de un grupo de la Universidad de Valladolid. *EDUTECC*, 35. Disponible en <https://goo.gl/dnHb0M>
- AREA, M. (Coord.) (2008). *Evaluación del Campus Virtual de la Universidad de La Laguna. Análisis de las aulas virtuales. Periodo 2005-07*. Disponible en <https://goo.gl/HmJ66I>
- AREA, M.; & ADELL, J. (2009). E-learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales. En De Pablos (Ed.), *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet* (pp. 391-424). Málaga (España): Aljibe.
- AYMERIC, L.; & FEDELE, M. (2015). La implementación de los Social Media como recurso docente en la universidad presencial: la perspectiva de los estudiantes de Comunicación. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 13(1), 19-33. Disponible en <https://goo.gl/dQ1uXb>
- BARBERÁ, E.; MAURI, T.; & ONRUBIA, J. (2008). *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en la TIC. Pautas e instrumentos de análisis*. Barcelona: Graó.
- BERMÚDEZ, F.; LAPAZ, J.L.; MARQUÉS, J.; VOLTAS, J.; & FUEYO, M. A. (2012). La formación pedagógica para el uso de plataformas virtuales: una asignatura pendiente. *Actas de las III Jornadas Internacionales de Campus Virtuales*, 101-104. Disponible en <https://goo.gl/WJRikn>
- BERMÚDEZ, F.; LAPAZ, J.L.; & FUEYO, M. A. (2016). Percepción y valoración del alumnado sobre propuestas b-learning en grados de ingenierías industriales y de telecomunicación. *Didáctica, innovación y multimedia (Revista DIM)*, 34, 1-16. Disponible en <https://goo.gl/t51o7t>
- CABERO, J. (Dir.) (2010). *Usos del e-learning en las Universidades Andaluzas: estado de la situación y análisis de buenas prácticas*. Disponible en <https://goo.gl/osgMaa>
- CABERO, J. (2014). Formación del profesorado universitario en TIC. Aplicación del método Delphi para la selección de los contenidos formativos. *Educación XXI*, 17(1), 111-132. Disponible en <https://goo.gl/LimUE6> <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10707>
- CABERO, J.; & LLORENTE, M. C. (2010). La experiencia formativa de los alumnos en el Campus Andaluz Virtual (CAV). *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 7(2). Disponible en <https://goo.gl/iAzPB4>
- CEJAS, R.; NAVÍO, A.; & BARROSO, J. M. (2016). Las competencias del profesorado universitario desde el modelo TPACK (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido). *Pixel-Bit, Revista de Medios y*

- Educación*, 49, 105-119. Disponible en <https://goo.gl/zuTyal> <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.07>
- COLÁS-BRAVO, P.; CONDE-JIMÉNEZ, J.; & MARTÍN-GUTIÉRREZ, A. (2015). Las redes sociales en la enseñanza universitaria: Aprovechamiento didáctico del capital social e intelectual. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 83, 105-116. Disponible en <https://goo.gl/H9hYeX>
- CORREDOR, N. A. (2015). *Criterios de calidad en el diseño pedagógico de un curso virtual*. Disponible en <https://goo.gl/I0CJ0e>
- DEL MORAL, M. E.; & VILLALUSTRE, L. (2009). Proyecto MATRIX. Modalidades de aprendizaje telemático y resultados interuniversitarios extrapolables al blended learning. *RIED, Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 12(2), 163-188. Disponible en <https://goo.gl/ET1AAJ> <https://doi.org/10.5944/ried.2.12.906>
- DÍAZ, R. (2009). *Usos y potencialidades didácticas de plataformas de teleformación en universidades andaluzas* (Tesis Doctoral). Universidad de Huelva (España).
- ESNAOLA, I. (2015). *Uso docente de la plataforma educativa ALUD en la Universidad de Deusto y su relación con otras variables educativas* (Tesis Doctoral). Universidad de Deusto, Bilbao (España).
- FAINHOLC, B.; NERVI, H.; ROMERO, R.; & HALAL, C. (2013). La formación del profesorado y el uso pedagógico de las TIC. *Revista Educación a Distancia*, 38. Disponible en <https://goo.gl/4wJIMs>
- GEWERC, A. (Coord). (2008). *Modelos de enseñanza y aprendizaje presentes en los usos de plataformas de e-learning en universidades españolas y propuestas de desarrollo*. Disponible en <https://goo.gl/eJYVDt>
- GÓMEZ, M.; FERRER, R.; & DE LA HERRÁN, A. (2015). Las redes sociales verticales en los sistemas formales de formación inicial de docentes. *Revista Complutense de Educación*, 26(Núm. Especial), 215-232. Disponible en <https://goo.gl/sdj6wz> [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2015.v26.46330](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.46330)
- GONZÁLEZ, K.; & ESTEBAN, C. (2013). Caracterización de modelos pedagógicos en formación en e-learning. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 39, 4-16. Disponible en <https://goo.gl/lqzzIE>
- GUNAWARDENA, C. N.; HERMANS, M. B.; SÁNCHEZ, D.; RICHMOND, C.; BOHLEY, M.; & TUTTLE, R. (2009). A theoretical framework for building online communities of practice whit social networking tools. *Educational Media International*, 46(1), 3-16. Disponible en <https://goo.gl/K5H3oM> <https://doi.org/10.1080/09523980802588626>

- HERRERO, R. M. (2014). El papel de las TIC en el aula universitaria para la formación en competencias del alumnado. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 45, 173-188. Disponible en <https://goo.gl/iYGRzS>  
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.2014.i45.12>
- ISLAS-TORRES, C. (2015). La interacción en el blearning como posibilitadora de ambientes de aprendizaje constructivistas: perspectiva de estudiantes. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 47, 7-22. Disponible en <https://goo.gl/E2ZARA> <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.01>
- KOEHLER, J.; & MISHRA, P. (2008). Introducing Technological Pedagogical Knowledge. En ACCTE (Ed.), *The Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators* (pp. 1017-1054). New York (EEUU): Taylor & Francis.
- LA ROCCA, R. C. (2014). Satisfacción de los estudiantes respecto a las acciones formativas e-learning en el ámbito universitario. *Pixel-Bit*, 44, 215-229. Disponible en <https://goo.gl/bxr4ly> <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2014.i44.15>
- MAROTO, A. (2007). El uso de las nuevas tecnologías en el profesorado universitario. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 30, 61-72. Disponible en <https://goo.gl/BaqfJj>
- MARTÍNEZ-URIBE, C. H. (2008). La educación a distancia: sus características y necesidad en la educación actual. *Revista de Educación*, 17(33), 7-27. Disponible en <https://goo.gl/YSTfQA>
- MERMA, G. (2008). Competencias del profesorado para el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza, en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. En R. Roig y J.E. Blasco (Ed.), *Investigación e innovación en el conocimiento educativo actual* (pp. 317-326). Alcoy, España: Marfil.
- ORELLANA, D. M.; & SÁNCHEZ, M. C. (2006). Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de Investigación Educativa (RIE)*, 24-1, 205-222. Disponible en <https://goo.gl/bvvDXW>
- PRENDES, M. P.; GUTIÉRREZ, I.; & CASTAÑEDA, L. (2015). Perfiles de uso de redes sociales: estudio descriptivo con alumnado de la Universidad de Murcia. *Revista Complutense de Educación*, 26(Núm. Especial), 175-195. Disponible en <https://goo.gl/fRCycw> [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2015.v26.46439](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2015.v26.46439)

- RODRÍGUEZ-GALLEGO, M. R.; LÓPEZ, A.; & MARTÍN, I. (2017). Percepciones de los estudiantes de Ciencias de la Educación sobre las redes sociales como metodología didáctica. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 50, 77-93. Disponible en <https://goo.gl/To81U1>  
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i50.05>
- RODRÍGUEZ HOYOS, C. (2009). *La teleformación en el ámbito de la formación continua: una investigación con estudio de casos* (Tesis Doctoral). Universidad de Oviedo (España).
- RODRÍGUEZ-HOYOS, C.; & FUEYO, M. A. (2011). La alfabetización audiovisual crítica en la sociedad de la información. Una experiencia de formación continua. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 39, 95-107. Disponible en <https://goo.gl/gnwRiw>
- RUBIA, B.; & GUITERT, M. (2014). Revolution in Education? Computer Support for Collaborative Learning (CSCL). *Comunicar*, 42, 10-13. Disponible en <https://goo.gl/phCsl0> <https://doi.org/10.3916/C42-2014-a2>
- SALINAS, J. M. (Coord.)(2008). *Modelos didácticos en los campus virtuales universitarios: patrones metodológicos generados por los profesores en procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos virtuales*. Disponible en <https://goo.gl/mfgmNJ>
- SANTOVEÑA, S. M. (2010). Cuestionario de evaluación de la calidad de los cursos virtuales de la UNED. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 25. Disponible en <https://goo.gl/Rcy2Fv>
- TORREBLANCA, O.; & ROJAS, S. (2010). Mediación tecnológica para el desarrollo de habilidades de observación en estudiantes de Psicología: un enfoque socioconstructivista. *Perfiles Educativos*, 127, 58-84. Disponible en <https://goo.gl/QhJoF0>
- VILLAR, G. (2013). *La evaluación de un curso virtual. Propuesta de un modelo*. Disponible en <https://goo.gl/TSE9M1>

## **Innovació en Disseny a partir del Negoci: Investigació, Desenvolupament i Innovació en el Disseny de Productes**

**Francesc Mestres-Domènech**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria. Enginyeria de Projectes i de la Construcció (UPC)

**José Luis Lapaz Castillo**

ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Resum**

Cada vegada més existeixen alumnes en escoles de disseny que es formen en gestió de negocis, alhora que, cada vegada més existeixen escoles de negocis que es formen en gestió del disseny. Així doncs, tots entenen el pla de negoci com una estratègia per a la gestió de la innovació i tots entenen el procés basat en *design thinking* com un procés estratègic per a la innovació en disseny i negoci.

I és el que es pretén detallar en el següent article. Com ambdues disciplines, i segurament d'altres, comparteixen estratègia que es poden normalitzar en els estudis de disseny com en els estudis de negoci, i com això s'ha plantejat en el marc de l'assignatura de Investigació, desenvolupament i innovació en el disseny de productes del Màster Interdisciplinari d'Estudis de Disseny.

Alhora, es presenta un pilot d'aquest enfoc del disseny basat en el negoci amb un repte de disseny que l'editora de mobiliari i il·luminació per l'habitat i *outdoor* Santa&Cole ha proposat als alumnes, en el marc d'aquesta assignatura del Màster. Així, en aquest article, es presenta les primeres conclusions d'aquest marc de treball en aquest projecte real.

## 1. Innovació en disseny a partir del negoci

Per a molts gestors en disseny, qui sovint participen en la innovació en negoci a l'empresa, descriuen les bases en que les empreses creen, proporcionen i capten valor basat en el model de generació de negocis de Alexander Osterwalder i Yves Pigneur que detallen com a metodologia en la seva publicació de *Business Model Generation* (Osterwalder, 2011).

No obstant, les estratègies cap a la innovació es poden enfocar des de diferents òptiques: innovació en producte o servei, innovació en el mercat, innovació en els processos, innovació social i la pròpia innovació en negoci. Més o menys amb aquest esquema és com es detalla en el Manual de Oslo (OECD, 2018) en la forma en que categoritza els tipus d'innovació. Però com es veurà amb més detall en els següents apartats, es pretén estructurar la innovació amb una mica més de categorització i encaixat en el model de negoci.



Figura 1. Business Canvas Model Template ([www.strategyzer.com](http://www.strategyzer.com))

Re-emprenent el model de negoci anterior d'Alexander Osterwalder i Yves Pigneur, es pot percebre com la innovació en negoci s'entén com un paraigües de les diferents òptiques abans esmentades.

Així doncs, en el marc de l'assignatura: **Investigació, desenvolupament i innovació en el disseny de productes del Màster Interdisciplinari d'Estudis de Disseny** que es realitza a Barcelona, s'ha volgut formar a l'alumne com a responsable de la innovació de producte, amb molta més tendència a com actua un gestor de disseny amb focus en el negoci, més que com a tècnic de desenvolupament de producte.

El principal motiu d'aquest enfoc, més de negoci que no tan de disseny, ha estat per que s'ha considerat que la instrumentalització per a dur a terme un desenvolupament de producte ja l'adquireixen amb més o menys mesura en els respectius Graus que han cursat anteriorment al Màster, i que alhora, aquest enfoc de disseny de negoci i potser menys acadèmic, s'acosta més a la realitat industrial de gestió en R+D+i i llançament d'un nou producte al mercat.

### 1.1. Què vol dir R+D+i?

Tothom l'hi ve al cap quan percep R+D+i, com l'acrònim que suma la Recerca, el Desenvolupament i la innovació. Inclús, es fonamenta sovint el discurs que la Recerca succeeix normalment a les Universitats i que el Desenvolupament és més habitual al dia a dia de la indústria. Amb aquest discurs i acrònim s'ha discrepat força al plantejament de l'assignatura i s'han definits nous arguments:

S'ha volgut definir molt clarament que s'entén per **innovació**. I sense entrar en detalls de ressenyes bibliogràfiques i dels continguts de l'assignatura, per que es puguí entendre ràpidament, s'ha definit una fórmula nova ( $i=I+C+D$ ). Entenem des de l'assignatura, que

aquesta fórmula encaixa millor en el procés de disseny amb cultura innovadora:

$$i \text{ (innovació)} = R \text{ (recerca)} + C \text{ (creativitat)} + D \text{ (desenvolupament)}$$

Si ens hi fixem, fuig de l'estàndard R+D+i. Per tan, la innovació tracte de cercar informació per inspirar-se, aprofitant continguts de la recerca per a definir *insights*, i així dibuixar una proposta de valor que resolgui una problemàtica clara d'un producte o servei. Tracte també de fomentar les dinàmiques creatives per prototipar diferents idees que resolguin aquesta proposta de valor cap a una solució d'un problema / necessitat per a l'usuari, o cercar una oportunitat de disseny diferenciadora que la faci molt més disruptiva i potent per al negoci.

Seguint en aquesta línia, es dibuixa un esquema amb el paraigües de la innovació en negoci i gestionada per la figura del dissenyador, tal i com es presenta en el següent gràfic:



Figura 2. Estructura innovació en negoci

Si que es cert que existeix certa inspiració en les tipologies d'innovació que es descriuen en el Manual de Oslo, però amb una estructura nova on es fonamenta la cultura de la innovació des del



negoci. Aquest fet és clau per l'enfoc que s'ha volgut transmetre a l'assignatura.

Analitzem a continuació com cada enfoc d'innovació encaixa en els continguts del model de Osterwalder amb el *Business Canvas Model*. Val a dir, que aquests enfocaments coincideixen en les càpsules de coneixement que han transcorregut durant les sessions de l'assignatura per fomentar aquesta visió de disseny de negoci.

## 1.2. Innovació en producte o servei

Innovar en producte o servei tracte de realitzar alguna cosa nova, projectar quelcom amb una visió de futur definida. De fet, molts investigadors en disseny parlen del *design fiction* o disseny especulatiu, però el fet es treballar enfront les tendències socials, tecnològiques, polítiques, ambientals, legals, etc.

El que vol analitzar el dissenyador es com innovar tracte en desenvolupar quelcom a diferents nivells, des d'una innovació incremental, a remolc de les exigències naturals del mercat actual, fins a una innovació més disruptiva, on el producte o servei proposa un disseny amb un impacte important a la societat amb un valor de negoci per a la empresa rellevant.

Per aconseguir una innovació més o menys rellevant en producte o servei, és clau desenvolupar una proposta de valor clara que porti un benefici als usuaris rellevant que l'hi resolgui un problema, que l'hi cobreixi una necessitat o que porti una oportunitat de disseny nova que abans no existia.

A l'assignatura s'ha treballat des de l'ADN del disseny quin és aquest nivell d'innovació. A mode individual, cada alumne ha destacat un producte o servei actual o històric amb el que han analitzat el nivell d'innovació en el moment del seu desplegament.

En el model de *Business Canvas Model* s'ha focalitzat sobretot pel repte de disseny de Santa&Cole en definir una proposta de valor

diferenciadora. Com a través de les diferents dinàmiques de treballs que s'han dut a terme en el repte de disseny plantejat, s'ha anat focalitzat aquesta proposta amb fermesa de l'empresa, l'usuari i les tendències del mercat.

### **1.3. Innovació en mercat**

Cercar oportunitats en el mercat a través del disseny és clau. A l'assignatura s'ha visualitzat com en el micro-entorn i del màrqueting mix, molt focalitzat amb l'empresa, és bàsic poder definir quina és la massa de mercat i sobretot, per a quins consumidors dissenyem.

I és així com ho hem transportat al model del *Business Canvas Model*. Per una banda, la definició del segment de mercat, molt reforçat amb el treball d'anàlisi d'usuari treballat en l'anterior part, però també quins seran els canals de distribució i també quins seran els canals de comunicació. És a dir, com s'adona el consumidor que la nostre proposta de valor (producte o servei) existeix.

Però s'ha volgut ampliar en la innovació en mercat des del macro-entorn. Poder analitzar que succeeix fora del context de l'empresa i del qual no es té control és important. És a dir, existeixen uns factors d'influència que poden impactar amb més o menys grau sobre la decisió del producte o servei a desplegar en el mercat. Per dur-ho a terme, s'ha fomentat l'anàlisi del macro-entorn a través de PESTEL. Aquest anàlisi representa l'acrònim de categories de factors d'influència següents: Polítics, Econòmics, Socials, Tecnològics, Ecològics i Legals.

### **1.4. Innovació en processos**

Una innovació en el procés (negoci o empresa) tracte d'introduir un nou o significativament procés de producció o de distribució millorat. Aquestes millores impliquen canvis significatius en les tècniques, els materials i/o els programes informàtics.

Les innovacions en els processos poden tenir per objecte disminuir els costos unitaris de producció o distribució, millorar la qualitat del producte o servei, o produir i distribuir nous productes o sensiblement millorats.

Les descripcions de l'esquerra del model *Business Canvas Model* fomenten la definició d'elements que són clau d'estudi per optimitzar els processos per dur a terme un nou projecte o empresa innovadora. Definir les activitats clau, els recursos clau i detectar les aliances i socis necessaris per dur-ho a terme, és bàsic per poder innovar en els processos. Evidentment, sense aquesta informació, és impossible poder descriure amb precisió una estructura de costos.

Es planteja a l'assignatura com descriure aquesta informació, sobretot per aquest últim aspecte comentat. Almenys poder obtenir una esquema de l'estructura de costos que determinarà desenvolupar un producte nou i, clar està, com s'obtidran els beneficis d'oferir el producte o servei en el mercat. En aquest cas, s'ha focalitzat contra el repte de disseny que planeja l'empresa i que més endavant es detalla l'experiència.

### **1.5. Innovació social**

Recordant l'esquema anterior, la innovació social es presenta amb dues càpsules diferents, però no gens distants: eco-innovació i la responsabilitat social. De fet, per una empresa amb cultura innovadora, ambdues responsabilitats, l'ambiental i la social, haurien de ser innegociables. El model de *Business Canvas Model* els factors socials han d'estar intrínsecs a la proposta de valor per als usuaris.

L'eco-disseny és una estratègia que es pot emprendre per aconseguir una fita del desenvolupament sostenible a través del que es poden aconseguir solucions més eficients que facin un millor ús dels recursos i redueixin alhora efectes secundaris negatius sobre el medi ambient.

Alhora, la innovació social (persones) és una solució nova a un problema social del que és més efectiu, eficient, sostenible o just que la solució actual del que el valor afegir aporta principalment a la societat com un tot en lloc d'únicament als individus.

## **2. Repte de disseny: Col·lecció il·luminària per l'editora de disseny Santa & Cole**

L'editora de disseny de producte per l'habitat Santa&Cole, proposa als alumnes de l'assignatura un repte de disseny per a una solució de il·luminària per a jardí, que segueixi la filosofia innovadora de l'empresa, en aquest context del disseny clàssic català.

Amb un *briefing* molt obert, deixen que els estudiant s'immergeixin a l'empresa per entendre molt clarament els valors del negoci i com aquests valors es volen impregnar en els productes que desenvolupen.

Per tan, en aquesta línia, ho fa encara molt més interessant el repte. I això succeeix gràcies a poder sentir de viva veu de la pròpia cofundadora de l'empresa, Nina Masó (<https://www.santacole.com/es/nosotros/descubre/>), i en el context de Santa&Cole, que haurà de tenir la solució aportada, tal i com un encàrrec de disseny real.

Les sessions a classe es focalitzen en fomentar el treball participatiu entre tots els alumnes per aprofundir en la innovació en producte centrada en l'usuari. Descriuen els actors principals i secundaris (*stakeholders*) que formaran part de l'ecosistema de la col·lecció a conceptualitzar. Comparen aquests personatges amb l'empresa i optimitzen els usuaris més rellevants i amb els que afinaran les línies de disseny.

En una forma de treballar molt semblant a la recerca d'usuari, s'analitza el mercat Santa&Cole per poder definir després un anàlisi de la competència i tendències per cercar àrees d'oportunitat dins d'aquest mercat.

Amb aquesta recerca realitzada, s'obtenen els primers *insights* i proposta de valor que ajudaran a definir les línies de disseny. Es treballen diferents dinàmiques creatives durant les sessions per obtenir idees per a conceptualitzar.

Actualment s'ha realitzat quatre equips amb diferents conceptes de disseny que es valoraran amb l'empresa durant el febrer del 2020.

Com a conclusió remarcar que és de un gran valor poder desplegar tota la inspiració de les càpsules de coneixement sobre innovació, contra un repte de disseny real per a una empresa real.

### **Referències**

- OECD. (2018). *Oslo Manual 2018*. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OSTERWALDER, A. (2011). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. In *African Journal of Business Management* (Vol. 5).



# **Red Internacional para la Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos (GESIT)**

**Oscar Farrerons Vidal**

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Agueda García Carrillo**

ETSEIB. Enginyeria de Projectes i de la Construcció (UPC)

## **Resumen**

La red internacional para la Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos (GESIT) es un programa cuyo propósito es impulsar la innovación y la competitividad en nuevos emprendimientos, mediante el fortalecimiento de capacidades e intercambio de recursos, en la red para la generación de mejores y nuevos productos o servicios. GESIT ha presentado y ganado un proyecto R+D+I competitivo del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Este proyecto, en que participan ocho universidades hispanoamericanas, lleva por nombre “Construcción y Evaluación de Capacidades Innovadoras del Sector Académico”, y su objetivo es fortalecer las capacidades de gestión de innovación tecnológica y social en las universidades mediante la interacción con actores públicos, empresariales y de la sociedad civil regional a fin de propiciar la economía productiva y emprendimientos para un desarrollo social inclusivo y sostenible.

## **1. Introducción**

La red internacional para la Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos GESIT, es un programa internacional con sede en Panamá, coordinado por la Dra. Sidia B. Moreno R. Su



Figura 1. Países participantes en GESIT:  
España, Argentina, Chile, Perú, Ecuador,  
Colombia, Panamá y Guatemala

propósito es impulsar la innovación y la competitividad en nuevos proyectos mediante el fortalecimiento de capacidades e intercambio de recursos en la red para la generación de mejores y nuevos productos o servicios.

GESIT es una red en que participan 42 profesores de ocho universidades y centros de investigación hispanoamericanos según podemos ver en la Figura 1 (Parque Tecnológico de Misiones INCUTEMI, Argentina; Universidad de Medellín, Colombia; Universidad de Concepción, Chile; Centro de Emprendimiento e Innovación - I3lab ESPOL, Ecuador; Universidad Galileo, Guatemala; Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria – CINEMI, Panamá; Universidad Católica de Santa María, Perú). España está presente a través de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), cuyos investigadores son los doctores Emili Hernandez Chiva, Beatriz Amante García, Oscar



Farrerons Vidal, Carlos Sierra Garriga, Xavier Carod de Arriba, bajo la coordinación científica de la doctora Agueda García Carrillo.

GESIT ha presentado el proyecto R+D+I Competitivo “Construcción y Evaluación de Capacidades Innovadoras del Sector Académico” (CECIAC) al actual Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) patrocinado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en la convocatoria 2018. El proyecto CECIAC ha sido seleccionado y patrocinado con un importe de 100.000€, y se desarrollará en un universo temporal de 4 años, entre el 14 de enero de 2019 y el 14 de enero de 2023. El contacto internacional del proyecto es la Dra. Zoila Yadira Guerra Castillo, de la Universidad Tecnológica de Panamá.

## **2. Objetivos**

Son pocas las universidades que han tenido éxito en la transmisión de conocimiento a empresas y sociedad, y menos aún aquellas que han conseguido crear sistemas donde fluya el conocimiento en ambas direcciones. El desarrollo de nuevas capacidades de innovación en universidades es vital para el desarrollo de los países por lo que se busca fortalecer la cultura de innovación en la comunidad académica para responder a los desafíos de la sociedad.

El objetivo general del proyecto CECIAC es fortalecer las capacidades de gestión de innovación tecnológica y social en las universidades socias del consorcio GESIT mediante la interacción con actores públicos, empresariales y de la sociedad civil regional a fin de propiciar la economía productiva y emprendimientos prosociales para un desarrollo social inclusivo y sostenible.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Mapear las trayectorias de desarrollo y los nuevos nichos de actividad de las instituciones académicas participantes.

- Identificar buenas prácticas para la circulación de conocimiento entre la sociedad civil y las universidades colaboradoras.

- Proponer mecanismos para el trabajo colaborativo eficaz de operadores de investigación científica y de enseñanza superior con las comunidades locales para abordar desafíos sociales no resueltos.

- Promover el emprendimiento pro-social desde la academia y desde la sociedad civil para generar respuestas innovadoras genuinamente iberoamericanas a los grandes “retos globales”.

- Crear una plataforma regional que facilite el uso de mecanismos de innovación como lo son las incubadoras, los Fablabs, centros de I+D y redes colaborativas para la gestión de innovación (RENGIS, etc.) de los países miembros con el fin de incrementar el intercambio crítico y productivo entre la academia y su entorno.

### **3. Metodología y plan de trabajo**

#### **3.1. Metodología propuesta**

Se crean grupos de operadores científicos y académicos de los países miembros para fortalecer e impulsar la innovación en la región; propiciando la generación de nuevas empresas y emprendimientos sociales.

Se mantendrá la participación activa de todos los grupos integrantes de la Red GESIT, con la clara percepción de la existencia del beneficio mutuo y del trabajo colaborativo para facilitar una plataforma de gestión regional, capaz de mantenerse de manera sostenible y eficaz, luego de concluir el proyecto.

### **3.2. Áreas de actuación**

El proyecto CECIAC contempla cuatro áreas de acción:

- Mapear trayectorias de circulación del conocimiento y la transferencia de tecnología, mediante la técnica de mapping innovation.

- Generar e implementar propuestas de procesos dinámicos de gestión de innovación tecnológica y social mediante referente regional de buenas prácticas.

- Instituir mecanismos para la gestión de vínculos, comunicación y socialización entre los científicos, académicos, gestores públicos y miembros de la sociedad civil de los diferentes países que conforman la red GESIT.

- Establecer herramientas de sostenibilidad a través de la implementación de una plataforma regional universidad-sociedad para la transferencia de resultados de I+D y de saberes desde y hacia la sociedad civil, para atender desafíos y generar emprendimientos pro-sociales.

Estas cuatro áreas de acción serán complementadas con tres ámbitos transversales para el fortalecimiento de capacidades:

- Crecimiento, consolidación y renovación a través de procesos de capacitación, asesoría técnica de expertos, actividades encaminadas a la solución de problemas y la generación de emprendimientos pro-sociales.

- Gestión de la innovación en la que se estudiarán factores y mecanismos que hacen posible la generación de nuevas ideas, y de cómo puede convertirse en realidad con resultados concretos desde el punto de vista de los diferentes tipos de innovación: producto, proceso, organización y mercado.

- Documentación y Difusión a lo largo de toda la experiencia, mediante el uso de herramientas efectivas: web, redes sociales,

publicación de revistas, comunicaciones en congresos, desarrollo de eventos de difusión de resultados nacionales e internacionales y actividades de interacción.

### **3.3. Enumeración y descripción de las actividades**

El proyecto comprende varias fases de ejecución en 4 años. Durante el primer año se procede al mapeo de trayectorias de circulación del conocimiento y la transferencia de tecnología. Actividades a realizar en tres fases.

- Fase 1. Establecer línea base. Tareas:

- Codiseño y validación de instrumentos para la recolección de información y de experiencias locales
- Aplicación de instrumentos y procesamiento de la información
- Desarrollo de línea base
- Informe de resultados

- Fase 2. Iniciar Desarrollo de Plataforma Regional (7 meses). Tareas:

- Contratación de asistente técnico-administrativo)
- Evaluación de requerimientos para la adecuación de la plataforma.

- Fase 3. Informe de resultados y lecciones del primer año (4 meses). Tareas:

- Aplicación de herramienta de autodiagnóstico para generar hojas de rutas que fortalezcan emprendimientos innovadores tecnológicos y prosociales.
- Taller presencial con toda la red: desarrollar habilidades para la investigación y para la gestión de nuevos emprendimientos innovadores, a través de un programa de capacitación continua en metodología de búsqueda de información científica y

tecnològica, metodologia de la investigació y formulació de projectes I+D+i.

- Preparació y presentació formal de informe de avances y resultados.

Durante el segundo año se procede a la generación e implementación de propuestas de procesos dinámicos de gestión de innovación (tecnológica y/o social). Tareas:

- Creación de canales de intercambio y de transferencia de conocimiento entre los actores identificados

- Diseño y prueba de plataforma para la interacción regional

- Identificación de oportunidades para iniciar nuevos emprendimientos pro-sociales con aplicación de tecnologías emergentes

- Crear espacios de networking en las universidades y en organizaciones comunitarias y de la sociedad civil organizada

- Identificar proyectos de I+D+i que puedan ser desarrollados de manera colaborativa entre academia, empresas y sociedad civil

- Preparación y presentación formal de informe de avances y resultados.

Durante el tercer año es necesario generar e implementar propuestas de procesos dinámicos de gestión de innovación tecnológica y social. Tareas:

- Identificar y describir referentes regionales de buenas prácticas.

- Desarrollo de hoja de ruta (implementar proyectos colaborativos).

- Implementación de plataforma organizada y estructurada para la búsqueda sistemática de apoyo a los grupos de investigación.

- Identificación de convocatorias nacionales e internacionales para la gestión de financiamiento.

- Realizar encuentros presenciales y virtuales.

- Desarrollo de capacitaciones en línea con expertos de la Red.
- Sensibilización de grupos de I+D+i en cada país socio.
- Construcción del portafolio de servicios regionales (soflanding regional, etc.)
- Programa de Difusión de experiencia y resultados.
- Preparación y presentación formal de informe de avances y resultados.

Durante el cuarto año se crearan mecanismos para la gestión de vínculos, comunicación, socialización, y procesos de sostenibilidad.

Tareas:

- Firmas de acuerdos, alianzas estratégicas y de otras formas de cooperación entre los actores.
- Programa de Difusión de experiencia y resultados.
- Identificación de políticas y marco legal de cada país para establecer mecanismos que garanticen sostenibilidad.
- Preparación y presentación formal de informe final de resultados.

### **3.4. Encuentros**

En el momento de redactar la presente comunicación ya se han llevado a cabo dos encuentros presenciales.

Entre los días 3 y 5 de julio 2019 tuvo lugar en la ciudad de Panamá la primera reunión de proyecto CECIAC (Figura 2). Las jornadas de trabajo tuvieron lugar en la UTP que realizó un gran esfuerzo organizativo lo que contribuyó a que las jornadas fueran un gran éxito. Hubo la participación de todos los países integrantes de la red. Uno de los logros fue el acercamiento de la propia Red a los gestores del Canal de Panamá en aras de una futura colaboración en proyectos de innovación.



Figura 3. Primera reunió presencial del projecte en Panamà. (CECIAC)



Figura 4. Visita Parc Motor Castellolí, de esquerra a dreta: Prof. Emili Hernández, Dra. Sidia Moreno, Dra. Zoila Castillo, Dra. Johanna Pelay, Sra. Hernández, Dr. Oscar Farrerons. (Foto Zoila Castillo)

Entre los días 28 de octubre y 3 de noviembre 2019 se celebró en Barcelona el segundo encuentro presencial del proyecto. Varios miembros del grupo asistieron al taller de capacitación en Mapping Innovation (About Building Talents, Design Thinking 4 Change

Makers, Mapping Innovation, Methodological Approaches, Program Director Academic Staff) impartido por el profesor Pere Juarez, especialista en esta metodología. Entre otras actividades se visitó el Centro de Investigación de la Universitat de Barcelona y los proyectos realizados en Parc Motor Castellolí-Barcelona (Figura 4) un referente tecnológico con un ecosistema integrado de innovación en el ámbito del vehículo conectado y autónomo.

#### **4. Conclusiones**

La red internacional para la Gestión de Innovación y Tecnología en Nuevos Emprendimientos es un programa con sede en Panamá, cuyo propósito es impulsar la innovación y la competitividad en nuevos proyectos mediante el fortalecimiento de capacidades e intercambio de recursos en la red para la generación de mejores y nuevos productos o servicios.

El proyecto CECIAC es un proyecto R+D+I Competitivo patrocinado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo que pretende conseguir beneficios intelectuales y repercusión en los países e instituciones participantes, fomentar la formación de recursos humanos en todos los niveles académicos y sociales, desarrollar un plan de difusión incluyendo seminarios y artículos, provocar la transferencia de resultados para repercutir el proyecto en el sector productivo académico de cada país, y finalmente conseguir la sostenibilidad de la red GESIT mediante la viabilidad técnica y económica una vez finalizado el apoyo de CYTED.

#### **Referencias**

AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO – AECID. (2019). <http://www.aecid.es>



- CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE CAPACIDADES INNOVADORAS DEL SECTOR ACADÉMICO. (2019). <http://www.cyted.org/es/ceciac>
- ECOAULA.ES (2018). *El binomio universidad-empresa, clave para mejorar la innovación en España*. <https://www.eleconomista.es/ecoaula/noticias/9167037/05/18/El-binomio-universidadempresa-clave-para-mejorar-la-innovacion-en-Espana.html>
- FUNDACIÓ EMPRESA I CIÈNCIA. (2019). <http://fundacioempresaciencia.cat/es/>
- FUNDACIÓ PARA LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA – UOC. (2019). <https://www.uoc.edu/portal/es/universitat/organitzacio/fuoc/index.html#>
- MIKEL LANDABASO, J. A.; PÉREZ-NIEVAS, J. M. ET AL. (2003). *Innovación tecnológica, universidad y empresa*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura. OEI.
- PROYECTO CECIAC. (2019). <https://futur.upc.edu/23599055>
- RED DE FUNDACIONES UNIVERSIDAD-EMPRESA - REDEFUE (2019). <http://redfue.es/>
- RED PARA LA GESTIÓN DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EN NUEVOS EMPRENDIMIENTOS - GESIT. (2019). <http://www.redgesit.org/es/>



# **Projecte LIFE Tritó. Comitè d'Experts en Hidrologia del Parc Natural Reserva de la Biosfera del Montseny**

**Oscar Farrerons Vidal**

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

## **Resum**

Es presenten els objectius que han portat a constituir un comitè d'experts en hidrologia del Parc Natural Reserva de la Biosfera del Montseny dins del projecte europeu Life Tritó del Montseny. S'exposa la metodologia seguida durant més d'un any de vigència del comitè, a través de treball en línia i sobretot en tres jornades presencials portades a terme en sessions de matí i tarda a la seu del parc (Masia Mariona). Els resultats que han donat lloc a aquests estudis s'han agrupat pel que fa a la dinàmica natural, a les activitats humanes i les seves afectacions, i a la gestió del medi i l'aigua. Es proposa de crear una xarxa de seguiment a mig i llarg termini. El comitè d'experts destaca prioritats i interrelacions de les propostes plantejades.

## **1. Introducció**

L'Oficina Tècnica del Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny (PNRB Montseny) té el repte de vetllar per la salvaguarda de la qualitat ecològica del parc i gestionar la convivència entre la realitat socioeconòmica de la zona amb la conservació de la naturalesa. Actualment disposa d'un seguit de mesures de gestió i actuacions dissenyades per tal d'abordar aquesta fita. El Pla de

Conservació del Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny<sup>14</sup> conté mesures pels diferents àmbits (biòtic i abiòtic) amb l'objectiu de millorar les condicions dels hàbitat de les diferents espècies protegides del parc.



Figura 1. Logo del projecte.

Font: PNRB del Montseny

És amb aquesta finalitat que es va desenvolupar el projecte Life Tritó Montseny<sup>15</sup> (Figura 1), que s'enfoca particularment a millorar les condicions dels torrents on viu aquesta espècie endèmica. Tanmateix, el projecte promou diferents mesures que volen incidir sobre la recuperació de la dinàmica hidrològica necessària per mantenir aquest hàbitat tan peculiar.

El projecte Life Tritó Montseny va crear un comitè d'experts per tal d'assessorar als tècnics del projecte sobre la cinquantena d'accions previstes executar. Arrel de la primera trobada del comitè va sorgir la necessitat de crear un grup de treball tècnic específic per estudiar la hidrologia del PNRB Montseny. Per tal de permetre el treball conjunt amb els experts d'hidrologia, es va organitzar un procés participatiu dirigit a investigadors amb l'objectiu de caracteritzar i entendre millor la dinàmica hidrològica del massís del Montseny i dibuixar una estratègia per fer-ne un seguiment. Els experts que han participat en aquest comitè es poden veure a la Taula 1.

Aquest comitè d'experts ha treballat en línia i s'han organitzat tres trobades presencials per poder posar en comú la feina: 8 de novembre de 2018, 14 de maig i 18 de juny de 2019 amb jornades de 9h a 18h, a

---

<sup>14</sup> <https://parcs.diba.cat/web/montseny/pladeconservacio>

<sup>15</sup> <http://lifetritomontseny.eu/>

la seu del PNRB Montseny, oficines de Masia Mariona (poble de Mosqueroles, terme municipal de Fogars de Montclús).

| <b>Nom i cognom</b>             | <b>Afiliació</b>  |
|---------------------------------|---|
| <b>Alfredo Pérez Paricio</b>    | Agència Catalana de l'Aigua                               |
| <b>Anabel Sánchez</b>           | C. Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals CREAF        |
| <b>Anna Àvila</b>               | C. Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals CREAF        |
| <b>Anna Lupon</b>               | Centre d'Estudis Avançats de Blanes CEAB-CSIC             |
| <b>Anna Menció</b>              | U. de Girona, directora de la Càtedra d'Aigua i Salut     |
| <b>Annelies Broekman</b>        | C. Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals CREAF        |
| <b>Daniel Guinart</b>           | Oficina Tècnica del PNRB Montseny                         |
| <b>David Bonilla</b>            | Nestlé SA. Responsable Recursos Hídrics i Medi Ambient    |
| <b>Diana Puigserver</b>         | UB. Dep. de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada   |
| <b>Enric Sagristà</b>           | Centre d'Estudis Avançats de Blanes CEAB-CSIC             |
| <b>Eugènia Martí</b>            | Centre d'Estudis Avançats de Blanes CEAB-CSIC             |
| <b>Francesc Gallart Gallego</b> | Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua       |
| <b>Francesc Sabater</b>         | UB. D. Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals |
| <b>Jérôme Latron</b>            | Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua       |
| <b>Joan Goma Martínez</b>       | UB. D. Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals |
| <b>Jofre Herrero Ferran</b>     | G. Recerca Geologia Econòmica, Ambiental i Hidrologia     |
| <b>Jordi Cristóbal</b>          | Universitat Illes Balears                                 |
| <b>Jordi Font</b>               | AXIAL Geologia i Medi Ambient SL                          |
| <b>Jordina Grau</b>             | Oficina Tècnica del PNRB Montseny                         |
| <b>José Ma. Carmona Pérez</b>   | UB. Dep. de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada   |
| <b>Josep Mas-Pla</b>            | Institut Català de Recerca de l'Aigua                     |
| <b>Lurdes Martínez Landa</b>    | Universitat Politècnica de Catalunya                      |
| <b>Maria Barrachina</b>         | Tècnica Reserva Biosfera del Montseny                     |
| <b>Marta Puiguriguer</b>        | AXIAL Geologia i Medi Ambient SL                          |
| <b>Monica Bardina</b>           | Agència Catalana de l'Aigua                               |
| <b>Narcís Vicens</b>            | Oficina Tècnica PNRB Montseny. Diputació de Girona        |
| <b>Oscar Farrerons Vidal</b>    | Universitat Politècnica de Catalunya                      |
| <b>Pilar Llorens</b>            | Inst. Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC)    |
| <b>Sònia Solórzano</b>          | Oficina Tècnica del PNRB Montseny                         |
| <b>Susanna Bernal</b>           | Centre d'Estudis Avançats de Blanes CEAB-CSIC             |
| <b>Xavier Carreras</b>          | Agència Catalana de l'Aigua                               |

Taula 1. Comitè d'Experts en hidrologia del Montseny

Les jornades presencials han estat dinamitzades pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)<sup>16</sup>, amb suport tècnic a l'equip del parc per tal de desenvolupar aquest procés participatiu específic. Annelies Broekman i Anabel Sánchez, ambdues del grup d'aigua i canvi global del CREAF, van desenvolupar la facilitació de la trobada i la redacció dels informes resum final.

## 2. Objectius

Els objectius de la primera jornada van ser:

- Constituir el grup d'experts sobre la hidrologia del Montseny que pugui assessorar al PNRB Montseny en els propers anys que permetin establir l'objectiu marcat.
- Crear un fons documental on es puguin recollir els treballs fets fins ara sobre la hidrologia del Montseny.
- Recollir les principals conclusions útils per respondre a preguntes concretes relatives a la gestió de l'aigua al PNRB Montseny.

En base als resultats obtinguts en la primera trobada, es va donar seguiment al procés amb l'objectiu general d'identificar línies futures de treball, i específicament amb els propòsits:

- Consolidar el grup assessor, incloent nous membres.
- Definir amb més detall les necessitats d'informació del gestor.
- Interpretar correctament els treballs científics.
- Detectar buits de coneixement i aspectes que no compten amb consens científic.
- Identificar les línies futures de treball pels hidròlegs.
- Els objectius específics de la tercera jornada van ser:
- Emmarcar les oportunitats de finançament.

---

<sup>16</sup> <http://www.creaf.cat/ca>

- Cercar sinergies entre línies de treball per optimitzar esforços.
- Trobar la formulació adequada per Projectes Nacionals.
- Considerar formulacions adients per Projectes Europeus.
- Detectar grups de recerca per liderar una proposta.

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Primera Jornada**

Es van preparar unes preguntes per part de l'Oficina Tècnica PNRB Montseny relacionades amb els treballs que estan portant a terme, dividides en tres blocs: Hidrologia general, Connectivitat i Impacte dels usos. Cada bloc va ser introduït amb una presentació dels reptes al que s'enfronta el PNRB Montseny, seguit per un debat facilitat entre els investigadors. Es van prendre notes amb projecció en pantalla per tal que els assistents poguessin corregir eventuais aspectes tècnics difícils de captar.

Abans de la trobada es va demanar als experts d'aportar els estudis que avalen les seves contribucions al debat, amb l'objectiu de construir un arxiu de referències bibliogràfiques vinculades als temes tractats. Molts participants van contribuir abans de la sessió, altres referències van sorgir durant el debat. Durant el desenvolupament de la sessió es va indicar la necessitat de millorar l'intercanvi de dades i informacions científiques, tasca pendent de resoldre a nivell tècnic. Es valora la possibilitat de crear un espai web específic per acollir el fons documental i permetre als participants del comitè d'aportar documents i consultar fàcilment el fons.

#### **3.2. Segona Jornada**

Es va iniciar la jornada amb la mostra de les conclusions de la primera fase. Daniel Guinart presentà l'estat de la implementació del projecte Life Tritó, els avanços obtinguts i les necessitats

d'informació que van sorgint. Es brindaren les noves preguntes que es formulen des dels reptes als que s'enfronta la gestió del PNRB Montseny. Els investigadors van fer un treball per grups de recerca, on es va omplir fitxes que caracteritzen idees orientades a respondre les preguntes presentades.

Es van exposar les preguntes en uns paperògrafs, invitant als experts de penjar les fitxes amb les propostes de recerca a sota de la pregunta corresponent. En total es van desenvolupar 17 preguntes, dividides en 4 blocs temàtics. Les contribucions es van analitzar mitjançant un debat plenari en el que els participants van explicar la seva contribució. El debat va permetre que s'identifiquessin les propostes transversals, si faltava alguna proposta per completar la resposta, i s'identifiquessin les propostes que responen a més d'una pregunta (hi havia un "calaix de sastre" per recollir eventuais elements que podrien ser útils al conjunt de respostes).



Figura 2. Participants a la segona jornada presencial a Masia Mariona (PNRBM)



En sessió de tarda (Figura 2) es van posar les bases per a la propera trobada, orientada a fomentar el desenvolupament d'iniciatives concretes de recerca, establir noves col·laboracions i trobar convocatòries concretes que financin línies de recerca. Per això es va demanar als investigadors d'omplir una fitxa identificant les barreres i oportunitats que es van trobar en experiències prèvies.

### **3.3. Tercera Jornada**

Es presenten les principals conclusions de la segona trobada. Per això s'havia preparat una fitxa resum que agrupava les 22 propostes de recerca generades i es va demanar als participants que aportessin les seves consideracions per tal d'assegurar que inclogués tot lo que es considera més rellevant.

Tot seguit es va demanar als assistents que indiquessin les relacions entre propostes d'estudi, tant en quant a la relació entre els diferents nivells d'anàlisi, com en quant a complementarietat i prioritització.

Olga Roig, responsable de projectes internacionals del CREAF, va donar una visió general de les oportunitats de finançament ofertes pels programes europeus, presentant uns elements clau per entendre quines característiques tenen, quines coses s'han de tenir en compte i quines serien més compatibles amb els objectius del grup. La sessió es va nodrir de molta informació.

Sessió en plenari, amb un debat obert sobre les oportunitats exhibides i convidant els participants a contribuir al codisseny d'un únic "projecte marc", independentment de la compatibilitat d'aquest amb les potencials fons de finançament analitzades.

## 4. Resultats

### 4.1. Dinàmica natural

Es destaca que totes les respostes són complementaries entre si. Per tal d'obtenir informació sobre la dinàmica hidrològica dels torrents s'haurien de combinar l'ús d'instruments d'aforament (xarxa instrumental) amb l'observació directa (ciència ciutadana – xarxa d'observadors).

Amb el projecte Life Tritó s'està treballant amb unes fitxes per recollir les observacions de la presència o no d'aigua als torrents en estudi. S'ha d'avaluar el règim del cabal del torrent, tenint en compte les variacions en el temps del cabal històriques, durant l'any i comparar entre anys permetria avaluar el canvi global. És important tenir present l'estacionalitat, entendre el règim, no mitjanes anuals.

La xarxa instrumental també hauria d'incloure piezòmetres per saber que passa en fondària. Seria clau aprofitar els piezòmetres existents per fer assajos hidràulics com a part integrada de la xarxa de monitoratge.

És fonamental un estudi d'hidrogeologia a gran escala del massís per contribuir al model conceptual de la conca. La geologia del Montseny és molt complexa i s'hauria d'estudiar les fractures geològiques que influeixen el flux de l'aigua dels torrents, per això és fonamental incloure un seguiment en continu d'isotopia i hidroquímica.

S'ha d'incloure la variabilitat espacial i altres factors que caracteritzen el torrents, per tal d'identificar patrons en les dinàmiques i poder seleccionar quins torrents i quins punts s'han de incloure a la xarxa instrumental.

És molt important tenir en compte les condicions meteorològiques i considerar el micro-clima, incloent aspectes com la ubicació, la litologia i la vegetació; i amb una visió més ampla de la zona

circumdant del torrent en estudi. L'hàbitat del tritó s'ha de tenir en compte.

S'ha de medir, a part dels cabals dels torrents, mesures en continu de la conductivitat, la temperatura de l'aigua, d'oxigen dissolt i llum incident. Aquestes dades cobriren un mínim de 10 anys, així es podrien avaluar els canvis. Per tal d'estimar el cabal del riu s'han de combinar mesures en continu i puntuals.

Per analitzar la interconnexió riu-aquífer i riu-torrent al llarg del temps es necessiten paràmetres de conductància del llit del riu o torrent, el valor de gradient hidràulic i la conductivitat hidràulica.

Per tal de caracteritzar el recurs disponible hi han dues visions complementaries: a) Trobar llocs que representin la conca de manera integrada, caracteritzada per a una certa homogeneïtat i una mida de conca idònia per poder gestionar, tipus conca pilot; b) Encara que fem un nombre de petites conques representatives no tindrem la informació de la conca perquè la diversitat geològica és massa gran per intentar entendre la variabilitat en punts claus d'una mateixa conca.

Els estudis tenen escales diferents i l'elecció també depèn de l'objectiu de l'estudi. Per conèixer els cabals dels torrents i rieres, com a primera base caldria un model hidrològic a nivell de subconca (hi ha 4 al Montseny, però es podrien re-definir segons objectiu). S'haurien de utilitzar els aforaments, piezometries per prendre dades puntuals de punts representatius. Encara no funcionen molt bé els models hidrològics dels torrents intermitents, però hi ha treballs al respecte.

Altre punt seria fer un anàlisi d'hidrogrames per separar el cabal bàsic (subterrani) i el superficial (relació torrent/aquífer). Mitjançant la definició el temps d'esgotament de la riera es pot intentar entendre de forma teòrica que passarà amb el cabal del torrent. Aquests hidrogrames poden servir també per calibrar el model teòric i es podrien proposar prognosis de futur.

Per poder tancar el balanç hídric del massís, s'han d'estudiar també els fluxos profunds i molt profunds. Es necessiten dades i instrumentació específica per obtenir-les i l'àmbit de l'estudi no s'hauria de delimitar al parc si no mes enllà, generant un mapa piezomètric a escala global que pot esbrinar cap a on van els fluxos. El model numèric necessita tenir present l'efecte bora.

La fragmentació de competències en la gestió de l'aigua fa que tot es miri de manera esmicolada, quan s'hauria de mirar de manera conjunta.

En lloc de fer grans models, s'haurien d'adjuntar les previsions que es tenen i amb la informació de projeccions fer una lectura de la realitat, generant una visió consensuada i crítica.

L'efecte de la gestió pot ser tant o més important que el canvi climàtic. Hi ha una relació directa entre el bosc de ribera i l'aigua, i els efectes de canvis d'usos del sòl, que són molt grans sobre el cabal. És necessari veure com afectaria a futur el canvi climàtic al règim hidrològic tenint el compte la cobertura i fer bona gestió del bosc de ribera.

#### **4.2. Activitats humanes/afectacions**

Un cop el model hidrològic conceptual estigués fet, per veure l'impacte de les activitats humanes en els llocs de mostreig es podrien fer analítiques de les aigües, inclòs compostos orgànics, fosfats i nitrats, i comunitats microbianes.

Es demostra que en algunes zones del Montseny hi ha un fons hidroquímic anòmal i la presència d'algunes substàncies. Es tractaria de fer un estudi geoquímic de sediments en xarxa dicotòmica per determinar el contingut metàl·lic adsorbit a la fracció fina dels seguiments. Això permetria saber on està la font d'origen.

El tritó (Figura 3) habita justament en zones amb aquestes anomalies, per tant es tractaria de repetir això en torrents amb o sense



Figura 3. Tritó del Montseny. Font: Felix Amat,  
[lifetritomontseny.eu/imatges](http://lifetritomontseny.eu/imatges)

tritó i hauríem de veure com ha afectat i com afectaria la seva disminució. No hi ha consens en la sensibilitat del tritó a la hidroquímica. Per una banda s'alimenta de macroinvertebrats que tenen una gran sensibilitat als metalls, i per l'altra, als aquaris de cria s'utilitza aigua de l'aixeta.

Per avaluar els impactes dels usos sobre els nivells freàtics les fonts poden ser punts de mostreig idònies, donat que existeix una gran riquesa de dades històriques i actuals.

Recuperar les fonts té un gran valor etnogràfic, amb història i literatura. S'han de recuperar les fonts i la xarxa d'observació de manera que aquesta informació serveixi per complementar les dades científiques. Des de fa tres anys s'han anotat dades qualitatives també (sodi, potassi, ferro, nitrats, PH, etc...)

L'efecte del bosc sobre la dinàmica hidrològica del Montseny és molt important i es pot estudiar de diferents maneres. Una metodologia seria basada en dades històriques, relacionant l'evolució de les fonts amb l'evolució del bosc (últims 100 anys). É previsible que es pugui relacionar l'augment de la massa forestal del Montseny amb l'assecament de les fonts. Un altra metodologia seria actual,

elaborant escenaris per a petites conques i veure quina és la relació entre boscos i aigua dins d'aquest àmbit (anàlisi amb isotopia). Aquests estudis ens poden dir quin serà el futur de les espècies forestals amb un clima canviant.

Si hi ha actuacions de gestió forestal a alguna de les conques d'interès, també es pot aprofitar per veure quins efectes té a nivell hidrològic.

### **4.3. Gestió del medi i de l'aigua**

Per tal de poder desenvolupar una modelització integrada s'haurien d'identificar subconques representatives de diferents ambients.

Per avaluar l'impacte de les captacions i l'efectivitat de sistemes alternatius com a la recollida d'aigües de pluja, és molt important dedicar atenció a la variabilitat espacial de l'aigua als torrents i la seva geomorfologia. S'haurien de prendre dades molt seguides en l'espai, freqüents i en molts punts per tal de caracteritzar aquesta variabilitat.

Per conèixer la quantitat d'aigua que es podria extreure de forma "sostenible" s'ha de conèixer el sistema hidrològic amb les propostes anteriors. Encara que aquesta informació no estigui disponible, es poden buscar aproximacions indirectes per estudiar la hidrologia i detectar anomalies. En aquest sentit estarien disponibles les dades relatives als paràmetres i indicadors utilitzats per calcular els cabals ambientals per part de l'ACA.

Quan s'avalua l'impacte d'una captació no solament s'ha de mirar el volum extret sinó també el moment de l'extracció, tenint en compte el règim del torrent.

El grau de sobreexplotació es pot avaluar fent balanços hídrics per subconques. Si després es poguessin estimar les demandes per aquests àmbits d'estudi seria possible obtenir dades per model matemàtic.

Es considera que qualsevol captació directe del riu determina un impacte sobre els cabals i l'hàbitat del tritó. Les captacions d'aigua subterrània poden tenir un impacte molt gran (per exemple, si la captació es fa en un medi fracturat i cal anar a molta profunditat, el torrent pot canviar la seva dinàmica i passar a ser influent).

No hi haurà una solució única, en alguns llocs la solució podrà plantejar-se com combinació de solucions. En funció del règim de cabals es podran trobar les millors solucions per a cada cas.

Per afavorir que el sistema no es deteriori més del que està, s'han de protegir les zones de recarrega preferent. En aquestes zones estan les grans captacions perquè son zones on hi ha mes facilitat d'extreure cabals.

No hi ha consens sobre les mesures d'adaptació més adients per mantenir les característiques de les riberes perquè al Montseny existeixen molts tipus diferents de lleres, moltes amb una pendent i on no hi ha un bosc de ribera pròpiament dit.

Quina vegetació és mes adient promoure depèn de la cadena tròfica més que ecològica. En quan a la gestió de les riberes doncs, es podria fer una geomorfologia a la carta, adequada a l'objectiu, i fixar reptes lligats al que volem descobrir. S'ofereixen referències de guies per a els gestors i experiències de bones practiques per al manteniment i gestió dels boscos de ribera.

S'ha se tenir en compte també la gestió de la captació: evitar que hi hagi un flux continu, promoure la instal·lació de dipòsits i comptadors per tal de verificar que s'agafa solament l'aigua que es necessita.

Es proposa com a mesura de precaució que s'haurien de donar els permisos d'extracció solament després d'haver controlat el nivell d'impacte. Les fonts poden ser un bon indicador d'una afectació d'usos.

Per tal de poder gestionar bé les demandes i els seus impactes es necessària una major coordinació entre administracions.

#### **4.4. Xarxa de seguiment a mig i llarg termini**

Per tal de muntar una xarxa de seguiment adequada, s'ha d'identificar quins punts són els millors per posar els instruments. En un primer moment seria important centrar-se en caracteritzar les aigües superficials del torrents per tal de tenir informació necessària per decidir on es posa els piezòmetres subterranis. Hi ha zones del sistema molt vulnerables a les captacions de dins i fora del parc.

S'ha de construir un glossari de termes claus per tal d'afegir les interpretacions i diferents significats per part del grup interdisciplinari.

Es necessari una xarxa de seguiment que funcioni també respecte a la capacitat d'anàlisi i el paper de cadascú (per exemple el model basc, on l'agència de l'aigua recull les dades i les universitats les analitzen).

Una bona gestió necessita la ciència, i aquest grup ha de posar sobre la taula la importància de tenir la informació fonamental per prendre decisions sostenibles.

#### **4.5. Prioritats i interrelacions de les propostes plantejades**

Cal estudiar com s'integren amb criteris homogenis les dades que es recopilen. Per desenvolupar una estratègia de monitoratge, les dades que ja hi són ens permetran saber què falta incloure. Pel disseny de la estratègia s'ha de tenir una idea de la família de models que es volen fer servir per saber quines dades s'han de recollir.

S'ha de distingir les activitats necessàries per escales: micro i macro. A vegades és més fàcil recollir dades a nivell micro i trobar les variables clau que et permeten saltar a la escala macro. A escala macro hi ha qüestions que no es poden abastar, per això és important trobar conques model per fer la instrumentalització.



A nivell d'hidrogeologia s'ha de començar a escala macro. És vol posar límits als aquífers i veure com funciona a nivell 3D.

Potser hi ha objectius diferents a escales diferents: l'objectiu de l'Oficina Tècnica PNRB és millorar la gestió de l'aigua al Montseny. Dintre del massís les conques on està el tritó són prioritàries i hauríem de començar per aquí. En aquest sentit, es podrien estudiar dos subconques petites com a complement a les que estan incloses en el projecte del tritó.

Per posar ordres de magnitud a les escales i lligar els estudis, els hidrogeòlegs poden extreure informacions a escala de massís que després podria ser clau per saber quines serien les conques experimentals més petites. Es podria conèixer quin és l'origen de les aigües i la seva temporalitat amb els nivells subterranis, per saber com evolucionaran els fluxos superficials i si hi ha connectivitat. Per dissenyar el monitoratge d'aigües superficials a escala micro, s'ha d'entendre primer les divisòries de les conques subterrànies i saber fins a on s'estén cada conca, els seus límits, els moviments que es donen i la variabilitat temporal. Aquest primer model de flux s'ha de fer abans d'estudiar la hidroquímica (isòtops), necessària per conèixer els impactes dels usos.

El model conceptual s'ha de tenir al principi, i es podria començar recuperant un model hidrogeològic que ja està fet i al que li falten dades.

Cal quantificar bé el tema a les conques on hi ha tritó i on es vol reintroduir.

## 5. Conclusions

Dins del projecte europeu Life Tritó Montseny, s'ha creat un comitè d'experts en Hidrologia del Parc Natural Reserva de la Biosfera del Montseny amb l'objectiu general d'una gestió sostenible de l'aigua del Montseny. El seus objectius específics són:

desenvolupar un model conceptual de la dinàmica hidrològica del massís; crear un índex de qualitat hidrològica que inclogui connectivitat, quantitat, qualitat i flux subterrani cap a altres conques; elaborar una diagnosi de l'estat actual de la hidrologia del massís i establir una xarxa de seguiment adequada, conservar l'hàbitat fluvial; harmonitzar la gestió del territori i de l'aigua; conèixer les dinàmiques temporals, l'impacte del canvi global i la resiliència del sistema; i finalment estudiar l'efecte de la cobertura del sòl amb la hidrologia del massís.

### Referències

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA –ACA (2020). Estat de les masses d'aigua. <http://aca.gencat.cat/ca/laigua/estat-del-medi-hidric/estat-de-les-masses-daigua/>
- CÀTEDRA DE L'AIGUA, NATURA I BENESTAR (2020). <http://www.catedraaigua.cat>
- CENTRE D'ESTUDIS AVANÇATS DE BLANES - CESIC (2020). Canvi Climàtic i Global. <http://www.ceab.csic.es/>
- CENTRE DE RECERCA ECOLÒGICA I APLICACIONS FORESTALS (CREAF) (2019). Canvi Global. <http://www.creaf.cat/ca>
- DIPUTACIÓ DE BARCELONA (2020). Pla de conservació del Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny. <https://parcs.diba.cat/web/montseny/pladeconservacio>
- OFICINA DEL PARC NATURAL DEL MONTSENY. MASIA MARIONA (2020). <https://parcs.diba.cat/web/montseny/oficina-del-parc>
- PARC NATURAL I RESERVA DE LA BIOSFERA DEL MONTSENY. (2020). LIFE15 NAT/ES/000757. Projecte de conservació d'una espècie única al món, endèmica del Montseny. <http://lifetritomontseny.eu/>

## **Recerca del Grup sobre Governament del Canvi Climàtic (GGCC)**

**Bàrbara Sureda Carbonell**

EEBE. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Olga Alcaraz Sendra**

EEBE. Departament Física (UPC)

### **Resum**

En aquesta comunicació presentem la recerca i projectes desenvolupats durant el curs acadèmic 2018-19 pel Grup sobre Governament del Canvi Climàtic (GGCC), el qual pertany al Grup Singular de Recerca en Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme (STH) de la UPC.

A grans trets el que hem fet ha estat:

- Presència a la COP 24 de Katowice (Polònia).
- Anàlisi a fons del París Rulebook (definit a la COP 24 de Katowice).
- Vam impartir el webinar: “El marco de transparència reforzado del Acuerdo de París”.
- Participació a la convocatòria de “Dialogo entre Pares”, del programa Euroclima+, de la Unió Europea.
- Acollida i tutorització de la doctoranda Cindy Araceli Ramírez.
- Organització i participació a la taula rodona “Emergència Climàtica. 15 mesos per salvar la humanitat”.
- Publicació article indexat i participació mitjans de comunicació.
- Impartició de docència i tutorització de TFGs i TFM.

Actualment estem:

- Calculant les corbes d'emissions de CO<sub>2</sub> i de GEH per a tots els països del món compatibles amb l'escenari d'augment de la temperatura global de 1,5°C.
- Actualitzant la nostra web i incorporant-hi les noves corbes d'emissions de 1,5°C.
- Preparant la delegació del nostre grup i organitzant un "Side event" oficial a la COP25.

## **1. Introducció**

El GGCC té com a principal missió la d'investigar i intentar incidir en les negociacions internacionals sobre el canvi climàtic, tenint present que l'equitat i la justícia climàtica s'haurien d'imposar en la lluita contra el canvi climàtic.

El GGCC està coordinat per Olga Alcaraz i està format per dos subgrups, un subgrup que treballa la vessant més acadèmica i científica del projecte i l'altre treballa a nivell polític i institucional, encara que en moltes ocasions els dos grups convergeixen.

Els integrants de la línia acadèmica-científica són: Olga Alcaraz, Pablo Buenestado, Cindy Araceli Ramírez, Barbara Sureda i Albert Turon. Per altre banda, els de la banda política són: Olga Alcaraz, Laia Segura, Gisela Torrents i Albert Turon.

## **2. Recerca desenvolupada**

A continuació explicarem la recerca desenvolupada durant el curs 2018-19.

## **2.1. Presència a la COP 24 de Katowice**

El GGCC va estar present a la COP 24 de Katowice, Polònia, la qual es va celebrar del 2 al 14 de desembre del 2018. A Katowice es van aprovar un paquet de directrius per operacionalitzar l'Acord de París, l'anomenat Paris Rulebook.

Des de la COP 21 celebrada a París, el grup ha estat present en totes les cimeres i COPs realitzades, amb l'objectiu d'incidir en les negociacions climàtiques.

## **2.2. Anàlisi en profunditat del Paris Rulebook**

El París Rulebook estableix els procediments i mecanismes essencials que permetran posar en pràctica l'Acord de París. Conté informació i orientacions per a la posada en pràctica de l'Acord pel que fa a:

- La informació sobre els objectius nacionals de mitigació, i altres objectius i activitats relacionats amb el clima, que els Governos proporcionaran en les seves contribucions determinades a nivell nacional (conegudes com NDC).
- Com comunicar els esforços d'adaptació i les repercussions que tindran en el canvi climàtic;
- Les regles de funcionament del marc de transparència, que mostrarà al món el que estan fent els països per pal·liar el canvi climàtic;
- L'establiment d'un comitè per facilitar l'aplicació de l'Acord de París i promoure el compliment de les obligacions del mateix;
- Com dur a terme el balanç mundial del progrés general cap als objectius de l'Acord de París;
- Com avaluar el progrés del desenvolupament i la transferència de tecnologia;

- Com proporcionar informació preliminar sobre el suport financer als països en desenvolupament i el procés d'establiment de noves fites de finançament de 2025 en endavant.

### **2.3. Webinar sobre transparència**

El mes de gener vam participar en el webinar “Sesion virtual de la comunidad de practicas de monitoreo y evaluacion de politicas climaticas” presentant “El marco de transparència reforzado del Acuerdo de París”.

### **2.4. Participació a la convocatòria de “Dialogo entre Pares”, del programa Euroclima+, de la Unió Europea**

EUROCLIMA + és un programa finançat per la Unió Europea per promoure el desenvolupament ambientalment sostenible i resilient al clima a 18 països d'Amèrica Llatina. Al desembre del 2018 es va iniciar la convocatòria “Dialogo entre Pares”, amb l'objectiu de promoure la implementació de les NDCs en el països d'Amèrica Llatina.

Vam presentar tres propostes a la convocatòria:

- “Elementos clave para incorporar justicia, desarrollo y ambición en una NDC”, per al govern de Xile.
- “El Salvador ante los retos del París Rulebook”, per al govern de El Salvador.
- “La NDC de Bolívia bajo el prisma de la justicia climàtica”, per al govern de Bolívia.

Les tres propostes van ser aprovades i les hem executat, mitjançant tres convenis de col·laboració, entre abril i setembre del 2019.

## **2.5. Acollida i tutorització de la doctoranda Cindy Araceli Ramírez**

En el mes de juny de 2019 va arribar a Barcelona la doctoranda Cindy Araceli Ramírez, becada per al Conacyt Mexicà.

La Cindy està treballant en la incorporació del dret al desenvolupament en un model de justícia climàtica. Els models existents per fer un repartiment "just" del PGC no inclouen el dret al desenvolupament. La Cindy està sent tutoritzada per les professores Olga Alcaraz i Bàrbara Sureda.

Actualment està finalitzant el seu projecte de recerca, que presentarà i defensarà durant el mes de gener de 2020.

## **2.6. Organització i participació a la taula rodona “Emergència Climàtica. 15 mesos per salvar la humanitat”**

L’EEBE es va sumar amb diferents actes a la Setmana Mundial reivindicativa sobre l’Emergència Climàtica, coincidint amb la cimera pel clima del dia 23 a Nova York (USA).

El GGCC juntament amb l’apGDM va organitzar i va participar en un dels actes d’aquesta setmana, una taula rodona, que va portar per títol: “Emergència Climàtica. 15 mesos per salvar la humanitat”. Els detalls de l’acte, així com els participants que van intervenir a la taula rodona es poden veure a la Figura 1.

Hi van assistir gairebé 60 persones entre personal docent, alumnes i altres persones de la societat civil interessades en aquesta problemàtica.

## **2.7. Participació als mitjans de comunicació, a internet i a les xarxes socials**

Hem fet participacions a diferents mitjans de comunicació, així com a internet i a les xarxes socials (web GGCC).



Figura 1. Cartell taula rodona (GGCC)

## 2.8. Articles en revistes indexades

Aquest any hem publicat un article indexat:

Alcaraz, O.; Buenestado, P.; Escribano, B.; Sureda, B.; Turon, A.; Xercavins, J. (2019) 'The global carbon budget and the Paris agreement', *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. Vol. 11. No. 3, pp. 310-325. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-06-2017-0127>



## 2.9. Conferències impartides

- “Emergència climàtica. Què fem?”. Impartida a les Jornades de benvinguda a l’EEBE. 27 de setembre.

- “Canvi climàtic i salut: Efectes i vies de mitigació”. Impartida a la Societat d’Economia Barcelonesa i d’Amics del País. 11 de novembre.

- “2020 un any clau en la lluita contra el canvi climàtic”. Impartida en la Jornada sobre Emergència Climàtica de la UPC. 20 de novembre.

- “El Acuerdo de París y la lucha multilateral contra el cambio climático”. Impartida a la jornada “Coloquio estudiantil sobre calentamiento global”. 27 de novembre a l’ETSEIB.

- “Justicia y Ambición en el marco del Acuerdo de París”. Impartida a la jornada “Coloquio estudiantil sobre calentamiento global”. 27 de novembre a l’ETSEIB.

- “L’Acord de París i la política multilateral contra el Canvi Climàtic”. Impartida a la “Jornada sobre Transport Terrestre: passatgers i mercaderies a mitja i llarga distància, horitzó 2030-2050.” 29 de novembre a l’Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.

- “El derecho histórico de los países del sur global a disponer de un espacio de carbono para su desarrollo”. Impartida a la “Cumbre social por el clima”. Universidad Complutense, 9 de desembre, Madrid.

## 2.10. Docència i direcció TFGs i TFM

Els professors que formem el GGCC participem en la docència de l’assignatura obligatòria “Tecnologies mediambientals u sostenibilitat”, a la de l’optativa “Canvi climàtic: Ciència, energia, economia, política i futur” en els estudis de grau de l’EEBE. També impartim dues assignatures del màster universitari en Ciència i

Tecnologia de la Sostenibilitat, l'assignatura obligatòria “Fundamentos de ingeniería, sostenibilidad y desarrollo”, i l'assignatura optativa “Cambio climático: Políticas para su mitigación”.

També cal destacar que habitualment dirigim TFGs i TFM's relacionats amb la nostra línia de recerca.

### **3. Propostes amb les quals actualment estem treballant**

Actualment estem:

- Calculant les corbes d'emissions de CO<sub>2</sub> i de GEH per a tots els països del món compatibles amb l'escenari d'augment de la temperatura global de 1,5°C.

- Actualitzant la nostra web (<https://2c.ggcc.upc.edu/>) i incorporant-hi les noves corbes d'emissions de 1,5°C.

- Ultimant els preparatius de la delegació del nostre grup que participarà a la COP 25, a més de la organització d'un “Side event” dins la mateixa COP.

#### **Llistat acrònims**

apGDM: Associació Projecte Governament Democràtic Mundial.

COP: Conferència dels estats que són Part de la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic.

EEBE: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est.

ETSEIB: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

GGCC: Grup sobre Governament del Canvi Climàtic.

GEH: Gasos d'Efecte Hivernacle.

NDC: Contribucions nacionals determinades.

PGC: Pressupost Global de Carboni.

STH: Grup Singular de Recerca en Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme.

TFG: Treball final de grau.

TFM: Treball final de màster.

UPC: Universitat Politècnica de Catalunya.

### **Referències**

Web GGCC. <https://sth.upc.edu/ca/ggcc>



## **Decoloració de Paper Reciclat mitjançant Processos Biotecnològics**

**Cristina Valls Vidal**

Grup CELBIOTECH, ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**Oriol Cusola Aumedes**

Grup CELBIOTECH, ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

**M. Blanca Roncero Vivero**

Grup CELBIOTECH, ESEIAAT. Expressió Gràfica a l'Enginyeria (UPC)

### **Resum**

En aquest treball es proposa una nova seqüència biotecnològica per decolorar papers de color (vermell i negre). Per a aquest propòsit, s'utilitzen enzims del tipus lacasa en combinació amb mediadors naturals. Les propietats òptiques mesurades (índex d'eliminació de color, espectres de reflectància i d'absorbància) demostren que els dos colorants, vermell i negre, s'eliminen per tots els tipus de tractaments biotecnològics. La combinació més eficient va ser amb la lacasa i el mediador natural siringat de metil ( $L_{MeS}$ ), seguida del mediador acetosiringona ( $L_{AS}$ ) i finalment del siringaldehid ( $L_{SA}$ ). Curiosament, la taxa de decoloració produïda pel tractament biotecnològic  $L_{MeS}$  en paper vermell va ser superior a la produïda per l'ozó ( $Z$ ). Finalment, el colorant vermell es va aconseguir decolorar completament en una seqüència que combinava tractaments químics oxidatius i reductors ( $L_{PFZ}$ ). A més, es va demostrar que el mediador sintètic i tòxic, àcid violúric, pot ser reemplaçat pel mediador natural MeS, obtenint una seqüència més amigable amb el medi ambient. Els paràmetres òptics utilitzats en aquest treball van ser útils per comprendre el mecanisme d'eliminació del color produït pels diferents tractaments biotecnològics i químics.

## 1. Introducció

El paper s'utilitza àmpliament a la nostra societat i l'ús de paper reciclat té un gran interès per reduir el consum de fibres verges a la indústria de pasta i paper (Lopez et al., 2003). Els papers colorejats sovint són un recurs de paper reciclat infrautilitzat ja que una gran dificultat per reciclar aquests papers és l'eliminació dels colorants presents. Els colorants són contaminants típics dels papers reciclats; aquests compostos s'afegeixen als papers per tal de produir les propietats òptiques desitjades. Els colorants sintètics més utilitzats són els colorants azoics (contenen el grup  $N = N$  en la seva estructura) que s'ha descrit que produeixen toxicitat (Pereira et al., 2009). En el procés tradicional de reciclatge, s'utilitzen grans quantitats de productes químics per eliminar aquests colorants. Per tant, el procés és car i perjudicial per al medi ambient.

L'ús de productes biotecnològics (enzims) podria reduir el consum de productes químics, reduint tant el preu com l'impacte ambiental. De fet, els enzims s'han aplicat en diversos punts de la fabricació de paper per tal d'obtenir processos de producció més sostenibles (Valls et al., 2012; Valls et al., 2019). Els enzims poden actuar directament sobre la fibra o sobre la tinta.

L'objectiu principal d'aquest treball va ser avaluar l'efecte de la decoloració produïda per un tractament biotecnològic amb lacasa combinada amb mediadors naturals en papers vermells i negres comercials. L'efecte de l'enzim en decolorar es va comparar amb l'òzó. També es van introduir etapes químiques com el peròxid d'hidrogen, o el FAS per trobar la seqüència més adequada per decolorar completament els papers. El millor mediador natural es va comparar amb un mediador sintètic per tal d'obtenir una seqüència de decoloració sostenible amb el medi ambient. Les propietats òptiques dels papers (índex d'eliminació de color, espectres de reflectància i d'absorbància) van ser de gran utilitat per tal d'entendre

el comportament de cada agent químic o biotecnològic de decoloració.

## **2. Materials i mètodes**

### **2.1. Matèria Prima**

S'han utilitzat respectivament papers de colors vermell i negre de Motif® i Liderpapel. També es va utilitzar com a referència una pasta blanquejada d' *Eucahytus globulus* ECF (lliure de clor elemental) proporcionada per ENCE S.A. (Espanya). Aquests papers i la pasta es van desintegrar a 30000 revolucions.

### **2.2. Tractaments enzimàtics**

Una laccasa de baix potencial redox procedent de l'ascomocet *Myceliophthora thermophila* (MtL, NOVOZYMES®, Bagsvaerd, Dinamarca) es va aplicar en combinació amb tres mediadors naturals: siringaldehid (SA), acetosiringona (AS)

(Sigma Aldrich Quimica S.A., Madrid, Espanya) i siringat de metil (MeS) (NOVOZYMES®). També es va aplicar una lacasa d'alt potencial redox procedent del basidiomicet *Trametes villosa* (TvL, NOVOZYMES®, Bagsvaerd, Dinamarca), la qual es va aplicar amb un mediador sintètic, l'àcid violúric (VA, Sigma Aldrich Quimica S.A., Madrid, Espanya) i amb el mediador natural MeS. També es va realitzar un tractament de control amb lacasa i sense mediador (KL).

Els tractaments es van realitzar en el reactor de Easydye de Datacolor al 5 % de consistència, amb 20 U/ gram de pasta seca d'enzim i a l'1.5 % sobre pasta seca de mediador, durant 4 h a 50 C, amb tampó fosfat sòdic 50 mM (a pH 7 per MtL) o amb tampó tartrat de sodi 50mM (a pH4, per TvL).

### **2.3. Tractaments químics**

Es van realitzar tres etapes de decoloració químiques, dues oxidatives: etapa amb peròxid d'hidrogen (P) i etapa amb ozó (Z) i una de reductora: etapa amb FAS (F). L'etapa P es va realitzar al reactor Easydye de Datacolor a l'1.5 % de NaOH, 3 % d' H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 1 % de DTPA i 0,2 % de MgSO<sub>4</sub> a 90°C, al 5 % de consistència durant 120 min. El tractament amb ozó es va realitzar a un pH de 2,5, a baixa consistència (0.5 %), i a una dosi d'ozó del 0.8 %. El tractament F (tractament amb formamidine sulfinic àcid) es va realitzar en bosses de polietilè a 60°C amb un 1% de FAS, 0.5 % de NaOH, al 5 % de consistència durant 120 min. Després de tots els tractaments la pasta es va rentar extensivament.

### **2.4. Propietats òptiques**

Després de cada tractament es van realitzar fulls de gramatge  $75 \pm 2$  g/m<sup>2</sup> a l'aparell Rapid-Köhnten, seguint la norma ISO 5331. Les propietats òptiques dels fulls de paper obtinguts van ser analitzades mitjançant l'aparell Technidyne Color Touch amb il·luminació estàndard D65. Es van obtenir dos fulls de paper per mostra i es van fer sis mesures a cada full de paper. Es van obtenir espectres de dispersió i absorció del paper (k/s) segons la teoria de Kubelka-Munk (ISO 9416), així com el factor de reflexió intrínseca ( $R_{\infty}$ ). L'eliminació del color es va avaluar mitjançant l'índex d'eliminació de colorants (DRI) (Valls et al., 2019).

## **3. Resultats**

### **3.1. Avaluació de l'eficiència dels tres sistemes lacasa-mediador en decolorar**

Primerament es va avaluar l'efecte dels diferents mediadors naturals. Es va aplicar la lacasa sola (tractament control) i la lacasa combinada amb cadascun dels mediadors naturals en papers de color



vermell i en papers de color negre. Seguidament es va aplicar una etapa química amb peròxid d'hidrogen. Després de cada tractament es van fer fulls de cada mostra. Els fulls obtinguts es mostren a la Figura 1.

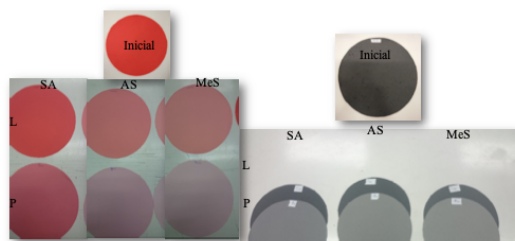


Figura 1. Imatge dels papers obtinguts després de ser decolorats pel tractament enzimàtic (L) i l'etapa P

A la Figura 1, s'aprecia clarament com el tractament amb lacasa i mediador (L) disminueix la intensitat de color, efecte que es veu més potentiat després de l'etapa amb peròxid d'hidrogen (P). També es pot observar que amb el mediador natural MeS és on s'ha eliminat més color. Aquest fet queda demostrat en les gràfiques de reflectància que es mostren a les figures 2 i 3. La reflectància és la llum reflectida, és a dir, que no és absorbida pel full de paper. Com s'observa a la Figura 2, la reflectància d'un paper totalment blanc fet de pasta d'eucaliptus és proper a l'1 en tot l'espectre (ja que aquest paper no presenta colorants que absorbeixin la llum). D'altra banda, el paper vermell absorbeix considerablement a les longituds d'ona entre 400 i 600 nm, característiques del color vermell. S'observa com els tractaments enzimàtics  $L_{SA}P$  i  $L_{MeS}P$  han augmentat considerablement la reflectància, és a dir, han eliminat color. El tractament  $L_{MeS}P$  és el més eficient, tot i no arribar encara als valors de reflectància de l'eucaliptus.

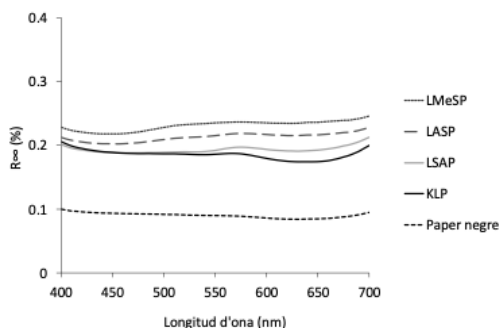


Figura 3. Corbes de reflectància del paper negre

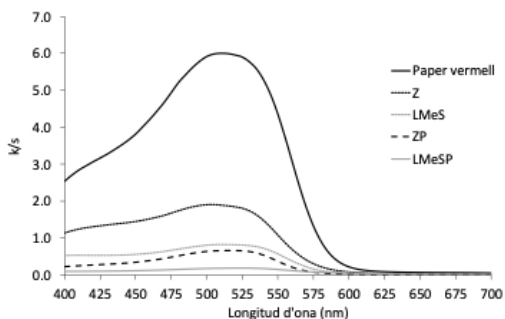


Figura 4. Corbes de d'absorció ( $k/s$ ) del paper vermell. Es compara el tractament amb químic amb ozó (seqüència ZP) i el tractament biotecnològic (seqüència L<sub>MeS</sub>P)

En el cas del paper negre (Figura 3), s'aprecia que aquest absorbeix llum a totes les longituds d'ona de manera similar. Tot i que en menor grau que en el paper vermell, els tractaments enzimàtics també han eliminat el colorant negre, ja que han provocat un augment en la reflectància en totes les longituds d'ona. Igual que en el color vermell, el tractament on hi ha el MeS com a mediador és el que

produeix major decoloració. De tota manera, encara està lluny d'arribar al nivell de reflectància del paper d'eucaliptus de referència.

### **3.2. Decoloració biotecnològica enfront decoloració química (ozó)**

Una vegada demostrat que el tractament biotecnològic amb lacasa+mediador és eficient en eliminar el color dels fulls de paper, el següent pas va ser comparar el seu efecte amb un potent agent oxidant, com és l'ozó. El tractament amb ozó està demostrat que és eficient en eliminar colorants. Tal com s'aprecia a la Figura 4, l'ozó (Z) disminueix l'absorbància en el rang del vermell, demostrant que també és capaç d'eliminar el colorant vermell present en els papers. Tot i així, l'efecte és considerablement major en el tractament enzimàtic (L<sub>MeS</sub>P). Així doncs, es demostra la major eficiència del tractament biotecnològic proposat front el tractament químic amb ozó.

### **3.3. Seqüència biotecnològica de decoloració**

Finalment, es va aplicar una seqüència completa de decoloració sobre el paper vermell fent servir una altra lacasa, d'alt potencial redox i procedent del fong *Trametes villosa* (TvL). Aquesta lacasa s'aplica amb el mediador natural MeS, que és el que prèviament ha donat millors resultats i també amb un mediador sintètic, l'àcid violúric (VA). El VA és un mediador que està demostrat que és molt eficient en eliminar lignina, més que els mediadors naturals (Valls et al., 2014) . El problema d'aquest mediador és que és tòxic, a diferència del mediador natural. La seqüència biotecnològica de decoloració realitzada inclou el tractament enzimàtic (L), una etapa P, una etapa amb un agent reductor (F) i una etapa amb ozó (Z). Els fulls obtinguts després de cada tractament es mostren a la Figura 5. Visualment es pot apreciar clarament l'eficiència de la seqüència

realitzada en decolorar completament el color vermell. No s'aprecien diferències entre els dos tipus de mediadors utilitzats.

A la Taula 1 es mostra l'índex d'eliminació de color o el dye removal index (DRI) de cada tractament on es confirma que al final de la seqüència s'ha eliminat pràcticament tot el color vermell (97 % d'eliminació de color) i que no hi ha diferències entre els dos tipus de mediadors.

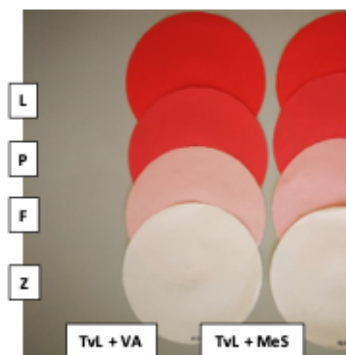


Figura 5. Imatge dels papers vermells obtinguts després de ser decolorats durant la seqüència LPFZ, amb el mediador sintètic

|          | VA   | MeS  |
|----------|------|------|
| <b>L</b> | 10.5 | 7.8  |
| <b>P</b> | 25.8 | 26.4 |
| <b>F</b> | 86.4 | 83.7 |
| <b>Z</b> | 97.4 | 97.1 |

Taula 1. Eliminació de color (%) de cada etapa de decoloració realitzada, amb el mediador sintètic VA o natural (MeS)

#### 4. Conclusions

En aquest treball s'ha demostrat primerament que els colorants vermell i negre poden ser eficientment eliminats dels papers colorejats mitjançant tractaments enzimàtics. Aquests tractaments biotecnològics han demostrat ser més eficients que tractaments químics com l'ozó.

Es proposa una seqüència completa de decoloració que combina el tractament biotecnològic amb tractaments químics oxidatius i

reductors. Amb aquesta seqüència es pot eliminar completament el colorant vermell dels papers.

Finalment, la seqüència proposada és amigable amb el medi ambient, ja que utilitza un enzim en combinació amb un mediador natural que no és tòxic i és mediambientalment sostenible.

## Referències

- LOPEZ D.; COLOM, J. F.; VIDAL, T.; PASTOR, J.; & TORRES, A. L. (2003). Flotation deinking of xerographic-printed paper: a study of the effect of the dispersant, collector and cellulases on handsheet visual appearance. *Appita Journal*, 56, 449-454.
- PEREIRA, L.; COELHO, A.V.; VIEGAS, C.A.; CORREIA DOS SANTOS, M.M.; ROBALO, M. P.; & MARTINS, L.O. (2009). Enzymatic biotransformation of the azo dye Sudan Orange G with bacterial CotA-laccase. *Journal of Biotechnology*, 139, 68-77. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2008.09.001>
- VALLS, C.; CUSOLA, O.; TORRES, A.L.; VIDAL, T.; & RONCERO, M. B. (2019). A straight forward bioprocess for a cleaner paper decolorization. *Journal of cleaner Production*, 236, 117702. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117702>
- VALLS, C.; QUINTANA, E.; & RONCERO, M. B. (2012). Assessing the environmental impact of biobleaching: effects of the operational conditions. *Bioresource Technology*, 104, 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.044>
- VALLS, C.; VIDAL, T.; & RONCERO, M. B. (2014). Enzymatic strategies to improve removal of hexenuronic acids and lignin from cellulosic fibers. *Holzforschung*, 68, 229-237. <https://doi.org/10.1515/hf-2013-0033>

## Agraïments

Ministeri d'Economia i Competitivitat. Projectes: FILMBIOCEL CTQ2016-77936-R (FEDER) i MICROBIOCEL CTQ2017-84966-C2-1-R. Generalitat de Catalunya: grup de recerca consolidat amb l'Universitat de Barcelona (AGAUR 2017 SGR 30). Cristina Valls i Oriol Cusola són professors Serra Hünter (Generalitat de Catalunya).

Els temps canvien cada vegada més ràpidament, i a la universitat això encara es nota més. L'històric departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria (EGE) de la Universitat Politècnica de Catalunya, garant d'una docència de Grau, Màster i Doctorat de qualitat i adaptada a les necessitats de la societat, emprèn l'any 2020 amb una proposta de canvi de nom per adaptar-se al nous coneixements que estan esdevenint la seva matèria principal, al voltant de l'enginyeria gràfica i el disseny. Les àrees de recerca del centenar de professors que formen el departament són àmplies i variades, i sempre en col·laboració en diversos grups tant de la pròpia UPC com d'altres universitats.

Una recerca avançada, de caràcter pluridisciplinari, on s'apliquen creativitat i innovació com a eines de coneixement, implicats en un territori ampli, i situats als diferents campus de la UPC. En els capítols d'aquest llibre podeu veure una petita mostra d'aquesta recerca tecnològica en camps ben variats.

En síntesi, un bon recull de coneixements transversals, innovadors i amb un ampli recorregut, tant en el món acadèmic com en la seva vessant empresarial.

*Editors:*

Jose Luis Lapaz Castillo

Oscar Farrerons Vidal

Joan Antoni López Martínez



Departament d'Expressió Gràfica  
a l'Enginyeria

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



OmniaScience  
Monographs

ISBN 978-84-120643-7-7



9 788412 064377 >